ED. 2019

ویرایش جدید

تهیه و تنظیم؛ کنترل و بررسی

(WPS, PQR & WQT)

بر اساس

ASME Sec. IX-2019

SMAW & GTAW

تهیه و تنظیم:
منوچهر تقوی

ثواب نشر رایگان این کتاب
را هدیه می کنم به روح پدر و مادرم
و همچنین شهدای شهرستان لنده.
لذا از تمام عزیزانی که از این کتاب
استفاده می کنند تقاضا دارم،
این ارواح را شاد کنید به ذکر صلواتی
بر محمّد و آل محمّد (ص).

تهیه و تنظیم،کنترل و بررسی

PQR , WPS & WQT

در فرایندهای جوشکاری
GTAW & SMAW

براساس استاندارد
ASME Sec. IX-2019

تهیه کننده:

منوچهر تقوی

ویراستار فنی: مهندس پرویز صابرپور

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱۹
مقدمه چاپ دوم ۲۲
فصل اول ۲۳
۱- مرجع تهیه‌ی مدارک PQR, WPS & WQT در استانداردهای مختلف ۲۳
■- مخازن تحت فشار PRESSURE VESSELS ۲۳
❋- استاندارد حین ساخت مخازن تحت فشار ۲۵
●- استاندارد ASME SEC VIII DIV.1,2 & 3 ..... ۲۵
❋- استاندارد حین سرویس مخازن تحت فشار ۲۷
●- استاندارد API-510 ..... ۲۷
■- استاندارد مخازن ذخیره ای STORAGE TANKS ۲۸
❋- استاندارد حین ساخت مخازن ذخیره ای رو زمینی (ABOVEGROUND) ۲۸
●- استاندارد API-650 WELDED TANKS FOR OIL STORAGE ۲۸
●- استاندارد API-620 ..... ۳۱
❋- استاندارد حین ساخت مخازن ذخیره ای زیر زمینی (UNDERGROUND) ۳۳
●- API-RP-1615 ..... ۳۳
❋- استاندارد مخازن ذخیره ای در حین سرویس ۳۷
●- استاندارد API-653 ..... ۳۷
●- استاندارد API-RP-575 ..... ۳۸
■- استانداردهای حین ساخت خطوط لوله و سیستمهای لوله کشی PIPELINE & PIPING ۳۹
❋- استانداردهای حین ساخت ...& API 5L, B31.8, B31.4, B31.3, B31.1 ASME ۳۹
●- استاندارد API SPECIFICATION 5L ۳۹
● - استاندارد ASME B31.3 ..... ۴۰
●- استاندارد ASME B31.1 ..... ۴۴
●- استاندارد IPS-PI-C-290 ..... ۴۵
●- استاندارد ASME B31.4 ..... ۴۶
●- استاندارد ASME B31.8 ..... ۴۷
❋- استاندارد حین سرویس برای سیستم های لوله کشی ۴۸
●- API-570 ..... ۴۸
●- استاندارد حین سرویس خطوط لوله انتقال API-1104-ANNEX B ۴۹

■- محدوده‌ی کاربردی استاندارد ASME SECTION IX ۵۱
■- مراجع دیگر تهیه‌ی WPS , PQR و WQT ۵۱
⁕- استاندارد API-1104 برای: ۵۱
⁕- استاندارد AWS-D3.6 برای: ۵۱
⁕- استاندارد AWS-D1.1 و AWS-B2.1 ..... ۵۱
فصل دوم ۵۱
۲- تهیه‌ی دستورالعمل (WPS) در دو فرآیند جوشکاری SMAW & GTAW ۵۱
⁕- معرفی استاندارد ASME SECTION IX-2019 ..... ۵۲
⁕- تهیه‌ی دستورالعمل WPS برای روش جوشکاری SMAW ۵۶
⁕- مطالب سر برگ هر WPS ۵۷
⁕- انتخاب روش جوشکاری ۵۸
⁕- پارامترهای مؤثر در WPS هر فرآیند جوش ۵۸
■- متغیرات ۵۹
⁕- متغیر اساسی (ESSENTIAL VARIABLE) ۶۰
⁕- متغیر اساسی تکمیلی (SUPPLEMENTARY ESSENTIAL VARIABLE) ۶۰
⁕- متغیر غیر اساسی (NONESSENTIAL VARIABLE): ۶۱
⁕- متغیرات فرآیند خاص (SPECIAL PROCESS VARIABLES): ۶۲
☼- شرح و توضیح پارامترهای جدول QW-253 (SMAW) ۶۳
⁕- TABLE QW-253-FOR SMAW PROCESS ۶۳
۲-۱- QW-402-Joint ۶۵
⁕- QW-402.1- (Ø GROOVE DESIGN) ۶۵
⁕- ایجاد «طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-A2.4-2012 ..... ۶۶
⁕- ایجاد «طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-D1.1-2020 ..... ۷۰
⁕- ایجاد «طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-B2.1-1-207 ..... ۷۰
⁕- ایجاد «طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد ASME B31.3-2018 ..... ۷۰
⁕- ایجاد «طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد ASME B16.25-2017 ..... ۷۱
⁕- QW-402.4- (- BACKING) ۸۰
⁕- QW-402.10- (Ø ROOT SPACING) ۸۳
⁕- QW-402.11- (± RETAINERS) ۸۳
۲-۲- QW-403- Base Metal ۸۹
⁕- QW-403.5- (Ø GROUP NUMBER) ۸۹
⁕- QW-403.6- (T LIMITS TOUGHNESS) ۹۹

- ۱۰۱ ..... QW-403.8- (Ø T Qualified)
- ۱۰۴ ..... QW-202.4-(b)
- ۱۱۰ ..... QW-403.9- t Pass > ½ in. (13 mm)
- ۱۱۱ ..... QW-403.11 - Ø P-No. Qualified
- ۱۱۱ ..... QW-424 - Base Metals used for Procedure Qualification
- ۱۱۷ ..... ۲-۳- QW-404- Filler Metals
- ۱۱۷ ..... QW-404.4- Ø F-Number
- ۱۲۰ ..... QW-404.5- Ø A-Number
- ۱۲۴ ..... QW-404.6- Ø Diameter
- ۱۲۵ ..... QW-404.7- Ø Diameter > ¼ in. (6 mm)
- ۱۲۷ ..... QW-404.12- Ø Classification
- ۱۳۱ ..... QW-404.30- Ø t
- ۱۳۶ ..... QW-404.33- Ø Classification
- ۱۴۴ ..... ۲-۴- Baking Electrodes :
- ۱۵۳ ..... ۲-۵- QW-405- Position
- ۱۵۳ ..... QW-405.1- + Position
- ۱۵۳ ..... QW-120 – Test positions for Groove Welds
- ۱۵۵ ..... QW-130 – Test positions for Fillet Welds
- ۱۵۷ ..... QW-203 – Limits of Qualified Positions for Procedures
- ۱۵۷ ..... QW-405.3- Ø ↑↓ Vertical Welding
- ۱۵۹ ..... ۲-۶- QW-406- Preheat
- ۱۵۹ ..... QW-406.1- Decrease > 100°F (55°C)
- ۱۶۲ ..... ■ – عملیات پیش گرم در استانداردها
- ۱۶۲ ..... ASME B31.3-2018 Table 330.1.1 – عملیات پیش گرم براساس استاندارد
- ۱۶۳ ..... API 650-2020 – عملیات پیشگرم در
- ۱۶۳ ..... API 620-2018 – عملیات پیشگرم در
- ۱۶۵ ..... ASME Sec. VIII Div.1-2019 – عملیات پیشگرم در استاندارد
- ۱۶۶ ..... ASME-B31.8-2018 – پیشگرم در خطوط انتقال گاز
- ۱۶۷ ..... – پیشگرم برای قطعات براساس درصد کربن
- ۱۷۴ ..... QW-406.2- Ø Preheat maintenance
- ۱۷۷ ..... QW-406.3- Increase > 100°F (55°C)(IP)
- ۱۷۹ ..... ۲-۷- QW-407- PWHT
- ۱۷۹ ..... QW-407.1- Ø PWHT

۱۸۲ ..... HEATING RATE & COOLING RATE –■

۱۸۲ ..... HEATING RATE IN ASME SECTION VIII-DIV. 1 –⁕

۱۸۳ ..... COOLING RATE IN ASME SECTION VIII-DIV. 1 –⁕

۱۸۳ ..... HEATING RATE IN IPS-C-PI-290 –⁕

۱۸۴ ..... COOLING RATE IN IPS-C-PI-290 –⁕

۱۸۴ ..... HEATING AND COOLING RATE IN ASME B31.3-2018 –⁕

۱۸۵ ..... MINIMUM HOLDING TIME AT TEMPERATURE –■

۱۸۵ ..... MIN. HOLDING TIME AT TEMP. IN ASME- SEC. VIII-DIV. 1-2019 –⁕

۱۸۷ ..... MINIMUM HOLDING TIME AT TEMPERATURE IN ASME- B31.3-2018 –⁕

۱۹۴ ..... QW-407.2- ø PWHT (T & T RANGE) –⁕

۲۰۳ ..... QW-409- Electrical Characteristics -۲-۸

۲۰۳ ..... QW-409.1- > HEAT INPUT –⁕

۲۱۰ ..... QW-409.4- ø CURRENT OR POLARITY –⁕

۲۱۱ ..... QW-409.8- ø I & E RANGE –⁕

۲۱۵ ..... QW-410- Technique -۲-۹

۲۱۶ ..... QW-410.1- ø STRING OR WEAVE –⁕

۲۱۷ ..... QW-410.5- ø METHOD CLEANING –⁕

۲۱۹ ..... QW-410.6- ø METHOD BACK GOUGE –⁕

۲۲۴ ..... QW-410.9- ø MULTIPLE TO SINGLE PASS/SIDE –⁕

۲۲۵ ..... QW-410.25- ø MANUAL OR AUTOMATIC –⁕

۲۲۵ ..... QW-410.26- ± PEENING –⁕

۲۲۶ ..... QW-410.64- USE OF THERMAL PROCESSES –⁕

۲۳۵ ..... GTAW PROCESS –⁕

۲۳۶ ..... APPLICATIONS OF GTAW PROCESS –⁕

۲۳۷ ..... ☼- شرح و توضیح پارامترهای جدول QW-256 (GTAW)

۲۳۹ ..... TABLE QW-256-FOR GTAW PROCESS –⁕

۲۴۰ ..... QW-402-Joint -۲-۱۰

۲۴۰ ..... QW-402.5 + BACKING –⁕

۲۴۱ ..... QW-403-Base Metals -۲-۱۱

۲۴۱ ..... QW-404-Filler Metals -۲-۱۲

۲۴۲ ..... QW-404.3- ø SIZE –⁕

۲۴۴ ..... QW-404.14 ± FILLER –⁕

۲۴۵ ..... QW-404.22 ± CONSUM. INSERT –⁕

٭- وضعیت CONSUMABLE INSERT در ASME SEC. II-C-SFA-5.30-2019 ..... ۲۵۱

٭- QW-404.23 Ø FILLER METAL PRODUCT FORM ۲۵۳

٭- QW-404.50 ± FLUX ۲۶۳

۲-۱۳- QW-405 Positions ۲۶۵

۲-۱۴- QW-406 Preheat ۲۶۵

۲-۱۵- QW-407 PWHT ۲۶۵

۲-۱۶- QW-408 GAS ۲۶۶

٭- QW-408.1- ± TRAIL OR Ø COMP. ۲۶۶

٭- QW-408.2 Ø SINGLE, MIXTURE, OR % ۲۶۸

٭- QW-408.3 Ø FLOW RATE ۲۷۴

٭- QW-408.5 ± OR Ø BACKING FLOW ۲۷۶

٭- QW-408.9 - BACKING OR Ø COMP. ۲۷۷

٭- QW-408.10 Ø SHIELDING OR TRAILING ۲۸۱

۲-۱۷- QW-409- Electrical Characteristics ۲۸۲

٭- QW-409.3 ± PULSING I ۲۸۲

٭- QW-409.12 Ø TUNGSTEN ELECTRODE ۲۸۶

۲-۱۸- QW-410 – Technique ۲۹۳

٭- QW-410.3- Ø ORIFICE, CUP, OR NOZZLE ۲۹۳

٭- QW-410.7- Ø OSCILLATION ۳۰۰

٭- QW-410.10- Ø SINGLE TO MULTI ELECTRODES ۳۰۵

٭- QW-410.11- Ø CLOSED TO OUT CHAMBER ۳۰۶

٭- QW-410.15- Ø ELECTRODE SPACING ۳۰۷

فصل سوم ۳۱۱

۳- روشهای انتخاب Filler & Electrode برای متریالهای همسان و غیر همسان ۳۱۲

۳-۱- روش اول بر اساس مشخصات فنی پروژه (Project Specification) ۳۱۲

■- معرفی فیلر و الکترود برای متریالهای همسان مطابق .TOTAL PROJECT SPEC ۳۱۲

■- معرفی فیلر و الکترود برای متریالهای غیر همسان مطابق .TOTAL PROJECT SPEC ۳۱۵

۳-۲- روش دوم بر اساس استاندارد ۳۲۵

■- استاندارد ASME SECTION II-A ۳۲۵

■- استاندارد ASME SECTION II-C ۳۳۰

■- استاندارد ASME SECTION IX ۳۳۱

■- استاندارد AWS ۳۳۱

■- استاندارد API-RP- 582 ..... ۳۴۲

■- استاندارد AWS - D10.8 ..... ۳۵۰
■- ASM (AMERICAN SOCIETY FOR METALS) ۳۵۳
۳-۳- روش سوم بر اساس Data Sheet های ارائه شده توسط سازندگان الکترود..... ۳۵۷
■- شرکت LINCOLN..... ۳۵۸
■- شرکت SPECIAL METALS ۳۷۰
■- شرکت ESAB..... ۳۸۱
■- شرکت آما AMA ۳۸۵
۴-۳- روش چهارم بر اساس پارامترهای مهم شرایط سرویس ۳۹۱
■- پارامتر اول: جنس متریال ۳۹۱
■- پارامتر دوم دمای سرویس..... ۴۰۵
■- پارامتر سوم نوع سیال سرویس ۴۱۵
۱- انتخاب الکترود برای شرایط خوردگی در محیطهای اسیدی و آب دریا. ۴۱۵
۲- انتخاب الکترود برای شرایط خوردگی حفره ای و خوردگی شیاری ۴۱۶
۳- محدودیت انتخاب فیلرمتال برای دماهای بالا:..... ۴۲۰
*- تعریفی ساده از CORROSION, EROSION, AND OXIDATION ۴۲۱

فصل چهارم..... ۴۲۵

تهیه‌ی PQR در دو فرآیند جوشکاری..... ۴۲۵
(SMAW & GTAW)..... ۴۲۵
۴- کلیات ۴۲۶
*- QW-200- GENERAL..... ۴۲۶
*- ... QW-200.2- EACH ORGANIZATION SHALL BE ۴۲۶
۱-۴- مراحل تهیه‌ی (PQR)..... ۴۲۹
■-تستهای مخرب در PQR ۴۲۹
■-تستهای خوردگی در فلزات: ۴۳۰
۲-۴- ارائه PWPS اولیّه..... ۴۳۰
۳-۴- آماده سازی قطعه ۴۳۲
***- پاراگراف QW-210 – آمادگی تست کوپن ۴۳۲
***- پاراگراف QW-211 – فلز پایه..... ۴۳۲
۴-۴- انجام عملیات جوشکاری بر اساس PWPS اولیّه‌ی تأیید شده..... ۴۴۱
۵-۴- تأیید قطعه‌ی جوشکاری شده‌ی PQR از لحاظ تستهای VT و RT..... ۴۴۷
*- QW-202.3- WELD REPAIR AND BUILUP..... ۴۴۸
۶-۴- تهیه‌ی APPLICATION و ارائه آن به همراه قطعه‌ی PQR به آزمایشگاه تستهای مخرب ۴۴۸
۷-۴- تهیه‌ی قطعات لازم جهت انجام تست و انجام تستهای مخرب..... ۴۵۰

۴۵۰ ..... QW-140 TYPES AND PURPOSES OF TESTS AND EXAMINATIONS – ***
۴۵۰ ..... QW-141 MECHANICAL TESTS – *
۴۵۰ ..... QW-141.1- TENSION TEST – *
۴۵۰ ..... QW-150 - TENSION TEST – ***
۴۵۰ ..... QW-151 - SPECIMENS – *
۴۵۰ ..... QW-151.1 - REDUCED SECTION - PLATE – *
۴۵۳ ..... QW-151.2 REDUCED SECTION - PIPE – *
۴۵۴ ..... QW-151.3 - TURNED SPECIMENS – *
۴۵۴ ..... QW-151.4 FULL-SECTION SPECIMENS FOR PIPE – *
۴۵۵ ..... QW-152 TENSION TEST PROCEDURE – ***
۴۵۵ ..... TENSILE TEST – *
۴۵۵ ..... * – چگونگی انجام تست کشش
۴۵۸ ..... QW-153 - ACCEPTANCE CRITERIA TENSION TESTS – ***
۴۵۸ ..... QW-153.1 - TENSILE STRENGTH – *
۴۶۴ ..... BEND TEST – *
۴۶۴ ..... QW-141.2- GUIDED - BEND TEST – *
۴۶۴ ..... QW-160 - TRANSVERSE-BEND – ***
۴۶۴ ..... QW-161 – SPECIMENS – ***
۴۶۸ ..... QW-161.1 - TRANSVERSE SIDE BEND – *
۴۶۹ ..... QW-161.2 TRANSVERSE FACE BEND – *
۴۷۱ ..... QW-161.3 TRANSVERSE ROOT BEND – *
۴۷۱ ..... QW-161.4 - SUBSIZE TRANSVERSE FACE AND ROOT BENDS – *
۴۷۱ ..... QW-161.5- LONGITUDINAL -BEND – *
۴۷۱ ..... QW-161.6- LONGITUDINAL - FACE BEND – *
۴۷۲ ..... QW-161.7- LONGITUDINAL - ROOT BEND – *
۴۷۲ ..... QW-162- GUIDED-BEND TEST PROCEDURE – ***
۴۷۵ ..... QW-163 ACCEPTANCE CRITERIA - BEND TESTS – ***
۴۷۷ ..... QW-141.3 - FILLET-WELD TESTS – *
۴۷۷ ..... QW-180 - FILLET-WELD TESTS – ***
۴۷۷ ..... QW-181 - PROCEDURE AND PERFORMANCE QUALIFICATION SPECIMENS – ***
۴۷۷ ..... QW-181.1 - PROCEDURE – *
۴۷۹ ..... QW-202 TYPE OF TESTS REQUIRED – ***
۴۷۹ ..... QW-202.1 MECHANICAL TESTS – *

- QW-202.2 GROOVE AND FILLET WELDS ۴۸۱
- QW-202.5 STUD WELDING ۴۸۳
- QW-202.6 TUBE-TO-TUBE SHEET QUALIFICATION ۴۸۳
- QW-183 MACRO-EXAMINATION — PROCEDURE SPECIMENS ۴۸۶
- آزمایش ماکرو ۴۸۶
- QW-470 ETCHING — PROCESSES AND REAGENTS ۴۸۶
- QW-471 - GENERAL ۴۸۶
- QW-472 - FOR FERROUS METALS ۴۸۹
- QW-472.1 HYDROCHLORIC ACID ۴۸۹
- QW-472.2 AMMONIUM PERSULFATE ۴۸۹
- QW-472.3 IODINE AND POTASSIUM IODIDE ۴۹۰
- QW-472.4 NITRIC ACID ۴۹۰
- پاراگراف 472.4 – اسید نیتریک ۴۹۰
- QW-473 - FOR NONFERROUS METALS ۴۹۱
- QW-473.1 ALUMINUM AND ALUMINUM-BASE ALLOYS ۴۹۱
- QW-473.2 FOR COPPER AND COPPER-BASE ALLOYS ۴۹۱
- QW-473.3 NICKEL AND NICKEL -BASE ALLOYS ۴۹۱
- QW-473.4 FOR TITANIUM. ۴۹۳
- QW-473.5 FOR ZIRCONIUM. ۴۹۳
- آزمایش میکرو (MICRO TEST) ۴۹۴
- آزمایش سختی سنجی (HARDNESS TEST) ۴۹۶
- سختی چیست؟ ۴۹۶
- تبدیل مقیاس سختی ها ۴۹۹
- معیار و ملاک قبولی تست سختی سنجی ۵۰۳
  - ۱- بر اساس مشخصات فنی هر پروژه ۵۰۳
  - ۲- بر اساس استاندارد ۵۰۴
    - استاندارد API RP-582-2016 ..... ۵۰۴
    - استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015 ..... ۵۰۵
    - استاندارد NACE MR0103-2016 ..... ۵۱۰
    - استاندارد IPS-C-PI-290-WELDING OF PLANT PIPING SYSTEMS ۵۱۲
- QW-141.4 TOUGHNESS TESTS ۵۱۴
- QW-170 - TOUGHNESS TESTS ۵۱۴
- QW-171.3 - LOCATION AND ORIENTATION OF TEST SPECIMEN ۵۱۴

- انجام تست ضربه بر اساس استاندارد ASTM A-370-2019 ..... ۵۱۵
- *** ASTM-A370-2019-PARA. 23. SAMPLING AND NUMBER OF SPECIMENS ۵۱۶
- QW-200.4 - COMBINATION OF WELDING PROCEDURES ۵۱۸
- ترکیبی از چند روش جوشکاری ۵۱۸
- ابعاد و شرایط تهیه‌ی قطعات تست ضربه بر اساس ASTM A370 ..... ۵۲۱
- ابعاد هر قطعه تست چقدر است ؟ ۵۲۱
- روشهای رساندن دمای قطعه تست به دمای منفی مورد نیاز جهت تست ضربه ۵۲۳
- محدوده تغییرات دمایی نسبت به دمای مورد نیاز تست تا چقدر قابل قبول است؟ ۵۲۴
- *** ASTM-A370-2019-PARA. 25. CONDITIONING—TEMPERATURE CONTROL ۵۲۴
- *** ASTM-A370-2019-PARA. 26. PROCEDURE ۵۲۴
- قطعات تست را برای چه زمانی در دمای منفی نگهداری می کنیم ؟ ۵۲۴
- روش انجام تست ضربه ۵۲۵
- بررسی نتایج تست ضربه ۵۲۶
- تفسیر نتایج تست در ASTM A370-2019-PARA. 27 ..... ۵۲۷
- QW-172.1 – GENERAL ۵۲۹
- QW-172.2 – ACCEPTANCE ۵۲۹
- QW-172.3 - LOCATION AND ORIENTATION OF TEST SPECIMEN ۵۲۹
- تست ضربه در استاندارد API 650-2020 ..... ۵۲۹
- دسته بندی متریال ها در استاندارد API-650-2020 ..... ۵۲۹
- - تست ضربه در متریال ۵۳۱
- پاراگراف 4.2.9 – تست ضربه ورقها: ۵۳۱
- پاراگراف 4.2.10 – الزامات تست چقرمگی ۵۳۴
- پاراگراف 4.2.11– روشهای تست ضربه (تعیین چقرمگی) ۵۳۴
- مقدار انرژی جذب شده لازم برای تست ضربه در ورقها ۵۳۵
- پاراگراف 4.5 – PIPING AND FORGINGS ۵۳۷
- تست ضربه در جوش و منطقه HAZ ۵۳۷
- پاراگراف 9.2 – QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURES ۵۳۷
- پاراگراف 9.2 – تأیید روشهای جوشکاری ۵۳۷
- تست ضربه در مخازن تحت فشار– ASME SEC. VIII-DIV. 1-2019 ..... ۵۴۴
- تست ضربه در متریال ۵۴۵
- تست ضربه در PQR ۵۴۵
- تست ضربه در PRODUCTION TEST ۵۴۶
- *** نمودارهای معافیت از تست ضربه FIGURE UCS-66M ۵۴۹

*- تعیین نیاز یا عدم نیاز به تست ضربه ۵۵۱
* - اصطلاح کاهش در حداقل دمای طراحی (REDUCTION) بدون نیاز به تست ضربه ۵۵۶
* - معافیتهای تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم ۵۵۹
* - سوالاتی در باره تست ضربه در مخازن تحت فشار ۵۵۹
(۱)- برای انجام تست ضربه (IMPACT TEST) از چه استانداردی استفاده می شود ؟ ۵۵۹
(۲)- برای انجام تست ضربه (IMPACT TEST) چند قطعه نیاز است ؟ ۵۶۰
(۳)- ابعاد و موقعیت قطعات تست ضربه (CHARPY IMPACT TEST) کدامند؟ ۵۶۲
(۴)- شکست ترد (BRITTLE) و شکست نرم (DUCTILE) چیست ؟ ۵۶۶
(۵)- استاندارد مرجع برای ارزیابی قبولی و یا مردودی تست ضربه کدام است ؟ ۵۶۸
* - اختلاف دمایی مجاز در تست ضربه ۵۷۳
* - تست مجدد ضربه در مخازن تحت فشار ۵۷۵
* - بررسی نتایج تست ضربه در WPS & PQR مطابق با ASME SEC.VIII DIV.1 ..... ۵۷۶
*- تست ضربه در متریالهای آستنیتی UHA-51 ..... ۵۷۷
*- معافیتهای تست ضربه در مخازن تحت فشار کدامند؟ ۵۸۲
■- تست ضربه در PIPING مطابق ASME B31.3-2018 ..... ۵۸۶
***- پاراگراف 323 – الزامات عمومی ۵۸۶
*- پاراگراف 323.2.2 (LOWER TEMPERATURE LIMITS, LISTED MATERIALS) : ۵۸۶
*- جدول 323.2.2 الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات ۵۸۸
*- پاراگراف 323.2.3 (TEMPERATURE LIMITS, UNLISTED MATERIALS) : ۵۹۱
*- پاراگراف 323.2.4 (VERIFICATION OF SERVICEABILITY) : ۵۹۱
*- FIGURE 323.2.2A حداقل درجه حرارت برای فولادهای کربنی بدون تست ضربه ۵۹۲
*- توضیحاتی برای روشن شدن طرز استفاده از شکل FIGURE 323.2.2A ۵۹۳
*- پاراگراف 323.3 (IMPACT TESTING METHODS AND ACCEPTANCE CRITERIA) : ۵۹۶
*- پاراگراف 323.3.1 (GENERAL) : ۵۹۶
*- پاراگراف 323.3.2 (PROCEDURE) : ۵۹۷
*- پاراگراف 323.3.3 (TEST SPECIMENS) : ۵۹۷
*- پاراگراف 323.3.4 (TEST TEMPERATURES) : ۵۹۷
*- پاراگراف 323.3.5 (ACCEPTANCE CRITERIA) : ۶۰۰
*- جدول 323.3.5 MINIMUM REQUIRED CHARPY V-NOTCH IMPACT VALUES ۶۰۲
*- پاراگراف F323.2 (TEMPERATURE LIMITATIONS) ۶۰۹
محدودیتهای دمایی ۶۰۹
*- پاراگراف F323.2.2 از APPENDIX F ۶۰۹
■- خلاصه انواع تستهای خوردگی حفره ای (PITTING) ۶۱۰

٭- تست خوردگی حفره ای (PITTING) طبق مشخصات (ASTM G48) ۶۱۰
٭- تست پاشش نمک مطابق استاندارد (ASTM B117) ۶۱۰
٭- تست خوردگی بین دانه ای (ASTM A-262) ۶۱۰
٭- تست خوردگی مطابق استاندارد (ASTM G 35)..... ۶۱۱
■- تست CTOD ۶۱۲
٭- نمونه های تست CTOD..... ۶۱۴
٭- روش های ایجاد شکاف (NOTCH) در نمونه تست CTOD ۶۱۹
٭- روشهای ایجاد شکاف (NOTCH) درنمونه ۶۲۱
٭- ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف(NOTCH) ۶۲۱
٭- بررسی میزان نیروی اعمالی جهت ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف ۶۲۳
٭- نمونه CT ومحاسبه مقدار نیروی لازم جهت ایجاد ترک خستگی ۶۲۵
٭- مقایسه تست CTOD و تست ضربه ۶۲۵
٭- انواع شکست در تست CTOD ۶۲۵
٭- انواع مکانیزم شکست ۶۲۷
٭- محاسبه CTOD ۶۲۸
٭- اندازه وعمق ترک در تست CTOD..... ۶۲۸
٭- تأثیر دما برتست CTOD ۶۲۹
٭- روش اندازه گیری مقدارCTOD ۶۳۰
٭- خطا در تست CTOD ۶۳۳
٭- تعاریف CTOD ۶۳۳
٭- روش محاسبه CTOD..... ۶۳۵
٭- کاربرد و تعداد نمونه تست CTOD..... ۶۳۶
٭- تأثیر ORIENTATION پیشرفت ترک بر مقدار CTOD..... ۶۳۶
٭- تستهای خوردگی در فلزات: ۶۴۰
■- تست HIC مطابق با استاندارد NACE TM0284-2016..... ۶۴۰
٭- علل ایجاد HIC : ۶۴۱
٭- روش های جلوگیری از خطرات: HIC..... ۶۴۵
٭- آزمایش HIC ۶۴۵
۱- ابعاد نمونه (TEST SPECIMEN)..... ۶۴۵
۲- وضعیت قرار گرفتن نمونه های تست در مخزن آزمایش ۶۵۰
۳- شرایط محلول (SOLUTION CONDITION)..... ۶۵۱
۴- اندازه گیری PH (PH MEASUREMENT)..... ۶۵۱
۵- مدت زمان آزمایش (TEST DURATION)..... ۶۵۱

۶- دمای تست (TEST TEMPERATURE) ۶۵۲
۷- ارزیابی نمونه های آزمایش (EVALUATION OF TEST SPECIMENS) ۶۵۲
۸ - معیار پذیرش نتایج آزمایش ۶۵۳
■- تست SSC & SCC مطابق با استاندارد NACE TM0177 ..... ۶۵۴
*- ترک های ناشی از SCC ۶۵۴
*- عوامل موثر در ایجاد ترک های ناشی از SCC ۶۵۶
۱- اثر تنش : ۶۵۶
۲- زمان شکست: ۶۵۶
۳- عامل محیطی: ۶۵۶
*- مکانیزم خوردگی SCC ۶۵۶
*- راههای کنترل SCC ۶۵۷
*- روش های تشخیص ترک های ناشی از SCC ۶۵۷
*- ترک های ناشی از SSC ۶۵۷
*- عوامل مؤثر در ایجاد ترک های ناشی از SSC ۶۵۸
*- راههای کنترل SSC ۶۵۸
■- استاندارد NACE TM0177 -2016 (روش آزمایشگاهی S.S.C & S.C.C) ۶۵۹
●- بخش اول - مقدمه ۶۵۹
●- بخش دوم-تغییر پذیری آزمایش EC ۶۵۹
●- بخش سوم-واکنش گرها(REAGENT) ۶۶۰
●- بخش چهارم-نمونه های آزمایش و خواص مواد ۶۶۰
●- بخش پنجم-ظروف آزمایش و نگهدارنده ها (TEST VESSELS AND FIXTURES) ۶۶۱
●- بخش ششم – محلول های آزمایش (TEST SOLUTIONS) ۶۶۱
●- بخش هفتم-آزمایش در دما و فشار بالا ۶۶۲
●- بخش هشتم-روش آزمون A (روش آزمون کشش در دما و فشار محیط) ۶۶۴
●- بخش نهم-روش آزمون خمش-B (BENT-BEAM TEST) ۶۷۰
●- بخش دهم – روش آزمون C (C-RING TEST) ۶۷۶
●- بخش یازدهم- روش آزمون D- (DOUBLE – CANTILEVER – BEAM) ۶۸۰

فصل پنجم ۶۸۸

*- WELDER QUALIFICATION TEST (WQT) ۶۸۸
*- در دو فرآیند جوشکاری (SMAW & GTAW) ۶۸۸
*- مقدمه : ۶۸۹
***- پاراگراف 300 (GENERAL) ۶۸۹

***- پاراگراف 301 (TESTS) ۶۸۹
*- پاراگراف 301.1 (INTENT OF TESTS) ۶۸۹
*- پاراگراف 301.2 (QUALIFICATION TESTS) ۶۸۹
*- مقایسه ای ساده از تست جوشکار در دو استاندارد API 1104 و ASME SECTION IX ۶۹۰
●- تست جوشکار در استاندارد API 1104 ..... ۶۹۰
A)- روش SINGLE QUALIFICATION در API 1104 ..... ۶۹۰
B)- روش MULTIPLE QUALIFICATION در API 1104 ..... ۶۹۱
***- پاراگراف QW-300 (GENERAL) ۶۹۴
*- پاراگراف QW-300.1 ..... ۶۹۴
***- پاراگراف QW-301 (TESTS) ۶۹۴
*- پاراگراف QW-301.1 (INTENT OF TESTS) ۶۹۴
*- پاراگراف QW-301.2 (QUALIFICATION TESTS) ۶۹۴
***- پاراگراف QW-302 (TYPE OF TEST REQUIRED) ۶۹۵
*- پاراگراف QW-302.1 (MECHANICAL TESTS) ۶۹۵
*- پاراگراف QW-302.2 (VOLUMETRIC NDE) ۶۹۵
***- پاراگراف QW-304 (WELDERS) ۶۹۵
*- پاراگراف QW-304.1 (EXAMINATION) ۶۹۵
*- پاراگراف QW-304.2 (FAILURE TO MEET EXAMINATION STANDARDS) ۶۹۶
***- پاراگراف QW-306 (COMBINATION OF WELDING PROCESSES) ۶۹۶
***- پاراگراف QW-310 (QUALIFICATION TEST COUPONS) ۶۹۶
*- پاراگراف QW-310.1 (TEST COUPONS) ۶۹۶
*- پاراگراف QW-310.2 (WELDING GROOVE WITH BACKING) ۶۹۸
*- پاراگراف QW-310.3 (WELDING GROOVE WITHOUT BACKING) ۶۹۸
***- پاراگراف QW-320 (RETESTS AND RENEWAL OF QUALIFICATION) ۶۹۹
***- پاراگراف QW-321 (RETESTS) ۶۹۹
*- پاراگراف QW-321.1 (IMMEDIATE RETEST USING VISUAL EXAMINATION) ۶۹۹
*- پاراگراف QW-321.2 (IMMEDIATE RETEST USING MECHANICAL TESTING) ۶۹۹
*- پاراگراف QW-321.3 (IMMEDIATE RETEST USING VOLUMETRIC NDE) ۶۹۹
*- پاراگراف QW-321.4 (FURTHER TRAINING) ۷۰۰
***- پاراگراف QW-322 (EXPIRATION, REVOCATION, AND…) ۷۰۱
*- پاراگراف QW-322.1 (CONTINUITY AND REVOCATION OF QUALIFICATION) ۷۰۱
*- پاراگراف QW-322.2 (RENEWAL OF QUALIFICATION) ۷۰۱
***- پاراگراف QW-350 (WELDING VARIABLES FOR WELDERS) ۷۰۲

***- پاراگراف QW-351 (GENERAL) ۷۰۲
*- جدول متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار ۷۰۲
***- جدول QW-353 ESSENTIAL VARIABLES (SMAW) ۷۰۲
*- پاراگراف QW-402.4 (-BACKING)..... ۷۰۲
*- جدول QW-433 (… ALTERNATE F-NUMBERS FOR WELDER PERFORMANCE)..... ۷۰۳
*- پاراگراف QW-403.16 (Φ PIPE DIAMETER) ۷۰۴
*- جدول QW-452.3 TABLE- (GROOVE-WELD DIAMETER LIMITS)..... ۷۰۵
■- جدول QW-461.9 (… PERFORMANCE QUALIFICATION)..... ۷۰۸
*- پاراگراف QW-403.18 (Φ P-NUMBER) ۷۰۹
***- پاراگراف QW-423 (… ALTERNATE BASE MATERIALS FOR WELDER)..... ۷۱۰
*- پاراگراف QW-423.1 ..... ۷۱۰
*- پاراگراف QW-423.2 ..... ۷۱۳
***- پاراگراف QW-420 (BASE METAL GROUPINGS)..... ۷۱۳
■ - (P. NUMBER) چیست؟..... ۷۱۳
■ - (GR. NUMBER)چیست؟ ۷۱۳
■- لیست P NO. ها : ۷۱۴
*- پاراگراف QW-404.15 (Φ F-NUMBER) ۷۱۷
*- پاراگراف QW-404.30 (Φ T)..... ۷۱۸
*- جدول QW-452.1(B) TABLE- (THICKNESS OF WELD METAL QUALIFIED) ۷۱۸
*- پاراگراف QW-405.1 (+ POSITION)..... ۷۱۹
***- پاراگراف QW-120 (TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS)..... ۷۲۳
***- پاراگراف QW-130 (TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS)..... ۷۳۹
***- پاراگراف QW-203 (… LIMITS OF QUALIFIED POSITIONS)..... ۷۴۰
*- پاراگراف QW-405.3 (Ø ↑↓ VERTICAL WELDING)..... ۷۴۰
***- جدول QW-356 ESSENTIAL VARIABLES FOR GTAW-(WELDER) ۷۴۱
*- پاراگراف QW-404.14 (± FILLER) ۷۴۲
*- پاراگراف QW-404.23 (Φ SOLID OR METAL-CORED TO FLUX-CORED)..... ۷۴۵
*- پاراگراف QW-404.30 (Φ T WELD DEPOSIT)..... ۷۴۷
*- پاراگراف QW-405.1 (+ POSITION)..... ۷۴۷
*- پاراگراف QW-405.3 (Φ ↑↓ VERTICAL WELDING)..... ۷۴۷
*- پاراگراف QW-408.8 (−INERT BACKING)..... ۷۴۷
*- پاراگراف QW-409.4 (Φ CURRENT OR POLARITY)..... ۷۴۷
■- وضعیت های جوشکاری برای جوشهای شیاری ۷۴۸

***- پاراگراف QW-460 (GRAPHICS) ۷۴۸
***- پاراگراف QW-461 (POSITIONS) ۷۴۸
***- پاراگراف QW-180 (FILLET-WELD TESTS) ۷۵۲
***- پاراگراف QW-181 (PERFORMANCE QUALIFICATION SPECIMENS) ۷۵۲
*- پاراگراف QW-181.2 (PERFORMANCE) ۷۵۲
***- پاراگراف QW-182 (FRACTURE TESTS) ۷۵۳
***- پاراگراف QW-184 (MACRO-EXAMINATION - PERFORMANCE SPECIMENS) ۷۵۶
■- مدارکی که برای انجام تست جوشکار می بایست ارائه شود ۷۵۷
■- تعدادی فرم WQT تهیه شده برای حالتهای مختلف تست جوشکار: ۷۶۱

فصل ششم ۷۶۷

نمونه های مختلف WPS برای P-NO های مختلف ۷۶۷
در دو فرآیند (GTAW & SMAW) ۷۶۷
*- WPS-GT.-P-NO.1 TO P-NO.1-PQR-TH=5.8 MM ۷۶۸
*- WPS-GT.&SM.-P-NO.1 TO P-NO.1-PQR-TH=10.97 MM ۷۶۹
* WPS-GT.&SM.-P-NO.3 TO P-NO.3-PQR-TH=20.62 MM ۷۷۱
* WPS-GT.&SM.-P-NO.4 TO P-NO.4-PQR-TH=20.62 MM ۷۷۳
*WPS-GT.&SM.-P-NO.1 TO P-NO.4-PQR-TH=18.26 MM ۷۷۵
* WPS-GT.&SM.-P-NO.5A TO P-NO.5A-PQR-TH=18.26 MM ۷۷۷
*- WPS-GT.&SM.-P-NO.5B TO P-NO.5B-PQR-TH=18.26 MM ۷۷۹
*- WPS-GT.&SM.-P-NO.8 TO P-NO.8-PQR-TH=8.18 MM ۷۸۱
- فرم پیشنهادیWPS-QW-482 ..... ۷۸۳
- فرم پیشنهادیPQR-QW-483 ..... ۷۸۵
*- توصیه فرآیند جوشکاری مناسب برای مواد مختلف ۷۸۷
محاسبه وزن فیلر متال و الکترود ۷۸۸
در فرآیندهای SMAW & GTAW ۷۸۸
*- برداشتی از سایت TWI-(CALCULATING WELD VOLUME AND WEIGHT) ۷۸۹
*- روش محاسبه مقدار مصرف الکترود جوشکاری ۷۹۴
*- روش محاسبه الکترود مصرفی ۷۹۹

*- منابع و مراجع ۸۰۱

فصل هشتم ۸۰۳

پرسش و پاسخ ۸۰۳
در باره‌ی فرآیندهای SMAW & GTAW ۸۰۳

پیشگفتار

سپاس خدای عزّوجل را که حمد و ستایش مخصوص اوست. خدایی که یکتا و بی همتاست. همان خدایی که رئوف و مهربان است. درود خداوند بر پیامبر گرامی و خاندان پاک و مطهّرش، ذکر صلوات ذکر پر برکتی است.

* **رسول خدا صلّی الله علیه و اله**- فرمود: بسیار بر من صلوات فرستید زیرا که صلوات فرستادن بر من نور است در قبر، نور است در صراط و نور است در بهشت.

* از **امیرالمومنین علیه السلام** روایت است که می فرمایند: صلوات فرستادن در محو کردن گناهان، شدیدتر از فرونشاندن آتش توسط آب است.

* از **امام جعفر صادق علیه السلام** روایت است که می فرمایند: سنگین ترین چیزی که در روز قیامت در میزان می گذارند، صلوات بر حضرت محمّد (ص) و اهل بیت پاک و مطهّرش است. صلوات الله علیهم اجمعین.

* از **امام رضا علیه السلام** روایت است که می فرمایند: هر کس نمی تواند کاری کند که به سبب آن گناهانش زدوده شود بر محمّد و خاندان او بسیار درود بفرستد زیرا صلوات گناهان را ریشه کن می کند.

محتوای این کتاب، مباحث فنی و تخصصی در زمینه‌ی تهیه و کنترل PQR, WPS & WQT در فرآیندهای جوش است که نتیجه‌ی سالها تحقیق و بررسی در این خصوص می باشد. علاقه‌ی من به این موضوع باعث تشویق و ترغیب گردید تا در این حوزه کتابی نگارش کنم و تجربیات خود را در اختیار علاقه مندان این رشته قرار دهم. خداوند سبحان را شاکرم که توفیق داد تا این کتاب را با کمک دوستان بزرگوارم به پایان برسانم و این کتاب را با ویرایشی جدید تجدید چاپ نمایم.

در پایان جا دارد از آقای مهندس جلیل طرفی سعیدی بخاطر کمک به چاپ کتاب و از آقایان مهندسین: پرویز صابرپور، آیت الله دانشمند، مجید جوانمرد، آرش مبارکی، سیاوش میرحاجی و سام (عقیل) اشرفی بخاطر مشاوره های فنی و کمک های بیدریغ آنها که در طول نگارش کتاب ارائه فرمودند و همچنین از استادان بزرگوارم آقایان مهندسین سید حامد غیاثی، احمد حاجی زاده، منصور ناصری زاده، مجید دانشگر، رحیم عچرش و هوشنگ نعمت پور تشکر و قدردانی نمایم. از حمایتها و تشویق های آقایان مهندسین: سعید تقی خانی، امیر جاوید اصل، رامین خلیلی، محمد ملکی، احمد درگاهی، رحمت کیانی سرکله، مجید اعتمادی کمال تشکر را دارم. امیدوارم آنها نیز در ثواب این کتاب شریک باشند.

انشاءالله خداوند سبحان در همه‌ی مراحل زندگی یار و یاور این بزرگواران باشد. آمین یا رب العالمین.

در ضمن، خوانندگان محترم می توانند پیشنهادات خود را بطور مستقیم با شماره تلفن0916 617 4218 به اینجانب اعلام کنند یا به آدرس الکترونیکی زیر ارسال فرمایند. صمیمانه آماده‌ی پذیرش انتقادات و پیشنهادات عزیزان هستم.

Arbab_Taghavi@yahoo.com

با آرزوی توفیق روزافزون برای شما

برادر کوچک شما منوچهر تقوی

مقدمه چاپ اول

امروزه در بسیاری از پروژه های صنعتی اتصال بخشهای مختلف به یکدیگر به روش جوشکاری می باشد. این روشها چنان پیشرفت کرده اند که گزینه های مختلفی برای اجرا وجود دارد اما بدلیل شرایط خاص اینگونه روشها، در صنایع فقط از برخی از آنها بصورت گسترده استفاده می شود که عبارتند از:

۱- جوشکاری با الکترود دستی پوشش دار یا **SMAW** = **S**hielded **M**etal **A**rc **W**elding

۲- جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ **GTAW** = **G**as **T**ungsten **A**rc **W**ELDING

TIG = (**T**UNGSTEN **I**NERT **G**AS **W**ELDING)

۳- جوشکاری زیر پودری یا **SAW** = **S**ubmerged **A**rc **W**elding

۴- جوشکار (**M**ETAL **I**NERT ***G***AS) MIG یا **GMAW** = **G**as **M**etal **A**rc **W**elding

روشهای دیگر جوشکاری که از آنها در صنایع کمتر استفاده می شود ولی در استاندارد ASME Sec. IX ذکر شده اند به شرح زیر می باشند :

OFW = **O**xy**f**uel Gas **W**elding
PAW = **P**lasma **A**rc **W**elding
ESW = **E**lectroslag **W**elding
EGW = **E**lectrogas **W**elding
EBW = **E**lectron **B**eam **W**elding
LBW = **L**aser **B**eam **W**elding
FW = **F**lash **W**elding
SW = **S**tud **W**elding

برای تمام روشهای جوشکاری فوق در شروع کار نیاز به تهیه‌ی **WPS** (**W**elding **P**rocedure **S**pecification) و **PQR** (**P**rocedure **Q**ualification **R**ecord) بر اساس استانداردی که بعنوان استاندارد مرجع معرفی شده است الزامی می باشد. بنابراین ضروری است به استانداردهای مختلف ساخت تجهیزات مراجعه شود تا استاندارد مرجع آنها برای تهیه‌ی PQR & WPS و WQT (**W**elder **Q**ualification **T**est) مشخص شوند.

در این کتاب سعی شده که به استانداردهای مرحله‌ی ساخت تجهیزات و همچنین مرحله‌ی بهره برداری آنها پرداخته شود. زیرا وقتی استاندارد ساخت تجهیزی را بدانیم برای پرسشهایی که در زمینه‌ی ساخت، تعمیر و نگهداری آن تجهیز در ذهن مان شکل می گیرد مرجع مناسبی جهت پاسخگویی وجود دارد.

در مورد محتوای این کتاب که در واقع آموزش تهیه‌ی PQR, WPS & WQT میباشد تلاش شده است جزئیات هر دو روش جوشکاری مطابق با جدول های مربوط به QW-253-SMAW & QW-256-GTAW بطور کامل بررسی شوند و برای روشن شدن موضوع کلیه‌ی مرجع های مورد نیاز از جمله مرجع مورد استناد برای پیش گرم، تنش زدایی، تست ضربه، فیلر و الکترودها، مشخص شوند تا استفاده کننده به راحتی بتواند مطالب مورد نظر خود را پیدا کند.

در این کتاب سعی شده است تا حد امکان متن اصلی پاراگراف مورد بحث در یک استاندارد در کنار متن ترجمه قرار گیرد تا چنانچه ابهامی در ترجمه وجود دارد خواننده بتواند با مراجعه به متن اصلی پاراگراف ابهام خود را بر طرف نماید.

با توجه به اینکه استاندارد ASME Section IX هر سه سال یکبار تجدید چاپ می شود، تلاش میگردد در چاپهای بعدی این کتاب نیز مطالب تغییر یافته در ASME Section IX اعمال گردد تا مطالب ارائه شده جدید و به روز باشند.

در اینجا از تمام برادران بزرگوارم خواهشمندم چنانچه اشکالی یا ایرادی در این کتاب مشاهده نمودند جهت اصلاح این اشکالات از تماس با ما دریغ نکنند و ما را با همکاری خوبشان یاری دهند.

مقدمه چاپ دوم

خداوند را سپاسگزارم که پس از استقبال فراوان از این کتاب، این سعادت حاصل گردید تا بتوانم با همکاری و همراهی برادر بزرگوارم جناب آقای مهندس پرویز صابرپور که انصافاً هم در ترجمه متون و هم در ویراستاری چاپ دوم کمک بزرگی نمودند، کتاب را با ویرایش جدید آماده چاپ کنم. در این ویرایش جدید دقت بیشتری بکار رفته تا متن کتاب از نظر غلط املایی و همچنین نحوه‌ی نگارش تا حد امکان بصورت مطلوبی ارائه گردد. در چاپ دوم تلاش شده حتی المقدور از آخرین ویرایش های استانداردها استفاده شود. امیدوارم نتیجه تلاش ما مورد رضایت واقع شود. در اینجا لازم است که از زحمات بیدریغ دوست بزرگوارم جناب آقای مهندس مجید جوانمرد که ویراستاری چاپ اول را بعهده داشتند تشکر و قدردانی کنم. ان شاء الله که در زندگی موفق و سربلند و عاقبت بخیر شوند.

انشاالله که همه‌ی ما عاقبت بخیر شویم

منوچهر تقوی

توضیحی کوتاه: در این ایامی که متاسفانه قیمت دلار تا ۳۰ هزار تومان هم رسیده، حوزه نشر کتاب با چالش بزرگی تحت عنوان تأمین ارز مواجهه شده است. این افزایش قیمت دلار، متاسفانه اثر خود را در قیمت تمام شده و قیمت روی جلد کتاب نشان می دهد. بطور مثال، برای همین کتاب قیمتی بالای ۲۰۰ هزار تومان پیشنهاد شده بود، بهمین خاطر این موضوع مرا بر آن داشت که این کتاب را بصورت رایگان در اختیار علاقه مندان خصوصاً جوانان عزیز قرار دهم و ثواب اینکار را به روح پدر و مادرم و همچنین شهدای شهرستان لنده تقدیم کنم.

لذا از تمام عزیزانی که از این کتاب استفاده می کنند تقاضا دارم، این ارواح را شاد کنید به ذکر صلواتی بر محمّد و آل محمّد (ص).

فصل اول

۱- مرجع تهیه‌ی مدارک PQR, WPS & WQT در استانداردهای مختلف

در صنایع پتروشیمی یا پالایشگاه های نفت و گاز، تجهیزات مختلف بکار برده می شود. تهیه‌ی مدارک PQR , WPS و WQT مستلزم شناخت کافی از استانداردهای ساخت اینگونه تجهیزات میباشد. در استاندارد ساخت تجهیز، مرجع تهیه‌ی مدارک PQR & WPS و WQT برای آن تجهیز مشخص شده است. از جمله تجهیزاتی که بطور گسترده در صنایع پتروشیمی و پالایشگاهها ی نفت و گاز استفاده می شوند، می توان به مخازن تحت فشار و برج ها اشاره نمود.

■- **مخازن تحت فشار** Pressure Vessels

شکل-۱: مخازن کُروی و استوانه ای تحت فشار

برجها Towers

شکل-۲ : برجهای تحت فشار

*- استاندارد حین ساخت مخازن تحت فشار

●- استاندارد ASME Sec VIII Div.1,2 & 3

در مخازن تحت فشار Sec. VIII Div. 1 مطابق با UW-28 کلیه‌ی مقررات WPS و مطابق با UW-29 کلیه‌ی مقررات WQT می بایست بر اساس استاندارد ASME Sec. IX تهیه شوند.

***- پاراگراف UW-28 (Qualification of Welding Procedure) : ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری:

(a) – هر روش جوشکاری که قرار است در ساخت یک پروژه مورد استفاده قرار گیرد باید با جزئیات کامل توسط سازنده گزارش شود.

(b) – روشهای جوشکاری اجزایی که تحت فشار هستند، همچنین اجزایی که تحت فشار نیستند ولی بارهایی را تحمل می کنند مانند Clip ها و Lug های دائم و اضطراری، که به اجزاء تحت فشار متصل می شوند بایستی مطابق با استاندارد ASME Sec. IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

UW-28 QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURE

(a) Each procedure of welding that is to be followed in construction shall be recorded in detail by the manufacturer.

(b) The procedure used in welding pressure parts and in joining load-carrying nonpressure parts, such as all permanent or temporary clips and lugs, to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX.

(c) The procedure used in welding nonpressure-bearing attachments which have essentially no load-carrying function (such as extended heat transfer surfaces, insulation support pins, etc.), to pressure parts shall meet the following requirements.

(1) When the welding process is manual, machine, or semiautomatic, procedure qualification is required in accordance with Section IX.

(2) When the welding is any automatic welding process performed in accordance with a Welding Procedure Specification (in compliance with Section IX as far as applicable), procedure qualification testing is not required.

UW-29 TESTS OF WELDERS AND WELDING OPERATORS

(a) The welders and welding operators used in welding pressure parts and in joining load-carrying nonpressure parts (attachments) to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX.

شکل-۳ : وضعیتWQT & WPS در ASME Sec. VIII Div. 1-2019

(c) – روشهای جوشکاری متعلقاتی که تحت فشار نیستند یا بارهایی را تحمل نمی کنند و اساساً وظیفه‌ی تحمل بار را به عهده ندارند مانند Support Pins های عایق ها یا سطوح مازادی که برای انتقال حرارت بیشتر پیش بینی شده اند که به اجزاء تحت فشار متصل می شوند بایستی الزامات زیر را بر آورده نمایند:

(1)- وقتی فرآیند جوشکاری بصورت دستی، ماشینی یا نیمه اتوماتیک انجام می شود ارزیابی کیفی روش جوشکاری باید مطابق با ASME Sec. IX انجام شود.

(2)- وقتی جوشکاری بوسیله هر یک از فرآیندهای اتوماتیک و مطابق با WPS انجام شود، ارزیابی کیفی فرآیند جوشکاری لازم نمی باشد.

(d) – جوشکاری تمامی تست کوپن ها باید توسط سازنده انجام شود. تست تمامی تست کوپن ها در مسئولیت سازنده خواهد بود. WPS های استاندارد AWS که بوسیله استاندارد ASME Sec. IX پذیرفته شده اند می توانند بکار برده شوند مشروط بر اینکه سایر الزامات این بخش را بر آورده نمایند. ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری توسط یک سازنده نمی تواند برای ارزیابی کیفی روشهای مشابه توسط سایر سازندگان مورد استفاده قرار گیرد، به استثناء مواردی که در پاراگراف QG -106 از ASME Sec. IX قید گردیده است.

***- پاراگراف UW-29 (Tests of Welders and Welding Operators) :

تست جوشکاران و اپراتور های دستگاه های جوشکاری

(a) – جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری مورد استفاده برای جوشکاری قطعات تحت فشار و قطعات یا اتصالاتی که تحت فشار نیستند ولی به قطعات تحت فشار متصل میشوند باید مطابق با Section IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

***- پاراگراف UW-47 (Check of Welding Procedure) : بازرس باید اطمینان پیدا کند که WPS مطابق با استاندارد ASME Sec. IX تهیه شده است و سازنده باید مدارکی دال بر رعایت شرایط ASME Sec. IX به بازرس ارائه نماید.

UW-47 CHECK OF WELDING PROCEDURE

The Inspector shall assure himself that the welding procedure employed in the construction of a vessel has been qualified under the provisions of Section IX. The Manufacturer shall submit evidence to the Inspector that the requirements have been met.

شکل-۴ : وضعیت WPS در ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

***- پاراگراف QG-106 (ORGANIZATIONAL RESPONSIBILITY) : مسئولیتهای سازمانی

پرسنلی که فعالیت های نظارتی را در این بخش مشخص می کنند باید:

(a) – برای تأیید مدارک گواهی صلاحیت توسط سازمان با مسئولیت تعیین شود.

(b) – از یک سطح شایستگی مطلوبی مطابق با برنامه کیفیت سازمان برخوردار باشد. به عنوان حداقل ، آنها باید از نظر تحصیلات ، تجربه یا آموزش در زمینه های زیر واجد شرایط باشند:

(1)- آگاهی از الزامات این بخش برای گواهی صلاحیت دستورالعمل ها و / یا پیوستن به پرسنل.

(2)- آگاهی از برنامه کیفیت سازمان.

(3)- حوزه (دامنه) ، پیچیدگی یا ماهیت خاصی از فعالیتهایی که باید نظارت بر آنها انجام شود.

QG-106 ORGANIZATIONAL RESPONSIBILITY

Personnel performing supervisory activities specified in this Section shall

(a) be designated by the organization with responsibility for certifying qualification documents.

(b) have a satisfactory level of competence in accordance with the organization's quality program. As a minimum, they shall be qualified by education, experience, or training in the following areas:

(1) knowledge of the requirements of this Section for the qualification of procedures and/or joining personnel

(2) knowledge of the organization's quality program

(3) the scope, complexity, or special nature of the activities to which oversight is to be provided

(c) have a record, maintained by the organization, containing objective evidence of the qualifications, training, or experience.

QG-106.1 Procedure Qualifications. Each organization is responsible for conducting the tests required by this Section to qualify the procedures that are used in the construction of components under the rules of the Codes, standards, and specifications that reference this Section.

(a) The personnel who produce test joints for procedure qualification shall be under the full supervision and control of the qualifying organization during the production of these test joints. The persons producing test joints for the qualification of procedures shall be either direct employees or shall be personally engaged by contract for material-joining services.

(b) Production of qualification test joints under the supervision and control of another organization is not permitted. However, it is permitted to subcontract any or all of the work necessary for preparing the materials to be joined, the subsequent work for preparing test specimens from the completed test joint, and the performance of nondestructive examination and mechanical tests, provided the organization accepts full responsibility for any such work.

(c) If the effective operational control of procedure qualifications for two or more companies of different names exists under the same corporate ownership, the companies involved shall describe in their Quality Control System or Quality Assurance Program the operational control of procedure qualifications. In this case, separate procedure qualifications are not required, provided all other requirements of this Section are met.

شکل-۵ : مسئولیتهای سازمانی در ASME Section IX-2019

❋- پاراگراف QG-106.1 (Procedure Qualifications) : تأیید دستورالعمل ها

هر سازمان برای انجام دادن تست های مورد نیاز در این بخش و نیز جهت تأیید دستورالعمل هایی که در ساخت مورد استفاده قرار می گیرند و تابع قوانین کُد و استانداردها و مشخصات فنی که مرجع این بخش می باشند، مسئولیت دارد.

(a) – هر شخصی که برای تأیید دستورالعمل، آزمایش اتصال متریال انجام می دهد هنگام انجام این آزمایشات بایستی تحت نظارت و کنترل کامل سازمان تأیید کننده باشد. شخصی که برای تأیید دستورالعمل ها، آزمایش اتصالات انجام می دهد یا بایستی بطور مستقیم در استخدام سازمان تأیید کننده باشد و یا اصولاً بوسیله قرار داد صرفاً برای خدمات اتصال دادن متریال بکار گرفته شده باشند.

(b) – انجام دادن آزمایش تأیید صلاحیت برای اتصالات تحت نظارت یا کنترل سازمان دیگری مجاز نمی باشد. بهر حال صرفاً مجاز است که پیمانکار جزء (Subcontractor) بخشی یا همه‌ی کار مورد نیاز برای اتصال دادن متریال را انجام دهد. مابقی کارهای مربوط به آماده سازی قطعه تست برای انجام آزمایش بر روی اتصال تکمیل شده و انجام تست های غیر مخرب و تستهای مکانیکی بشرطی که سازمان تأیید کننده اصلی همه‌ی مسئولیتهای آنرا بپذیرد، می توان صرفاً انجام دادن آنها به پیمانکار جزء محول شود.

(c) – چنانچه کنترل عملیاتی مؤثر و قابل اجرا برای تأیید صلاحیت دستورالعمل های جوشکاری برای دو یا چند شرکت با نامهای مختلف که تحت مالکیت متحد (بطور مثال کنسرسیوم) قرار دارند، وجود داشته باشد شرکت های مشمول بایستی کنترل عملیاتی (اجزاء) دستورالعمل ها را در سیستم کنترل کیفیت و برنامه تضمین کیفیت خود توضیح دهند. در این زمینه، یک دستورالعمل مجزا مورد نیاز نمی باشد بشرطی که همه‌ی الزامات دیگر این بخش رعایت شده باشد.

❋- استاندارد حین سرویس مخازن تحت فشار

●- استاندارد API-510

❋- مخازنی که بر اساس ASME SECTION VIII Div.1 & 2 ساخته می شوند، پس از تکمیل فرآیند ساخت آنها و در زمان سرویس باید قوانین استانداردهای API-510 برای آنها بکار برده شوند. چنانچه جوش این مخازن در زمان بهره برداری نیاز به تعمیر داشته باشد بر اساس الزام بخش ۸ از استاندارد API-510-2014 مرجع تهیه‌ی PQR & WPS و WQT به صراحت استاندارد Section IX مشخص شده است.

8.1.7 Welding and Hot Tapping

8.1.7.2 Procedures, Qualifications, and Records

8.1.7.2.1 The repair organization shall use welders and welding procedures that are qualified in accordance with ASME *Code*, Section IX or those referenced by the construction code. Inspectors shall verify that welders are welding within their ranges qualified on the welding procedure qualification(s) and within the ranges on the specified welding procedure specification (WPS).

شکل-۶ : پاراگراف 8.1.7 از استاندارد API-510-2014

❋- پاراگراف 8.1.7 (Welding and Hot Tapping): جوشکاری و انشعاب گیری در حین سرویس

❋- پاراگراف 8.1.7.2 (Procedures, Qualifications, and Records): دستورالعمل ها، صلاحیت ها و گواهی ثبت

❋- پاراگراف 8.1.7.2.1: سازمانی که تعمیر را انجام می دهد بایستی از دستورالعمل های جوشکاری و جوشکارانی استفاده کند که با کُد ASME بخش ۹ یا قسمت هایی که بوسیله‌ی کُد ساخت به آنها رجوع داده شده است مطابقت داشته باشد. بازرسان بایستی بررسی نمایند که تأیید جوشکاران بر اساس دستورالعمل صلاحیت جوشکاران (WPQs) و نیز تأیید جوشکاری بر اساس مشخصات دستورالعمل جوشکاری (WPS) انجام شده است.

سر فصل استانداردهایی که در زمان سرویس مخازن تحت فشار مورد استفاده قرار می گیرند به شرح زیر هستند:

API-510- Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration-2014

■- **استاندارد مخازن ذخیره ای** Storage Tanks

*- استاندارد حین ساخت مخازن ذخیره ای رو زمینی (Aboveground)

**- استانداردهای حین ساخت API-620-2018 & API-650-2020

*- مخازن ذخیره ای دو دسته هستند ۱- مخازن ذخیره ای رو زمینی ۲- مخازن ذخیره ای زیر زمینی

***- مخازن ذخیره ای رو زمینی بر اساس دو استاندارد طراحی و ساخته می شوند:

a)-API-650-2020-Welded Tanks for Oil Storage

b)-API-620-2018-Design and Construction of Large, Welded, Low- Pressure Storage Welded, Low-Pressure Storage Tanks

●- استاندارد API-650 Welded Tanks for Oil Storage

Welded Tanks for Oil Storage

SECTION 1—SCOPE

1.1 General

1.1.1 This standard establishes minimum requirements for material, design, fabrication, erection, and inspection for vertical, cylindrical, aboveground, closed- and open-top, welded storage tanks in various sizes and capacities for internal pressures approximating atmospheric pressure (internal pressures not exceeding the weight of the roof plates), but a higher internal pressure is permitted when additional requirements are met (see 1.1.13). This standard applies only to tanks whose entire bottom is uniformly supported and to tanks in non-refrigerated service that have a maximum design temperature of 93 °C (200 °F) or less (see 1.1.20).

شکل-۷ : پاراگراف 1.1.1 از استاندارد API-650-2020

*- پاراگراف 1.1.1: این استاندارد حداقل الزامات را جهت انتخاب متریال، طراحی، ساخت، نصب و تست برای مخازن ذخیره ای که بصورت سر باز جوشکاری شده اند و نیز مخازن ذخیره ای سر بسته‌ی استوانه ای که به صورت عمودی بر روی سطح زمین نصب می شوند در اندازه ها و ظرفیتهای مختلف و برای فشارهای داخلی تقریباً اتمسفریک (فشار داخلی از وزن ورقهای سقف تجاوز نکند) تعیین نموده است.

فشار داخلی بیشتر زمانی مجاز می باشد که الزامات دیگری هم برآورده شود (نگاه کنید به **پاراگراف 1.1.13**) این استاندارد تنها در مورد مخازنی که تمامی کف آنها بصورت یکنواخت تقویت شده و مخازن مورد استفاده در سرویسهای غیر سرد شونده که دارای حداکثر درجه حرارت طراحی 93ºC یا کمتر می باشند. (نگاه کنید به پاراگراف 1.1.20) بکار برده می شود.

*- پاراگراف 1.1.13 - Annex F الزاماتی را برای طراحی مخازنی که در معرض فشار داخلی کم قرار دارند ارائه می دهد.

***- Annex F (Design of Tanks for Small Internal Pressures)

*- پاراگراف F.1.1 – حداکثر فشار داخلی برای مخازن سر بسته مطابق با استاندارد API-650 می تواند تا حداکثر فشار داخلی gauge ([2.5 lbf/in.2] 18 kPa) که با برآورده شدن الزامات اضافه شده در این Annex مجاز دانسته شده افزایش یابد. این Annex در مورد ذخیره کردن مایعات غیر سردشونده کاربرد دارد.

(همچنین ضمیمه های Annex Q, Annex R از استاندارد API-620 را بررسی کنید). برای حداکثر درجه حرارتهای بالاتر از (200 °F) 93 °C ضمیمه‌ی Annex M را ببینید.

*- پاراگراف F.1.3 – فشارهای داخلی که از وزن اسمی ورقهای بدنه، سقف، هر یک از اجزاء متصل شده به استرکچر ورقهای سقف و هر قالب بندی ساپورت شده بوسیله ورقهای بدنه؛ تجاوز نماید باید الزامات F.8 را برآورده نماید. (منظور همان اتصال بدنه‌ی مخزن به بتن فنداسیون کف مخزن بوسیله‌ی Anchor Bolt است).

***- Annex M (Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures)

پاراگراف M.1.2 – موارد زیر نباید برای زمانی که حداکثر درجه حرارت طراحی در بالاتر از 93ºC قرار دارد، بکار برده شود.

a) – مخازن رو باز (به پاراگراف 5.9 نگاه کنید.)

b) – مخازن با سقف شناور (به Annex C نگاه کنید.)

c) – مخازن رو زمینی آلومینیومی که سقف گنبدی آن توسط اسکلت فلزی تقویت شده است. (به پاراگراف G.1.1 و همچنین به یادداشت زیر نگاه کنید.)

d) – مخازنی که سقف شناور داخلی آنها از آلومینیوم ساخته شده، (به پاراگراف H.2.2 و همچنین به یادداشت زیر نگاه کنید.)

e) – مخازنی که سقف شناور داخلی آنها از مواد کامپوزیت ساخته شده البته با این توضیح که برای این نوع مخازن، متریال سقف با محدوده‌ی درجه حرارتهای کمتری می تواند بکار برده شود. (به پاراگراف H.2.2 نگاه کنید.)

یادداشت:

اگر معیارهای زیر در نظر گرفته شوند، ممکن است بوسیله مشتری برای ایتم های c و d یک استثناء بکار برده شود

a) – برای آلیاژهای آلومینیومی مطابق با Annex L کاهش تنش مجاز تعیین شود و آلیاژها برای پوسته پوسته شدن نهایی (در اثر حرارت محیط) مورد ارزیابی واقع شوند.

b) – مناسب بودن گاسکت ها و آب بندی ها برای حداکثر دمای طراحی مورد ارزیابی قرار گیرند.

برای مخازن ذخیره‌ی مایعات چند طرح اساسی مورد استفاده قرار می گیرد:

- مخازن ذخیره ای با سقف ثابت
- مخازن ذخیره ای سقف شناور رو باز (بدون سقف ثابت)
- مخازن ذخیره ای سقف شناور با سقف ثابت.

تهیه‌ی PQR & WPS و WQT برای این مخازن چه سقف ثابت و چه سقف شناور مطابق پاراگراف 9.2.1.1 میبایست براساس ASME Section IX انجام شود.

9.2 Qualification of Welding Procedures

9.2.1 General Requirements

• **9.2.1.1** The erection Manufacturer and the fabrication Manufacturer if other than the erection Manufacturer, shall prepare welding procedure specifications and shall perform tests documented by procedure qualification records to support the specifications, as required by Section IX of the ASME *Code* and any additional provisions of this standard. If the Manufacturer is part of an organization that has, to the Purchaser's satisfaction, established effective operational control of the qualification of welding procedures and of welder performance for two or more companies of different names, then separate welding procedure qualifications are not required, provided all other requirements of 9.2, 9.3, and Section IX of the ASME *Code* are met. Welding procedures for ladder and platform assemblies, handrails, stairways, and other miscellaneous assemblies, but not their attachments to the tank, shall comply with either AWS D1.1, AWS D1.6, or Section IX of the ASME *Code*, including the use of standard WPSs.

شکل-۸ : پاراگراف 9.2 از استاندارد API-650-2020

***- پاراگراف 9.2 (Qualification of Welding Procedures) : ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری

شکل-۹ : مخازن ذخیره ای سقف شناور (تصویر بالا) و سقف ثابت با سازه های بیرونی آنها (تصویر پایین)

*- پاراگراف 9.2.1 (General Requirements) : الزامات کلی

*- پاراگراف 9.2.1.1- پیمانکار ساخت و پیمانکار نصب (اگر هر دو یک شرکت نباشند) باید WPS ها را تهیه کرده و PQR های مورد نیاز آنها را می بایست طبق Section IX و هر قانون اضافی که در این استاندارد (API 650) قید شده است، فراهم نمایند. اگر پیمانکار بخشی از سازمانی است که با رضایت کارفرما تعیین گردیده تا WPS و عملکرد جوشکاران

را در بیشتر از دو شرکت با نامهای متفاوت مورد ارزیابی کیفی قرار دهد مشروط بر آنکه تمامی سایر الزامات پاراگراف های 9.2 & 9.3 و کُد Section IX برآورده شده باشد، نیاز به تهیه‌ی PQR های مجزا برای آن شرکتها نمی باشد.

WPS هایی که صرفاً مربوط به ساخت پله ها (Ladders) و ایستگاهها (Platforms) و دستگیره ها (Handrails) و راه پله ها (Stairways) و سایر تجهیزات کمکی می باشند البته شامل جوشکاری آنها به مخزن نمی باشد، باید با یکی از استانداردهای AWS D1.1, AWS D1.6 & Section IX ازجمله استفاده از WPS های استاندارد (SWPSs) مطابقت داشته باشند. [WPS های استاندارد، WPS هایی هستند که توسط استاندارد AWS به همراه PQR های مورد نیاز آنها تهیه شده اند و لیست تعدادی از آنها که مجاز به استفاده می باشند در Appendix E استاندارد ASME Section IX قید شده اند].

مطابق پاراگراف 9.3.2 شرایط تست جوشکار می بایست براساس ASME Section IX انجام شود.

9.3 Qualification of Welders

9.3.2 The welders and welding operators who weld pressure parts and join nonpressure parts, such as all permanent and temporary clips and lugs, to pressure parts shall be qualified in accordance with Section IX of the ASME *Code*.

شکل-۱۰ : پاراگراف 9.3.2 از استاندارد API-650-2020

***- پاراگراف 9.3 (Qualification of Welders) : ارزیابی کیفی جوشکاران

*- پاراگراف 9.3.2 – جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری که اجزاء تحت فشار را جوشکاری می کنند و اجزایی که تحت فشار نیستند مانند Clip ها و Lug های دائمی و موقت را به اجزاء تحت فشار متصل می نمایند باید مطابق Section IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند.

●- استاندارد API-620

b)-API-620-Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Welded, Low-Pressure Storage Tanks-2018

مخازنی که بر اساس استاندارد API-620 طراحی و ساخته می شوند، مخازن ذخیره ای هستند که برای فشار کم طراحی شده اند. مطابق پاراگراف 1.2.2 این استاندارد محدوده‌ی فشار و دمای این مخازن مشخص شده است.

1.2 Coverage

1.2.2 The tanks described in this standard are designed for metal temperatures not greater than 250 °F and with pressures in their gas or vapor spaces not more than 15 lbf/in.^{2} gauge.

1.2.3 The basic rules in this standard provide for installation in areas where the lowest recorded 1-day mean atmospheric temperature is –50 °F. Annex S covers stainless steel low-pressure storage tanks in ambient temperature service in all areas, without limit on low temperatures. Annex R covers low-pressure storage tanks for refrigerated products at temperatures from +40 °F to –60 °F. Annex Q covers low-pressure storage tanks for liquefied gases at temperatures not lower than –325 °F.

شکل-۱۱ : پاراگراف 1.2.3 & 1.2.2 از استاندارد API-620-2018

***- پاراگراف 1.2 (Coverage) : پوشش دهی

*- پاراگراف 1.2.2: مخازن شرح داده شده در این استاندارد برای زمانی طراحی شده اند که درجه حرارت فلز بیشتر از 250 ºF و فشار گاز یا بخار در فضای د اخل آنها بیشتر از 15 lbf/in.^{2} گیج نباشد.

*- پاراگراف 1.2.3: مقررات اساسی این استاندارد برای مناطقی فراهم شده که کمترین درجه حررات متوسط روزانه محیط ثبت شده در آن 50- ºF باشد.

***- **Annex S** (Austenitic Stainless Steel Storage Tanks)

مخازن ذخیره ای کم فشار با متریال استنلس استیل را شامل می شود که برای سرویسهای با درجه حرارت پایین محیط بوده و تمامی نواحی را بدون محدودیتی در درجه حرارتهای پایین در بر می گیرد.

***- **Annex R** (Low-pressure Storage Tanks Operating Between +40 °F and –60 °F)

مخازن ذخیره ای کم فشاری را شامل می شود که درجه حرارت محصولات سرد شده‌ی آنها بین ^{o}F 40+ تا ^{o}F 60- باشد.

***- **Annex Q** (Low-pressure Storage Tanks for Liquefied Gases at –325 °F or Warmer)

مخازن ذخیره ای کم فشاری را شامل می شود که درجه حرارت گازهای هیدروکربنی مایع شده در آنها از ^{o}F 325- کمتر نباشد. مخازنی که بر اساس این استاندارد (API-620-2018) تهیه‌ی می شوند ممکن است بصورت یک دیواره و یا دو دیواره با سقف ثابت یا سقف شناور یا ترکیبی از هر دو (ثابت و شناور) ساخته شوند.

تهیه‌ی PQR & WPS و WQT برای این مخازن چه سقف ثابت باشند و یا چه سقف شناور، بر اساس استاندارد ASME Section IX می باشد.

6.7 Qualification of Welding Procedure

6.7.1 Each Welding Procedure Specification (WPS) shall be qualified in accordance with the latest practice as given in Section IX of the *ASME Code*.

شکل-۱۲ : پاراگراف 6.7.1 از استاندارد API-620-2018

***- پاراگراف 6.7 (Qualification of Welding Procedure) : ارزیابی کیفی دستورالعمل جوشکاری

*- پاراگراف 6.7.1- هر WPS باید مطابق با آخرین ویرایش در Section IX مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد.

6.8 Qualification of Welders

6.8.1 All welders assigned to manual or semi-automatic arc welding, and welding operators assigned to machine welding, shall have successfully passed the tests conducted by the fabricator, or Manufacturer, as prescribed for welder qualification in Section IX of the *ASME Code*. Tests conducted by one Manufacturer shall not qualify a welder or welding operator to do work for any other Manufacturer.

شکل-۱۳ : پاراگراف 6.8.1 از استاندارد API-620-2018

***- پاراگراف 6.8 (Qualification of Welders) : صلاحیت جوشکاران

*- پاراگراف 6.8.1: همه‌ی جوشکارانی که برای جوشکاری دستی یا جوشکاری با قوس نیمه اتوماتیک تعیین شده اند و نیز اپراتورهایی که برای جوشکاری ماشین برگزیده شده اند بایستی کلیه‌ی تست های انجام شده توسط سازنده را همانگونه که در بخش ۹ از کُد ASME برای تأیید جوشکار توضیح داده شده است را با موفقیت سپری نمایند. تست هایی که بوسیله یک سازنده انجام شده است نباید جوشکار یا اپراتور جوشکاری که برای سازندگان دیگر کار می کنند، را تأیید نماید.

***- استانداردهای مخازن رو زمینی قید شده در استاندارد API-RP-1626

5.8 Terminal Aboveground Storage Tanks

The design, construction, maintenance, inspection, testing and repair of aboveground storage tanks are covered in API 620, API 650, API 651, API 652, API 653, API 2610, API 12F, STI SP001, and UL-142. The applicable mandatory provisions stipulated in these standards shall be followed. Where applicable codes or regulations are more stringent, the provisions in those codes and standards shall apply.

شکل-۱۴ : پاراگراف 5.8 از آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1626-2012

***- پاراگراف 5.8 (Terminal Aboveground Storage Tanks) : مخازن رو زمینی ترمینال

طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری، بازرسی، آزمایش و تعمیر تانکهای ذخیره سازی رو زمینی بوسیله استاندارد های API 620, API 650, API 651, API 652, API 653, API 2610, API 12F, STI SP001, and UL-142 پوشش داده می شوند. شرایط و الزامات ضروری توضیح داده شده در این استاندارد بایستی بکار برده شوند. جایی که کُدها یا مقررات قابل کاربرد، سخت گیرانه تر هستند بایستی قوانینی که در این کُد و استاندارد وجود دارند بکار برده شوند.

*- استاندارد حین ساخت مخازن ذخیره ای زیر زمینی (Underground)

- API-RP-1615 ●

***- مخازن ذخیره ای زیر زمینی (Underground)

"API-RP-1615-2011" آیین نامه‌ی کار پیشنهادی مخازن زیر زمینی است. در پاراگراف 3.1 این مدرک، مراجع استانداردی مربوط به طراحی این اینگونه مخازن را مشخص کرده است.

***- پاراگراف 3 (Referenced Publications) : مدارک مرجع

3 Referenced Publications

3.1 Informative References

The following are documents referenced in this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

API Recommended Practice 1626, *Storing and Handling Ethanol and Gasoline-Ethanol Blends at Distribution Terminals and Service Stations*

شکل-۱۵ : پاراگراف 3.1 از آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1615-2011

***- پاراگراف 3.1 (Informative References) : مراجع مفید و قابل کاربرد

مدارک ذکر شده در زیر اصولاً مدارک مرجع برای این استاندارد می باشند. برای مدارک مرجع تاریخ دار فقط چاپ و ویرایش ذکر شده قابل کاربرد می باشد. برای مدارک مرجع فاقد تاریخ، آخرین ویرایش (چاپ) مدرک مرجع قابل کاربرد می باشد (شامل هرگونه اصلاحیه)

آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1626 ذخیره سازی و انتقال اتانول و ترکیبات اتانول- گازولین در پایانه های توزیع و ایستگاههای پمپ بنزین.

مراجع استاندارد API-RP-1626-2012 است.

***- پاراگراف 2 (References) : مراجع

2 References

2.1 General

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

2.2 Normative References

API Standard 650, *Welded Tanks for Oil Storage*

شکل-۱۶ : پاراگراف 2 از آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1626-2012

*- پاراگراف 2.1 (General) : کلیات

برای استفاده کردن از این مدرک، مدارک و اسناد مرجع زیر لازم الاجرا می باشد. برای مدارک مرجع تاریخ دار فقط چاپ و ویرایش ذکر شده قابل کاربرد می باشد. برای مدارک مرجع فاقد تاریخ، آخرین ویرایش (چاپ) مدرک مرجع قابل کاربرد می باشد (شامل هرگونه اصلاحیه)

*- پاراگراف 2.2 (Normative References) : مراجع مفید و کاربردی

استاندارد API 650 مخازن جوشکاری شده برای ذخیره سازی مواد نفتی

در پاراگراف 2.2 این مدرک، مراجع استانداردی اصلی مربوط به طراحی اینگونه مخازن را مشخص کرده است. یکی از این مراجع استاندارد API-650 است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که طراحی مخازن زیر زمینی نیز مانند مخازن رو زمینی بر اساس استاندارد API-650 است اما قوانین نصب آن بر اساس آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1615 می باشد.

در پاراگراف 1.1 در مورد مفاد این آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1615 چنین قید شده است:

Installation of Underground Petroleum Storage Systems

1 Scope

1.1 This Recommended Practice (RP) is a guide to procedures and equipment that should be used for the proper installation of underground storage systems for bulk petroleum products or used oil at retail and commercial facilities. The stored products include gasoline, diesel fuel, kerosene, lubricating oils, used oil, and certain bio-fuel blends. (For information on alcohol/gasoline blends, see API 1626. The product manufacturer and the authority having jurisdiction (AHJ) should be consulted with regard to the proper storage of all products.)

شکل-۱۷ : پاراگراف 1.1 از استاندارد API-RP-1615-2011

*- پاراگراف 1.1: این آیین نامه‌ی کار پیشنهادی یک راهنما برای دستورالعمل ها و تجهیزاتی است که باید برای نصب مناسب سیستمهای ذخیره زیر زمینی برای محصولات حجیم نفتی یا روغنهای استفاده شده در مراکز خرده فروشی و تجاری استفاده شوند. محصولات ذخیره شده شامل بنزین، سوخت دیزل، نفت سفید، روغنهای مخصوص روانکاری، روغنهای مصرف شده و ترکیبات مخصوص زیست سوخت می باشد.

(برای اطلاع در مورد ترکیبات الکل- بنزین به آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1626 مراجعه شود. در رابطه با ذخیره مناسب تمام محصولات بهتر است با سازنده محصول یا مرجع قانونی صاحب اختیار مشورت گردد.)

Installation of Underground Petroleum Storage Systems

2.94
underground storage tank
UST
A container that has a capacity of more than 110 gal, is used to store petroleum products, and is buried completely underground.

NOTE This definition applies only to this recommended practice and is not to be confused with the EPA's definition of an underground storage tank.

2.95
underground storage tank system
UST system
A petroleum product storage system that is underground and is generally composed of one or more storage tanks, product lines, pumps, vent lines, tank fill lines, vapor recovery pipes and other appurtenances for storing, using, and/or dispensing petroleum products.

شکل-۱۸ : پاراگراف 2.49 & 2.95 از استاندارد API-RP-1615-2011

*- پاراگراف 2.94 مخزن ذخیره ای زیر زمینی UST

ظرفی است که دارای ظرفیتی بیش از 110 گالن می باشد و برای انبار محصولات نفتی بکار برده می شود و بطور کامل در زیر زمین مدفون می گردد.

یادداشت: این تعریف تنها در مورد این آیین نامه‌ی کار پیشنهادی (API-RP-1615-2011) بکار برده می شود و نباید با تعریف آژانس حفاظت محیط زیست در مورد سیستم مخازن ذخیره ای زیر زمینی اشتباه گرفته شود.

*- پاراگراف 2.95 سیستم مخزن ذخیره ای زیر زمینی UST system

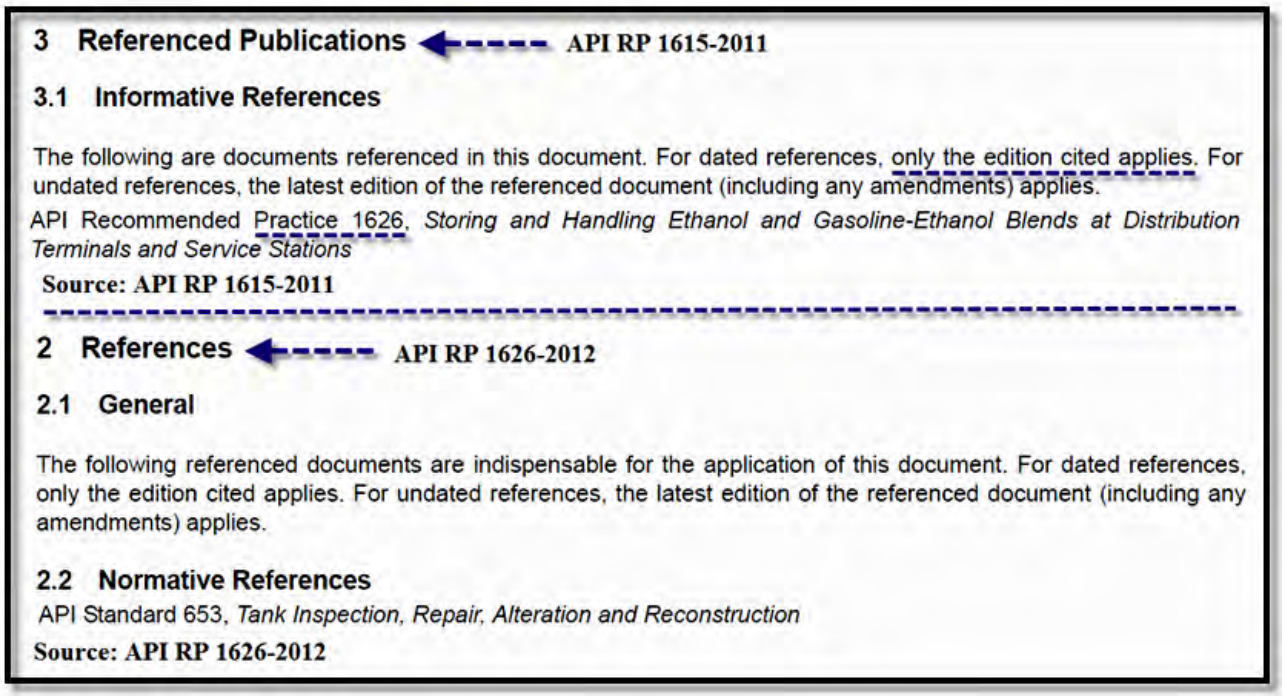
سیستمی از ذخیره نمودن محصولات نفتی است که در زیر زمین قرار می گیرد و عموماً از یک یا چند مخزن ذخیره ای، خطوط انتقال محصول، پمپها، خطوط ونت (هواگیری)، خطوط پر کننده‌ی مخزن، خطوط بازیابی بخارات و سایر متعلقات برای انبار کردن، استفاده کردن و یا توزیع محصولات نفتی تشکیل شده است.

***- نمونه هایی از مخازن ذخیره ای زیر زمینی (Underground)

شکل-۱۹ : نمونه هایی از مخازن زیر زمینی

شکل-۲۰ : نمونه هایی از نصب مخازن زیر زمینی

در آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1615-2011 چنانچه تعمیری نیاز باشد برای این کار از قوانین استاندارد API-653 استفاده می شود.


3 Referenced Publications ← API RP 1615-2011

3.1 Informative References

The following are documents referenced in this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

API Recommended Practice 1626, *Storing and Handling Ethanol and Gasoline-Ethanol Blends at Distribution Terminals and Service Stations*

Source: API RP 1615-2011

2 References ← API RP 1626-2012

2.1 General

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

2.2 Normative References

API Standard 653, *Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction*

Source: API RP 1626-2012

شکل-۲۱ : پاراگراف 3.1 از استاندارد API-RP-1615-2011

بنابراین با توجه به پاراگراف 3.1 از آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1615-2011 و همچنین پاراگراف 2.1 از آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-1626-2012 می توان نتیجه گرفت که چون انجام تعمیرات بر اساس استاندارد API-STD-653 جزء مراجع این استاندارد می باشد بنابراین تهیه‌ی WPS & PQR و WQT برای مخازن ذخیره ای زیر زمینی (Underground) نیز بر اساس استاندارد ASME Section IX می باشد.

*- استاندارد مخازن ذخیره ای در حین سرویس

**- استانداردهای حین سرویس API-653 & API-RP-575

مخازن ذخیره ای رو زمینی بر اساس دو استاندارد API-650 و API-620 طراحی و ساخته می شوند و تهیه و تنظیم PQR & WPS و WQT آنها نیز براساس Section IX می باشد.

حال یک پرسش ایجاد می گردد که وقتی این مخازن در سرویس قرار دارند تعمیر و نگهداری آنها بر اساس چه استانداردهایی انجام می شود؟

**- استانداردهای حین سرویس:

استانداردهای حین سرویس مخازن ذخیره ای به شرح زیر است :

a)-API-653-2014-Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction
b)-API-RP-575-2014-Inspection of Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

- استاندارد API-653

a)-API-653-2020-Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction

مخازن ذخیره ای که بر اساس استاندارد API-650 ساخته می شوند بعد از قرار گرفتن در سرویس، تعمیر و نگهداری آنها بر اساس استاندارد API-653 انجام می گیرد. این مطلب به صراحت در پاراگراف 1.1.1 این استاندارد قید شده است.

1 Scope Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction

1.1 Introduction

1.1.1 This standard covers steel storage tanks built to API 650 and its predecessor API 12C. It provides minimum requirements for maintaining the integrity of such tanks after they have been placed in service and addresses inspection, repair, alteration, relocation, and reconstruction.

شکل-۲۲ : پاراگراف 1.1.1 از استاندارد API-653-2020

*- پاراگراف 1.1.1: این استاندارد در برگیرنده مخازن ذخیره ایی فولادی است که مطابق با استاندارد API-650 و استاندارد ما قبل از آن یعنی API-12C ساخته شده اند. این استاندارد نه تنها حداقل الزامات برای حفظ یکپارچگی مخازن مذکور بعد از ورود به سرویس را مشخص می کند، بلکه مباحث مربوط به بازرسی، تعمیر، تغییر، جابجایی و نوسازی را نیز شامل می شود.

چنانچه مخازن ذخیره رو زمینی که در سرویس قرار گرفته اند نیاز به تعمیر داشته باشند تهیه‌ی PQR & WPS و WQT آنها براساس Section IX انجام می گیرد. این مطلب در پاراگراف 11.1 استاندارد API-653 قید شده است.

11.1 Welding Qualifications **Section 11—Welding**

11.1.1 Welding procedure specifications (WPSs) and welders and welding operators shall be qualified in accordance with Section IX of the ASME Code, the additional requirements of API 650, Section 9, and this standard. Welding procedures for ladder and platform assemblies, handrails, stairways, and other miscellaneous assemblies, but not their attachments to the tank, shall comply with either AWS D1.1, AWS D1.6, or Section IX of the ASME Code, including the use of SWPSs.

شکل-۲۳ : پاراگراف 11.1.1 از استاندارد API-653-2020

*- پاراگراف 11.1 (Welding Qualifications) :

*- پاراگراف 11.1.1 - مشخصات دستورالعمل جوشکاری و جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید مطابق استاندارد ASME Section IX و الزامات اضافی مطابق بخش ۹ استاندارد API 650 و این استاندارد (API 653) باشد. WPS هایی که فقط مربوط به ساخت پله ها (Ladders) و ایستگاهها (Platforms) و دستگیره ها (Handrails) و راه پله ها (Stairways) و سایر تجهیزات کمکی و نه جوشکاری آنها به مخزن، باید با یکی از استانداردهای AWS D1.1, D1.6 و ASME Section IX منجمله استفاده از WPS های استاندارد (SWPSs) مطابقت داشته باشد. پس نتیجه این است که در استاندارد API-653-2020 تهیه‌ی PQR & WPS و WQT براساس ASME Section IX است.

●- استاندارد API-RP-575

Inspection Practices for Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

1 Scope

This document provides useful information and recommended practices for the maintenance and inspection of atmospheric and low-pressure storage tanks. While these maintenance and inspection guidelines may apply to other types of tanks, these practices are intended primarily for existing tanks which were constructed to one of the following four standards: API 12A, API 12C, API 620, or API 650.

شکل-۲۴ : پاراگراف Scope از استاندارد API-RP-575-2014

***- پاراگراف 1 (Scope) : حوزه (دامنه‌ی فعالیت)، وسعت

این آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-575-2014 که در بر گیرنده‌ی اطلاعات مفیدی برای نگهداری و بازرسی از مخازن ذخیره ای اتمسفریک و کم فشار می باشد. تمامی این رهنمودهای بازرسی و تعمیر و نگهداری که در این آیین نامه‌ی

کار قید شده برای مخازن دیگر هم ممکن است کاربرد داشته باشد. خواسته‌ی اولیه‌ی این عملکردها برای مخازن موجودی هستند که بر اساس یکی از این چهار استاندارد زیر ساخته شده باشند:

- API 12A, API 12C, API 620, or API 650

در پاراگراف 10.2.1 آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-575-2014 در مورد تعمیراتی که با عملیات جوشکاری انجام می شود داریم،

10.2.1 Repairs to Welded Tanks

Repairs made by welding on the bottom, shell, or roof of a tank should be conducted and inspected in accordance with API 653, Section 9, Section 11, and Section 12.

شکل-۲۵ : پاراگراف 10.2.1 از استاندارد API-RP-575-2014

*- پاراگراف 10.2.1 : تعمیرات انجام شده توسط جوشکاری بر روی کف، بدنه و سقف مخزن باید مطابق با بخشهای ۹ و ۱۱ و ۱۲ از استاندارد API-653 هدایت و بازرسی شوند.

پس نتیجه این است که: در آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-575-2014 چون تعمیرات جوش بر اساس استاندارد API-653 میباشد، و چون در این استاندارد تهیه‌ی PQR & WPS و WQT هم بر اساس استاندارد Section IX است. پس می توان اینطور نتیجه گرفت که موضوع تهیه‌ی PQR & WPS و WQT در آیین نامه‌ی کار پیشنهادی API-RP-575 نیز بر اساس استاندارد Section IX می باشد.

■- استانداردهای حین ساخت خطوط لوله و سیستمهای لوله کشی Pipeline & Piping

*- استانداردهای حین ساخت ASME B31.1, B31.3, B31.4, B31.8, API 5L &…

این بخش را می توان به سه قسمت تفکیک کرد.

قسمت اول: ساخت لوله جهت استفاده در خطوط لوله و انتقال Specification 5L and ASTM

قسمت دوم: طراحی و ساخت خطوط لوله (در خشکی) و انتقال

*- برای خطوط لوله انتقال سیالات نفتی مطابق استاندارد ASME B31.4

*- برای خطوط لوله انتقال گاز مطابق استاندارد ASME B31.8

قسمت سوم: طراحی و ساخت سیستم های لوله کشی صنعتی در سایتها، پالایشگاهها و نیروگاهها

*- طراحی و ساخت سیستم های لوله کشی صنعتی در سایتها، پالایشگاهها مطابق استاندارد ASME B31.3

*- طراحی و ساخت سیستم های لوله کشی صنعتی در نیروگاهها مطابق استاندارد ASME B31.1

*- طراحی و ساخت سیستم های لوله کشی صنعتی در نیروگاههای هسته ایی مطابق استاندارد ASME Sec. III

****

***-توضیحاتی در رابطه با قسمتهای فوق

قسمت اول: ساخت لوله بر اساس مشخصات API Specification 5L

●- استاندارد API Specification 5L

*- پاراگراف M.1 (Method and Qualification) : روش و صلاحیت

*- پاراگراف M.1.4 : روش های جوشکاری ، جوشکارها و اپراتورهای دستگاه جوشکاری (از این پس اپراتورها گفته شود)

Annex M
(normative)
Specification for Welded Jointers

M.1 Method and Qualification

M.1.4 Welding procedures, welders and welding machine operators (hereafter called operators) shall be qualified in accordance with API 1104, ASME Section IX, or ISO 15614-1 or an equivalent standard approved by the purchaser. Prior to destructive qualification testing, NDT should meet the requirements of Annex E or Annex K.

شکل-۲۶: پاراگراف M.1.2 از مشخصات فنی API-Specification 5L-2018

باید مطابق با API 1104 ، بخش ASME IX یا ISO 15614-1 یا استاندارد معادل آن که توسط خریدار تایید شده باشد. قبل از آزمایش صلاحیت مخرب ، NDT باید شرایط الزامات ضمیمه E یا ضمیمه K را رعایت کند.

در پاراگراف فوق به صراحت قید شده که تهیه‌ی PQR & WPS و WQT باید مطابق استاندارد مورد توافق خریدار باشد. در کارخانه های لوله سازی استاندارد مرجع تهیه‌ی مدارک فنی PQR & WPS و WQT مطابق با توافق مشتری تهیه می شود. مثلاً اگر سفارش ساخت لوله برای خط لوله Pipeline باشد استاندارد مرجع API-1104 و اگر برای سیستمهای لوله کشی صنعتی Piping باشد استاندارد مرجع ASME Section IX می باشد.

به همین دلیل انتخاب استاندارد مرجع برای تهیه‌ی مدارک PQR & WPS و WQT با توافق مشتری می باشد.

- استاندارد ASME B31.3

(برگرفته از کتاب نکات کاربردی استانداردها از همین نویسنده)

این استاندارد در ۱۰ فصل (Chapter) تهیه شده است. استاندارد B31.3 درباره سیستمهای لوله کشی فلزی (Metallic) و غیر فلزی (Nonmetallic) بحث میکند. در این استاندارد سیالات در قسمتهای لوله کشی فلزی به شش Category تقسیم بندی شده است. این تقسیم بندی ها به شرح ذیل است:

fluid service:

(a) Category D Fluid Service: a fluid service in which all of the following apply:

(1) the fluid handled is nonflammable, nontoxic, and not damaging to human tissues as defined in para. 300.2

(2) the design gage pressure does not exceed 1 035 kPa (150 psi)

(3) the design temperature is not greater than 186°C (366°F)

(4) the fluid temperature caused by anything other than atmospheric conditions is not less than −29°C (−20°F)

(b) Category M Fluid Service: a fluid service in which both of the following apply:

(1) the fluid is so highly toxic that a single exposure to a very small quantity of the fluid, caused by leakage, can produce serious irreversible harm to persons on breathing or bodily contact, even when prompt restorative measures are taken

(2) after consideration of piping design, experience, service conditions, and location, the owner determines that the requirements for Normal Fluid Service do not sufficiently provide the leak tightness required to protect personnel from exposure

(c) Elevated Temperature Fluid Service: a fluid service in which the piping metal temperature is sustained equal to or greater than T_{cr} as defined in Table 302.3.5, General Note (b).

(d) High Pressure Fluid Service: a fluid service for which the owner specifies the use of Chapter IX for piping design and construction; see also para. K300.

(e) High Purity Fluid Service: a fluid service that requires alternative methods of fabrication, inspection, examination, and testing not covered elsewhere in the Code, with the intent to produce a controlled level of cleanness. The term thus applies to piping systems defined for other purposes as high purity, ultra high purity, hygienic, or aseptic.

(f) Normal Fluid Service: a fluid service pertaining to most piping covered by this Code, i.e., not subject to the rules for Category D, Category M, Elevated Temperature, High Pressure, or High Purity Fluid Service.

ASME B31.3

شکل-۲۷: تعریف Category های مختلف B31.3-2018 در پاراگراف 300.2

1- Category D Fluid Service -
2- Category M Fluid Service - Chapter VIII
3- Elevated Temperature Fluid Service
4- Category High Pressure Piping - Chapter IX
5- Category Normal Fluid Service
6- High Purity Fluid Service - Chapter X

در فصل ۱ (Chapter I) که مربوط به تعاریف (Scope and Definitions) می شوند، تمام دسته های (Category) فوق تعریف شده اند که در ذیل آمده است:

Category D Fluid Service:

(a) – سرویس سیال Category D: سرویس سیالی است که در بر دارنده موارد ذیل است:

(1)- سیالی است که غیر قابل اشتعال و غیر سمی بوده و آنطور که در پاراگراف 300.2 تعریف شده است بـه بافتهـای بدن انسان صدمه ای وارد نمی کند.

(2)- فشار طراحی آن از 1035 KPa (150 psi) تجاوز نمی نماید.

(3)- درجه حرارت طراحی آن (-20°F) -29°C تا دمای (366°F) 186°C می باشد.

Category M Fluid Service:

(b) – سرویس سیال Category M: سرویس سیالی است که مقدار بسیار کمی از آن به علت نشتی کشنده می باشد و حتی در صورت عدم تمهیدات لازم نیز میتواند از طریق تنفس یا تماس بدنی صدمات جبران ناپذیری بر روی سلامتی انسان ایجاد نماید.

Elevated Temperature Fluid Service

(c) – سرویس سیال Elevated Temperature Fluid Service : سرویس سیالی است که دمای طراحی فلز لوله یا دمای دائمی عملیاتی (Operation) آن برابر یا بیشتر از دمای بحرانی (T_{cr}) است که این دما در یادداشت کلی (b) از جدول 302.3.5 مشخص شده است.

Category High Pressure Piping

(d) – سرویس سیال Category High Pressure Piping : سرویس سیالی است که کارفرما استفاده از فصل ۹ (IX) این استاندارد را برای طراحی و ساخت لوله کشی آن مشخص می نماید. پاراگراف K300 را ببینید.

K300 GENERAL STATEMENTS

(a) Applicability. This Chapter pertains to piping designated by the owner as being in High Pressure Fluid Service. See (e).

(b) Responsibilities. In addition to the responsibilities stated in para. 300(b),

(1) for piping designated as being in High Pressure Fluid Service, the owner shall provide all system operations information necessary for the designer to perform the analyses and testing required by this Chapter

(2) the designer shall make a written report to the owner summarizing the design calculations and certifying that the design has been performed in accordance with this Chapter

(c) The identification, intent, and Code requirements in paras. 300(a), (c), (d), (e), and (f) apply.

(d) The organization, content, and, wherever possible, paragraph designations of this Chapter correspond to those of the first six Chapters (the base Code). The prefix K is used.

(e) High Pressure Piping. This Chapter provides alternative rules for design and construction of piping designated by the owner as being in High Pressure Fluid Service.

(1) Provisions and requirements of the base Code apply only as stated in this Chapter.

(2) Use of this Chapter is permitted only at the option of the owner, and when the owner chooses to designate piping as being in High Pressure Fluid Service, its requirements apply in their entirety.

(3) There are no pressure limitations for the application of these rules. See Appendix F, para. FK300.

شکل-۲۸: محدوده‌ی ASME B31.3-2018-High Pressure Piping

***- پاراگراف K300

(a) – قابلیت استفاده. این فصل مربوط به لوله کشی است که توسط مالک (کارفرما) در سرویس سیال فشار بالا تعیین شده است. پاراگراف (e) را ببینید.

(b) – مسئولیت ها. علاوه بر مسئولیت های گفته شده در پاراگراف (b) 300 است.

(1)- برای لوله کشی مشخص شده در سرویس مایعات فشار قوی، مالک (کارفرما) باید کلیه اطلاعات مربوط به عملیات سیستم مورد نیاز طراح را برای انجام تجزیه و تحلیل ها و آزمایش های مورد نیاز توسط این فصل ارائه دهد.

(2)- طراح باید گزارش کتبی خلاصه محاسبات طراحی را به مالک (کارفرما) ارائه دهد و تأیید کند که طراحی مطابق با این فصل انجام شده است

(c) – شناسه ، قصد (هدف) و الزامات کد در پاراگراف 300(a), (c), (d), (e), and (f) اعمال می شود.

(d) – سازمان ، محتوا و هر جا امکان پذیر باشد، عناوین پاراگراف این فصل مطابق با شش فصل اول (اساس و پایه کد باشد) است. پیشوند K استفاده می شود.

(e) – لوله کشی فشار قوی. در این فصل قوانین جایگزینی برای طراحی و ساخت لوله های لوله گذاری تعیین شده توسط مالک (کارفرما) در سرویس سیال فشار بالا ارائه شده است.

(1)- مقررات و الزامات کد پایه فقط مطابق آنچه در این فصل بیان شد اعمال شود.

(2)- استفاده از این فصل فقط در اختیار مالک (کارفرما) مجاز است و هنگامی که مالک (کارفرما) تصمیم به تعیین لوله کشی به عنوان سرویس سیال فشار بالا می کند ، الزامات آن در کل آنها اعمال می شود.

(3)- برای بکار بردن این قوانین (منظور قوانین سرویس سیال فشار بالا) هیچ محدودیت فشاری وجود ندارد. به ضمیمه F پاراگراف FK300 نگاه کنید.

شکل-۲۹: High Pressure Piping Materials

(e) – سرویس سیال Category Normal Fluid Service: سرویس سیال عادی: سرویس سیال عادی مربوط به بیشتر لوله کشی های تحت پوشش این قانون ، یعنی منوط به قوانین دسته (D) ، دسته (M) ، درجه حرارت بالا ، فشار بالا یا سرویس سیال با خلوص بالا نیست.

(f) – سرویس سیال Category High Purity Fluid Service : سرویس سیالی است که روشهای جایگزینی ساخت، بازرسی، آزمایش و تستهایی که در جاهای دیگر کُد پوشش داده نشده است، برای آن الزامی می باشد با این هدف که میزان تمیزی و خلوص کنترل شده ای تولید شود. این اصطلاح برای سیستم های لوله کشی که برای اهداف دیگری همچون خلوص بالا، خلوص بسیار بالا، بهداشتی یا ضد عفونی مشخص شده اند نیز کاربرد دارد.

Severe Cyclic Condition:

***- شرایط سیکلی شدید (Severe Cyclic Condition)

*- تعریف این شرایط: شرایط سیکلی شدید، شرایطی است که برای قسمتهای مشخصی از سیستم لوله کشی یا اتصالاتی بکار برده می شود که کارفرما یا طراح آنرا برای مقاومت بهتر در مقابل خستگی ناشی از بارگذاری های سیکلی الزام می نمایند. ضمیمه‌ی F ، پاراگراف F301.10.3 که نحوه‌ی راهنمایی برای طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید است، را ببینید.

ASME B31.3

severe cyclic conditions: conditions applying to specific piping components or joints for which the owner or the designer determines that construction to better resist fatigue loading is warranted. See Appendix F, para. F301.10.3 for guidance on designating piping as being under severe cyclic conditions.

شکل-۳۰: تعریف شرایط ASME B31.3-2018-Severe Cyclic Condition

F301.10.3 Severe Cyclic Conditions. Designating piping as being under severe cyclic conditions should be considered when piping is subjected to both a high stress range and many cycles. The phrase *many cycles* can be taken as when the stress range factor, *f*, is less than the maximum, f_m. The phrase *high stress range* is normally taken as when the calculated stress range approaches the allowable stress range. Examples include piping associated with batch chemical reactors that cycle more frequently than once a day and piping that has a reasonable likelihood of vibrating.

Frequently, failures occur at small branch connections attached to main piping runs that do not have a high stress range. When experience shows that these small branch connections might be vulnerable to fatigue failure, consideration should be given to designating such piping as being under severe cyclic conditions. See the following references for guidance on the design of small branch connections to avoid fatigue failure:

(a) Guidelines for the Avoidance of Vibration Induced Fatigue Failure in Process Pipework, published by Energy Institute

(b) Design Guideline for Small Diameter Branch Connections, published jointly by Gas Machinery Research Council, Pipeline Research Council International, and Southwest Research Institute

More-conservative approaches to designating piping as being under severe cyclic conditions should be taken when the fluid handled is toxic, flammable, or damaging to human tissue; when failure of the piping would be costly; and also when examination of the piping during operation or normal outages is impracticable.

شکل-۳۱: توضیحی در باره شرایط ASME B31.3-2018-Severe Cyclic Condition

***- پاراگراف F301.10.3 (Severe Cyclic Conditions) (طراحی شرایط بسیار سخت در بارگذاری های سیکلی زیاد)

وقتی سیستم لوله کشی در معرض تنش های بالا و سیکل های زیاد تنشی می باشد، باید توجه نمود که سیستم لوله کشی را تحت عنوان شرایط سیکلی شدید طراحی نمود. وقتی فاکتور میزان تنش f, کمتر از حداکثر f_m می باشد می توان عبارت سیکل های زیاد (*many cycles*) را بکار برد. وقتی تنش مجاز محاسبه شده نزدیک به (در حدود) میزان تنش های

مجاز می باشد معمولاً عبارت میزان تنش بالا (*high stress range*) بکار برده می شود. نمونه هایی از سیستم های لوله کشی وجود دارد که در کنار مقداری واکنش شیمیایی در هر روز دارای سیکل تنش بیشتر از یکبار می باشد و در آنها احتمال ایجاد ارتعاش وجود دارد. بیشتر اوقات شکست در اتصال انشعاب به خط اصلی لوله (هدر) که میزان تنش بالایی ندارد اتفاق می افتد. تجربه نشان داده است که اتصال اشعابات کوچک در برابر شکست ناشی از خستگی آسیب پذیر می باشند، پس بایستی این موضوع را هنگام طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید مورد توجه قرار داد. موارد زیر که راهنمایی های لازم برای طراحی اتصال انشعابات کوچک برای اجتناب از شکست ناشی از خستگی می باشد را ببینند.

(a) راهنمای اجتناب از ارتعاشات که در فرآیند لوله کشی منجر به شکست ناشی از خستگی می شود، توسط موسسه‌ی انرژی (Energy Institute) منتشر شده است.

(b) راهنمای طراحی اتصال انشعابات با قطر کوچک که مشترکاً توسط هیأت پژوهش ماشین آلات گازی و هیأت تحقیقات بین المللی خط لوله و مؤسسه‌ی تحقیقات جنوب غرب منتشر شده است.

وقتی سیال مورد استفاده سمی، اشتعال پذیر یا آسیب رسان به بافتهای بدن انسان می باشد، یا وقتی شکست سیستم لوله کشی بسیار پر هزینه می باشد و یا وقتی آزمایش نمودن سیستم لوله کشی به هنگام سرویس عملیاتی یا بهنگام توقف های کوتاه عملیاتی امکان پذیر نمی باشد، بایستی به هنگام طراحی سیستم لوله کشی تحت شرایط سیکلی شدید، دقت بیشتری صورت گیرد.

- استاندارد ASME B31.1

100.1 Scope

Rules for this Code Section have been developed considering the needs for applications that include piping typically found in electric power generating stations, in industrial and institutional plants, geothermal heating systems, and central and district heating and cooling systems.

شکل-۳۲: پاراگراف ASME B31.1-2018-100.1

*- پاراگراف 100.1 Scope : مقررات این بخش از کُد برای بکار بردن در لوله کشی نیروگاه های تولید الکتریسیته، کارخانه های صنعتی، موسسات و سیستم های گرمایشی زمین گرمایی و سیستم های سرمایشی و گرمایشی منطقه ای و مرکزی تهیه شده است.

127.5 Qualification

127.5.1 General. Qualification of the WPS to be used, and of the performance of welders and welding operators, is required, and shall comply with the requirements of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Section IX) except as modified herein.

شکل-۳۳: پاراگراف ASME B31.1-2018-127.5

*- پاراگراف 127.5 (Qualification) : ارزیابی کیفی

*- پاراگراف 127.5.1 (General) : کلیات

لازم است WPS های مورد استفاده، جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند و با الزامات ASME BPV Code-Section IX مطابقت داشته باشند، به استثناء مواردی که در اینجا اصلاح شده است.

با توجه به مطلب فوق با مراجعه به بخش مربوط به جوش این استاندارد مشخص می شود که استاندارد مرجع برای تهیه‌ی WPS, PQR & WQT استاندارد ASME Section IX می باشد.

متریال های معینی که در App. A لیست شده اند در P-No., Group No. های استاندارد Section IX وجود ندارند. جایی که این متریال ها در App. A با یک P-No. نامگذاری شده اند، آنها را می توان تحت این کُد فقط برای لوله کشی های بیرونی که به دیگ بخار مرتبط نیستند بدون PQR جداگانه چنانچه گویی در Section IX لیست شده اند، جوشکاری نمود.

*- پاراگراف 127.5.4 (WPSs) : دستورالعمل های استاندارد

کلیه WPS های چاپ شده توسط AWS و لیست شده در App. E از استاندارد ASME BPV Code-Sec. IX در محدوده های مشخص شده توسط Article V از استاندارد ASME Section IX برای استفاده توسط این کُد مجاز می باشند.

127.5.4 Standard Welding Procedure Specifications.
Standard Welding Procedure Specifications published by the American Welding Society and listed in ASME BPVC, Section IX, Mandatory Appendix E are permitted for Code construction within the limitations established by ASME BPVC, Section IX, Article V.

شکل-۳۴: پاراگراف ASME B31.1-2018-127.5.4

●- استاندارد IPS-PI-C-290

استاندارد ساخت برای جوشکاری سیستمهای لوله کشی در سایت.

***- پاراگراف (Qualification of Welding Procedure and Welder Performance and Test Records) 6. که در زیر آمده به صراحت قید شده که قبل از تهیه PQR & WPS و WPQ بر اساس استاندارد Section IX عملیات جوشکاری نباید انجام شود.

6. QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURE AND WELDER PERFORMANCE AND TEST RECORDS

No production welding shall be carried out before Welding Procedure Specification (WPS), and welder performance are qualified in accordance with requirements of ASME, Section IX.and this standard
IPS-C-PI-290

۶- صلاحیت روش جوشکاری و عملکرد جوشکار و ثبت آزمایشها

قبل از آنکه مشخصات روش جوشکاری (WPS)، و عملکرد جوشکار بر طبق الزامات استاندارد ASME , Section IX و این استاندارد تعیین صلاحیت نشده باشند هیچ جوشکاری تولیدی نباید انجام پذیرد.

شکل-۳۵: پاراگراف 6 از استاندارد IPS-C-PI-290

● استاندارد ASME B31.4

Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries -***

شکل-۳۶: اجرای خط لوله

***- استاندارد ASME B31.4 – استاندارد خطوط انتقال سیالات هیدروکربنی نفت

*- پاراگراف 434.8.3- ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران.

(a)- ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران در خطوط لوله باید مطابق با استاندارد API 1104 انجام شود. ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و جوشکاران در مورد فولادهای آلیاژی و بخشهایی از لوله کشی ها که در Shop انجام شده اند و جوشکاری در ایستگاهها و پایانه ها باید مطابق با استاندارد API 1104 یا استاندارد ASME Section IX انجام شود.

434.8.3 Welder and Welding Procedure Qualifications

(a) Welder and welding procedure qualifications for cross-country pipelines shall be performed in accordance with API 1104. Welder and welding procedure qualifications for alloy steel and for shop-fabricated piping assemblies, and welding at stations and terminals shall be performed in accordance with API 1104 or ASME BPVC, Section IX.

شکل-۳۷ : قوانین جوش خطوط انتقال، طبق پاراگراف ASME B31.4 – 2019-434.8.3

●- استاندارد ASME B31.8

استاندارد ASME B31.8 سیستم های لوله کشی انتقال و توزیع گاز

***- ASME B31.8- Gas Transmission and Distribution Piping Systems

823.2 Requirements for Qualifying Procedures and Welders on Piping Systems Operating at Hoop Stresses of 20% or More of the Specified Minimum Yield Strength

823.2.1 Qualifying Standards. Welding procedures and welders performing work for new construction and out-of-service pipelines shall be qualified under Section IX of the BPV Code or API 1104. For in-service welding, welding procedures and welders shall be qualified under Appendix B of API 1104. Procedures qualified under Appendix B are suitable for weld deposition repair, provided the procedure is appropriate for the remaining wall thickness to which it is being applied.

شکل-۳۸ : قوانین جوش خطوط انتقال، طبق ASME B31.8-2018

*- پاراگراف 823.2 – الزامات برای تأیید دستورالعمل جوشکاری و نیز تأیید صلاحیت جوشکاران بر روی سیستم های لوله کشی که در آنها تنش حلقوی 20% یا بیشتر از حداقل استحکام تسلیم تعیین شده، ایجاد می گردد.

*- پاراگراف 823.2.1 – **استانداردهای مجاز برای تأیید صلاحیت:** روشهای جوشکاری و فعالیتهای جوشکاران در خطوط لوله ای که خارج از سرویس هستند یا تازه ساخته شده اند باید طبق Section IX از BPV Code یا استاندارد API 1104 مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند. برای جوشکاری حین سرویس، تأیید دستورالعمل جوشکاری و نیز تأیید صلاحیت جوشکاران باید مطابق ضمیمه Appendix B از استاندارد API 1104 باشد. دستورالعملهایی که مطابق با ضمیمه‌ی Appendix B تأیید می شوند، برای تعمیر جوش رسوب داده شده مناسب می باشند، به شرطی که دستورالعمل مذکور برای ضخامت باقی مانده بکار رفته نیز مناسب باشد.

پاراگراف 823.2.2- **لوله کشی ایستگاه کمپرسور:** زمانیکه جوشکارانی که طبق API 1104 ارزیابی کیفی شده اند در جوشکاری لوله های ایستگاههای کمپرسورها بکار گرفته میشوند ارزیابی کیفی آنها باید بر اساس الزامات تستهای مخرب مکانیکی در استاندارد API 1104 انجام گیرد.

*- استاندارد حین سرویس برای سیستم های لوله کشی

●- API-570

**- استاندارد API-Code-570 برای سیستم های لوله کشی در سایت

1 Scope — Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems

1.1 General Application

1.1.1 Coverage

API 570 covers inspection, rating, repair, and alteration procedures for metallic and fiberglass-reinforced plastic (FRP) piping systems and their associated pressure relieving devices that have been placed in service.This inspection Code applies to all hydrocarbon and chemical process piping covered in 1.2.1 that have been placed in service unless specifically designated as optional per 1.2.2. This publication does not cover inspection of specialty equipment including instrumentation, exchanger tubes and control valves.

1.1.3 Limitations

API 570 shall not be used as a substitute for the original construction requirements governing a piping system before it is placed in-service; nor shall it be used in conflict with any prevailing regulatory requirements. If the requirements of this Code are more stringent than the regulatory requirements, then the requirements of this Code shall govern.

شکل-۳۹ : محدوده‌ی استاندارد API-570-2018

***- پاراگراف 1 (Scope) : دامنه‌ی کاری

*- پاراگراف 1.1 (General Application) : کاربردهای کلی

*- پاراگراف 1.1.1 (Coverage) : گستره‌ی پوشش

کُد API 570 دستورالعملهای بازرسی، دسته بندی (Rating) ، تعمیر و تعویض را برای سیستم های لوله کشی فلزی و لوله های فایبرگلاس تقویت شده با پلاستیک (FRP) و تمام تجهیزات مربوط به آزاد سازی فشار به همراه متعلقاتشان که در سرویس قرار گرفته اند را پوشش می دهد. این کُد بازرسی برای کلیه سیستم لوله کشی فرآیند شیمیایی و هیدروکربنات پوشش داده شده در پاراگراف 1.2.1 که در سرویس قرار گرفته اند، بکار می رود مگر اینکه مطابق با پاراگراف 1.2.2 بطور روشن بصورت اختیاری طراحی شده باشد. این کُد، بازرسی تخصصی تجهیزات شامل ابزار دقیق، تیوب های مبدل حرارتی و کنترل ولوها را پوشش نمی دهد.

*- پاراگراف 1.1.3 (Limitations) : محدودیتها

کُد API-570 نبایستی به عنوان جایگزینی برای الزامات اصلی ساخت حاکم بر یک سیستم لوله کشی قبل از آنکه در سرویس مستقر گردند، مورد استفاده قرار گیرد و در تضاد با هیچکدام از الزامات متداول تنظیم شده، نبایستی مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه الزامات این کُد نسبت به الزامات متداول دیگر سخت گیرانه تر باشد، بایستی الزامات این کُد حاکم باشد به عبارت دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

8.2 Welding and Hot Tapping

8.2.2 Procedures, Qualifications, and Records

The repair organization shall use welders and welding procedures qualified in accordance with ASME B31.3 or the code to which the piping was built. See API 577 for guidance on welding procedures and qualifications.

The repair organization shall maintain records of welding procedures and welder performance qualifications. These records shall be available to the inspector prior to the start of welding.

شکل-۴۰ : وضعیت WPS, PQR & WQT در استاندارد API-570-2018

*- پاراگراف 8.2 (Welding and Hot Tapping) : جوشکاری و انشعاب گیری در حین سیرویس

*- پاراگراف 8.2.2 (Procedures, Qualifications, and Records) : دستورالعمل ها، صلاحیت ها و مدارک

سازمان انجام دهنده‌ی تعمیر بایستی دستورالعمل های جوشکاری و نیز صلاحیت جوشکاران که مطابق با ASME B31.3 یا مطابق با کُد مورد استفاده در زمان ساخت سیستم لوله کشی تأیید شده اند را مورد استفاده قرار دهد. برای راهنمایی در مورد دستورالعمل های جوشکاری و نیز صلاحیت ها استاندارد API 577 را ببینید.

سازمان انجام دهنده‌ی تعمیر بایستی مدارک دستورالعمل های جوشکاری و مدارک مربوط به تأیید صلاحیت جوشکاران را نگهداری کند. این مدارک بایستی قبل از شروع جوشکاری برای بازرسی قابل دسترسی باشد.

نتیجه: پس چون در سیستم لوله کشی صنعتی هم در زمان ساخت (Construction) و هم در حین سرویس (In-Service) اساس کار طبق استاندارد ASME B31.3 می باشد، تهیه مدارکی مانند PQR, WPS و WQT نیز براساس استاندارد ASME Section IX خواهد بود.

●- استاندارد حین سرویس خطوط لوله انتقال API-1104-Annex B

B.1 General **Annex B** (normative) **In-service Welding**

This annex covers recommended welding practices for making repairs to or installing appurtenances on pipelines and piping systems that are in service. For the purposes of this annex, in-service pipelines and piping systems are defined as those that contain crude petroleum, petroleum products, or fuel gases that may be pressurized and/or flowing. In-service welds are defined as those that fuse directly into the wall of an in-service pipeline or piping system. This annex does not cover pipelines and piping systems that have been fully isolated and decommissioned or that have not been commissioned.

شکل-۴۱ : وضعیت تعمیرات جوشهای در سرویس در خطوط لوله بر اساس API-1104-Annex B-2018

*- پاراگراف B.1 (General) : کلیات

این ضمیمه شیوه های توصیه شده برای جوشکاری را برای انجام تعمیرات یا نصب وسایل روی خطوط لوله و سیستم های لوله کشی که در سرویس هستند ، پوشش می دهد. برای اهداف این ضمیمه ، خطوط لوله و سیستمهای لوله کشی در حین سرویس به عنوان مواردی تعریف شده اند که حاوی نفت خام ، فرآورده های نفتی یا گازهای سوختی هستند که ممکن است تحت فشار قرار بگیرند و / یا در جریان باشند. جوش هایی که در سرویس هستند به عنوان مواردی تعریف می شوند که مستقیماً به دیواره یک لوله کشی در حین سرویس یا سیستم لوله کشی وصل می شوند. این پیوست شامل خطوط لوله و سیستم های لوله کشی که کاملاً جدا شده و از بین رفته اند یا به بهره برداری نرسیده اند؛ نمی شود.

B.2 Qualification of In-service Welding Procedures

B.2.1 General

The procedure qualification requirements for fillet welds in Section 5 should be applied to in-service welds, except for the alternative/additional requirements specified in this annex.

شکل-۴۲ : وضعیت تعمیرات جوشهای در سرویس در خطوط لوله بر اساس API-1104-Annex B-2018

*- پاراگراف B.2 (Qualification of In-service Welding Procedures) : صلاحیت دستورالعمل جوشکاری حین سرویس

*- پاراگراف B.2.1 (General) : کلیات

الزامات صلاحیت دستورالعمل جوش های گوشه ای که در قسمت ۵ بیان شده است بایستی برای جوش های حین سرویس بکار برده شوند بجز برای الزامات جایگزینی/ اضافات که در این ضمیمه مشخص شده اند.

B.2.4 Welding of Test Joints

B.2.4.1 General

Pipeline operating conditions that affect the ability of the flowing contents to remove heat from the pipe wall should be simulated while test joints are being made.

NOTE Filling the test section with water and allowing water to flow through the test section while the test joint is being made has been shown to produce thermal conditions equivalent to or more severe than typical in-service welding applications (see Figure B.2). Procedures qualified under these conditions are therefore suitable for any typical in-service application. Other media (e.g. motor oil) may be used to simulate less severe thermal conditions.

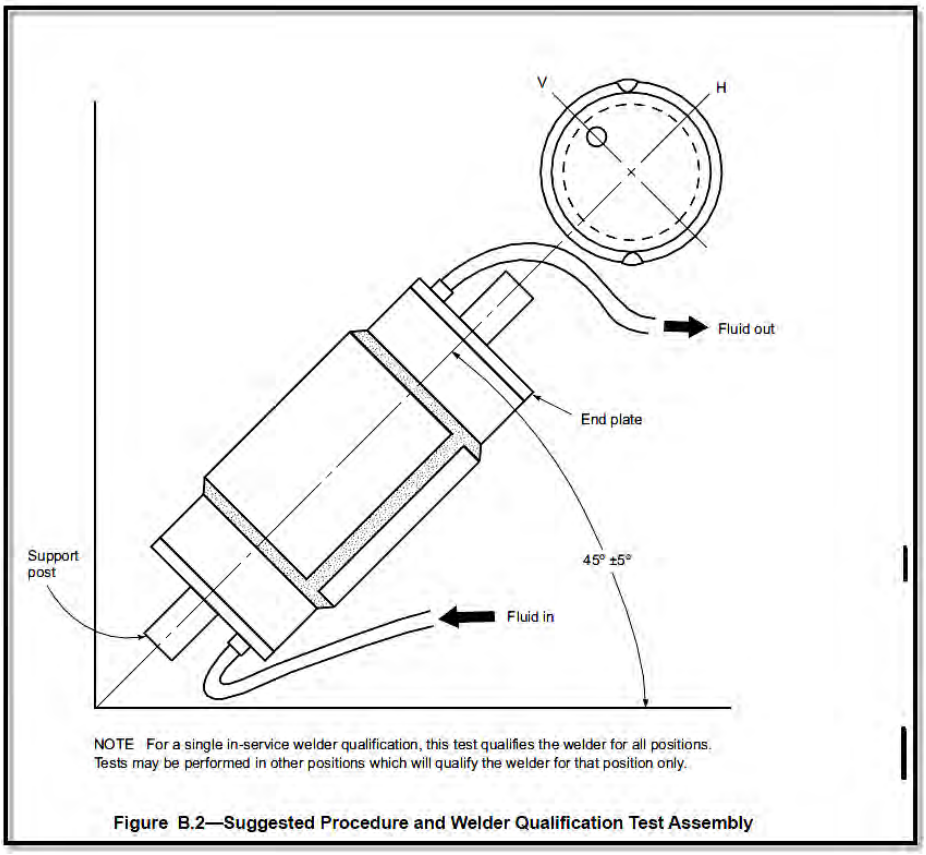
شکل-۴۳ : جوشکاری اتصالات تست براساس API-1104-Annex B-2018

*- پاراگراف B.2.4 (Welding of Test Joints) : جوشکاری اتصالات تست

*- پاراگراف B.2.4.1 (General) : کلیات

شرایط عملیاتی خطوط لوله ای که هنگام انتقال گرما از دیواره‌ی لوله بر روی قابلیت محتویات و حجم سیال اثر گذاشته بایستی هنگامی که اتصالات تست در حال طراحی و تهیه شدن می باشند شبیه سازی گردند.

یادداشت: هنگامی که اتصال تست در حال طراحی و انجام شدن می باشد، پر کردن قسمت تست با آب و اجازه دادن به آب برای جریان یافتن در سراسر قسمت تست برای ایجاد شرایط دمایی معادل یا شدیدتر از انواع کاربردهای جوشکاری درحین سرویس ثابت شده باشد. بنابراین دستورالعمل های تأیید شده تحت این شرایط برای همه‌ی انواع کاربردهای در سرویس مناسب می باشند. سیالات دیگر (برای نمونه؛ روغن موتور) ممکن است برای شرایط دمایی با شدت کمتر مورد استفاده قرار گیرند.



NOTE For a single in-service welder qualification, this test qualifies the welder for all positions. Tests may be performed in other positions which will qualify the welder for that position only.

Figure B.2—Suggested Procedure and Welder Qualification Test Assembly

شکل-۴۴ : دستورالعمل پیشنهادی شده و ساخت تست تأیید صلاحیت جوشکار API-1104-Annex B-2018

یادداشت شکل Figure B.2 : برای تأیید صلاحیت یک جوشکار جهت جوشکاری در حین سرویس، این تست جوشکار را برای همه وضعیت ها تأیید می نماید. آزمایش ها ممکن است در وضعیت های دیگری انجام شود که جوشکار صرفاً در آن وضعیت تأیید صلاحیت خواهد شد.

B.3 In-service Welder Qualification

B.3.1 General

For in-service welding, the welder should be qualified to apply the specific procedure being used according to the requirements of 6.2, except for the alternative/additional requirements specified in this annex.

شکل-۴۵ : شرایط احراز صلاحیت جوشکار برای جوشکاری در حین سرویس براساس API-1104-Annex B-2018

*- پاراگراف B.3 (In-service Welder Qualification) : تأیید صلاحیت جوشکار برای (شرایط) در حین سرویس

*- پاراگراف B.3.1 (General) : کلیات

برای جوشکاری در حین سرویس، جوشکار تأیید شده می بایست دستورالعمل مشخص شده را مطابق الزامات پاراگراف 6.2 بکار ببرد بجز برای الزامات جایگزینی/ اضافات که در این ضمیمه مشخص شده اند.

نتیجه: در خطوط لوله های انتقال گاز یا مایعات نفتی و مشتقات آن، وقتی تهیه PQR, WPS و WQT براساس استاندارد API-1104-Annex B می باشد، تعمیر و نگهداری این خطوط وقتی که در سرویس هستند نیز براساس همین استاندارد می باشد.

■- محدوده‌ی کاربردی استاندارد ASME Section IX

- مخازن (چه تحت فشار باشد چه ذخیره ای)
- دیگهای بخار (Boilers)
- مبدلهای حرارتی (Heat Exchangers)
- مبدلهای حرارتی خنک شونده با هوا (Air-Cooled Heat Exchangers)
- سیستمهای لوله کشی صنعتی در سایتها و پالایشگاهها (Piping)
- در بعضی از موقعیتهای خطوط لوله انتقال نفت و گاز مثل: ایستگاهها و پایانه ها (Pipeline)

■- مراجع دیگر تهیه‌ی WPS , PQR و WQT

*- استاندارد API-1104 برای:

***- خطوط لوله انتقال نفت گاز و سیالات هیدروکربنی (به اصطلاح خط لوله) در خشکی(Pipeline)

*- استاندارد AWS-D3.6 برای:

***- خطوط لوله انتقال نفت گاز و سیالات هیدروکربنی (به اصطلاح خط لوله) زیر آب (Pipeline)

*- استاندارد AWS-D1.1 و AWS-B2.1

***- کلیه‌ی سازه های فلزی (Structural Steels)

پس با توجه به این پنج استاندارد می توان مدارک فنی WPS, PQR و WQT را برای کار مورد نظر تهیه کرد.

فصل دوم

۲- تهیه‌ی دستورالعمل (WPS) در دو فرآیند جوشکاری SMAW & GTAW

قبل از شروع هر گونه عملیات جوشکاری، پیمانکار ملزم است یک WPS که بوسیله‌ی یک یا چند PQR پشتیبانی (Support) می شود تهیه‌ی و به سازمان بازرسی فنی کارفرما ارائه نماید. البته در بعضی مواقع که بعداً در مورد آن بحث

می شود، امکان استفاده از WPS های گذشته‌ی پیمانکار یا استفاده از WPS های پیمانکاران دیگر یا استفاده از WPS های استاندارد (AWS) وجود دارد البته با شرایط خاص مربوط به خودشان که بصورت مفصل در باره‌ی این موارد توضیح داده می شود.

*- معرفی استاندارد ASME Section IX-2019

حرف Q از کلمه‌ی Qualification گرفته شده است. حروف QG از کلمات Qualification General گرفته شده است. حروف QW از کلمات Qualification Welding گرفته شده است. حروف QB از کلمات Qualification Brazing گرفته شده است. حروف QF از کلمات Qualification Plastic Fusing گرفته شده است.

استاندارد ASME Section IX-2019 از چهار بخش (Part) تشکیل شده است: بخش QG که الزامات کلی مربوط به WPS & PQR درآن قید شده است، بخش QW برای جوشکاری، بخش QB برای لحیم کاری و بخش QF برای جوشکاری لوله های پلاستیکی پلی اتیلن.

استاندارد ASME Section IX-2019 دارای دو دسته ضمیمه می باشد که یک دسته دارای قوانین الزامی و تحت عنوان Mandatory Appendix و دسته‌ی دیگر قوانین غیر الزامی و تحت عنوان Nonmandatory Appendix هستند.

بخش جوشکاری به پنج فصل (Article) تقسیم شده است.

بخش QW الزامات کلی جوشکاری فصل اول: Article I-Welding General Requirements

در بخش QW، فصل اول (Article I) موارد زیر را می توان بررسی کرد:

Part QW	**Welding**
Article I	**Welding General Requirements**
QW-100	Scope
QW-110	Weld Orientation
QW-120	Test Positions for Groove Welds
QW-130	Test Positions for Fillet Welds
QW-140	Types and Purposes of Tests and Examinations
QW-150	Tension Tests
QW-160	Guided-Bend Tests
QW-170	Toughness Tests
QW-180	Fillet-Weld Tests
QW-190	Other Tests and Examinations

فصل دوم: Article II-Welding Procedure Qualifications ارزیابی کیفی روشها،

در بخش QW، فصل دوم (Article II) موارد زیر را می توان بررسی کرد:

Article II	**Welding Procedure Qualifications**
QW-200	General
QW-210	Preparation of Test Coupon
QW-220	Hybrid Welding Procedure Variables
QW-250	Welding Variables
QW-290	Temper Bead Welding

فصل سوم: Article III-Welding Performance Qualifications ارزیابی کیفی جوشکاران

در بخش QW، فصل سوم (Article III) موارد زیر را می توان بررسی کرد:

Article III	**Welding Performance Qualifications**
QW-300	General
QW-310	Qualification Test Coupons
QW-320	Retests and Renewal of Qualification
QW-350	Welding Variables for Welders
QW-360	Welding Variables for Welding Operators
QW-380	Special Processes

فصل چهارم: Article VI- Welding Data داده ها، پاراگراف ها، شکل ها، جدول ها

در بخش QW، فصل چهارم (Article VI) موارد زیر را می توان بررسی کرد:

Article IV	**Welding Data**
QW-400	Variables
QW-410	Technique
QW-420	Base Metal Groupings
QW-430	F-Numbers
QW-440	Weld Metal Chemical Composition
QW-450	Specimens
QW-460	Graphics
QW-470	Etching — Processes and Reagents

فصل پنجم: Article V-Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs) (WPS) های استاندارد.

در بخش QW، فصل پنجم (Article V) موارد زیر را می توان بررسی کرد:

Article V	**Standard Welding Procedure Specifications (SWPSs)**
QW-500	General
QW-510	Adoption of SWPSs
QW-520	Use of SWPSs Without Discrete Demonstration
QW-530	Forms
QW-540	Production Use of SWPSs

ضمیمه های استاندارد ASME Section IX-2019 :

ضمیمه هایی که دارای قوانین الزامی و تحت عنوان Mandatory Appendix هستند عبارتند از:

Mandatory Appendix E	**Permitted SWPSs**
Mandatory Appendix F	**Standard Units for Use in Equations**
Mandatory Appendix J	**Guideline for Requesting P-Number Assignments for Base Metals not Listed in Table QW/QB-422**
J-100	Introduction
J-200	Request Format
J-300	Submittals

ضمیمه های اجباری Mandatory Appendixes-E, F & J :

Appendix-E : مربوط به مجاز دانستن استفاده از SWPSs های استاندارد AWS

Appendix-F : مربوط به واحدهای استاندارد مورد استفاده در معادلات.

Appendix-J: مربوط به

ضمیمه هایی که دارای قوانین غیر الزامی و تحت عنوان Nonmandatory Appendix هستند عبارتند از:

Nonmandatory Appendix B	**Welding and Brazing Forms**
B-100	Forms
Nonmandatory Appendix D	**P-Number Listing**
Nonmandatory Appendix G	**Guidance for the Use of U.S. Customary and SI Units in the ASME Boiler and Pressure Vessel Code**
G-100	Use of Units in Equations
G-200	Guidelines Used to Develop SI Equivalents
G-300	Soft Conversion Factors
Nonmandatory Appendix H	**Waveform Controlled Welding**
H-100	Background
H-200	Waveform Controlled Welding and Heat Input Determination
H-300	New Procedures Qualifications
H-400	Existing Qualified Procedures
H-500	Performance Qualifications

Nonmandatory Appendix K	**Guidance on Invoking Section IX Requirements in Other Codes, Standards, Specifications, and Contract Documents** .....
K-100	Background and Purpose .....
K-200	Scope of Section IX and What Referencing Documents Must Address .....
K-300	Recommended Wording — General .....
Nonmandatory Appendix L	**Welders and Welding Operators Qualified Under ISO 9606-1:2012 and ISO 14732-2013** .....
L-100	Introduction .....
L-200	Administrative Requirements .....
L-300	Technical Requirements .....
L-400	Testing Requirements .....

ضمیمه های غیر اجباری Nonmandatory Appendixes-B, D, G, H, K & L :

Appendix-B : مربوط به فرمتهای WPS, PQR & WQT پیشنهادی برای جوشکاری و لحیم کاری

Appendix-D : لیست متریال بر اساس شماره های .P-No

Appendix-G : راهنمای استفاده از واحد سیستم اینچی و سیستم میلیمتری مورد استفاده در استاندارد Boiler Pressure Vessel Code

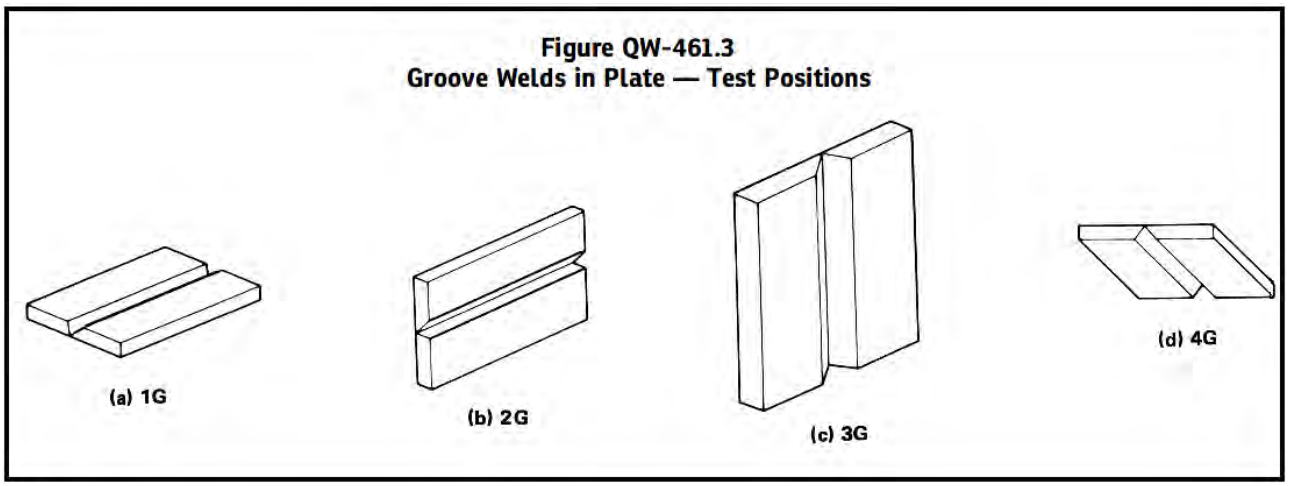
Appendix-H : جوشکاری کنترل شده‌ی موجی شکل.

Appendix-K: راهنمای استفاده از بخش IX در سایر کدها ، استاندارد ها ، مشخصات و اسناد قرارداد

Appendix-L: جوشکار و اپراتورهای جوشکاری واجد شرایط تحت ISO 9606-1: 2012 و.ISO 14732-2013

شماره گذاری پاراگرافها در هر قسمت به این صورت است که عدد اول شماره‌ی پاراگراف در اصل شماره‌ی فصل مربوطه است بطور نمونه: QW-101 در فصل اول، QW-302 در فصل سوم و QW-510 در فصل پنجم قرار دارند.

شکلها و فرمها در کُد ، بطور کلی توسط سیستم شماره گذاری متفاوتی شناسایی نشده اند ولی در عوض توسط همان شماره‌ی QW شماره گذاری شده اند که دنباله‌ی سیستم شماره گذاری پارگرافها می باشد و به آسانی می توان به آنها مراجعه کرد برای نمونه: Figure QW-461.3 که مربوط به Groove Welds in Plate - Test Positions می باشد.



شکل-۴۶ : وضعیت قرار گرفتن جوش در جوشهای ورق (Plate)

بطور کلی همه‌ی مطالب بخش جوشکاری بصورت تسلسل با مشخصه‌ی QW شماره گذاری شده اند.

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX - Welding Qualification

Scope

The scope of Section IX specifies the requirements for the qualification of welders, brazers, and the welding and brazing pr ocedure specifications employed when welding or brazing in accordance with the ASME Boiler and Pressure Code, and the ASME B31 Code for Pressure Piping.

A Code user may be directed to use Section IX by any of the construction codes of ASME, such as Sections I, III, IV, VIII, XI, and by the ASME B31 Pressure Piping codes, such as B31.1 or B31.3. Section IX may also be referenced by the API Petrochemical and Refinery codes such as API 510, API 570, and API 653. Or it may simply be required by purchase order.

Qualification of welders and the welding procedure specifications they use in code construction involves many factors that are difficult to outline in a code or standard. The CASTI Guidebook to ASME Section IX - *Welding Qualifications,* is a guide to the requirements of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX - Welding and Brazing Qualifications.

Source: Codes and Standards Training Institute (CASTI)- April 30-May 3, 2013

شکل-۴۷ : محدوده‌ی استاندارد ASME Section IX

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX صلاحیت جوشکاری

دامنه‌ی کاربرد ASME Section IX

Sec. IX از استاندارد ASME Boiler Pressure Vessel Code مربوط به ارزیابی کیفی جوشکاران، لحیم کاران و ارزیابی کیفی روشهای بکار رفته در جوشکاری و لحیم کاری مطابق با ASME Boiler Pressure Vessel Code و ASME B31 Code برای Pressure Piping می باشد.

ممکن است یک کاربر کد برای استفاده از بخش IX توسط هر یک از کدهای ساخت ASME مانند بخش های I ، III، IV، VIII، XI و توسط کدهای لوله کشی فشار ASME B31 مانند B31.1 یا B31.3 استفاده کند. . بخش IX همچنین ممکن است توسط کدهای پتروشیمی و پالایشگاه های API مانند API 510 ، API 570 و API 653 ارجاع شود. یا ممکن است به سادگی با سفارش خرید مورد نیاز باشد.

صلاحیت جوشکارها و مشخصات روش جوشکاری که در کد ساخت از آنها استفاده می شود عوامل بسیاری را شامل می شود که توصیف آنها در یک کد یا استاندارد دشوار است. کتاب راهنمای CASTI برای ASME بخش - IX صلاحیت های جوشکاری ، راهنمایی است برای الزامات استاندارد دیگ بخار و مخازن تحت فشار ASME بخش – IX ارزیابی کیفی جوش و لحیم کاری است.

CASTI
Codes and Standards Training Institute

*- تهیه‌ی دستورالعمل WPS برای روش جوشکاری SMAW

امروزه مهمترین روش جوشکاری که در صنایع و پروژه های صنعتی بطور گسترده کاربرد دارد روش جوش دستی است که به روش جوشکاری SMAW معروف می باشد.

تعریف WPS مطابق استاندارد ASME Section IX:

QW-200 GENERAL

QW-200.1 Each organization shall prepare written Welding Procedure Specifications that are defined as follows:

(a) Welding Procedure Specification (WPS). A WPS is a written qualified welding procedure prepared to provide direction for making production welds to Code requirements. The WPS or other documents may be used to provide direction to the welder or welding operator to assure compliance with the Code requirements.

(b) Contents of the WPS. The completed WPS shall describe all of the essential, nonessential, and, when required, supplementary essential variables for each welding process used in the WPS. These variables are listed for each process in QW-250 and are defined in Article IV, Welding Data.

The WPS shall reference the supporting Procedure Qualification Record(s) (PQR) described in QW-200.2. The organization may include any other information in the WPS that may be helpful in making a Code weldment.

(c) Changes to the WPS. Changes may be made in the nonessential variables of a WPS to suit production requirements without requalification provided such changes are documented with respect to the essential, nonessential, and, when required, supplementary essential variables for each process. This may be by amendment to the WPS or by use of a new WPS.

Changes in essential or supplementary essential (when required) variables require requalification of the WPS (new or additional PQRs to support the change in essential or supplementary essential variables).

(d) Format of the WPS. The information required to be in the WPS may be in any format, written or tabular, to fit the needs of each organization, as long as every essential, nonessential, and, when required, supplementary essential variables outlined in QW-250 is included or referenced.

شکل-۴۸ : وضعیت WPS در استاندارد ASME Section IX-2019

***- پاراگراف QW-200 (General) : کلیات

*- پاراگراف QW-200.1 : هر سازمان یا تشکیلات (سازنده یا پیمانکار) باید مشخصات روشهای جوشکاری را که به شرح زیر تعریف شده اند بصورت مکتوب فراهم نماید:

(a) – [*Welding Procedure Specification (WPS)*] مشخصات روش جوشکاری WPS:

یک WPS روش جوشکاری مکتوب تایید شده ای است که دستورالعمل هایی را برای تولید جوشهایی که مطابق با الزامات کُد می باشد فراهم می کند، WPS یا سایر مدارک ممکن است به عنوان دستورالعملی برای جوشکار یا اپراتور جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد تا از انطباق عملیات با الزامات کُد اطمینان حاصل شود.

(b) – (*Contents of the WPS*) محتویات مشخصات روش جوشکاری WPS:

یک WPS کامل باید تمام متغیرهای اساسی (Essential Variables) و غیر اساسی (Nonessential) و در صورت لزوم متغیرهای اساسی تکمیلی (Supplementary Essential) را برای هر فرآیند جوشکاری بکار رفته در WPS شرح دهد. این متغیرها برای هر فرآیندی در QW-250 لیست شده اند و در فصل چهارم (Article IV) یعنی اطلاعات جوشکاری تعریف شده اند. یک WPS باید به گزارشات ارزیابی کیفی روش جوشکاری PQR که WPS را پشتیبانی می کند و در پاراگراف QW-200.2 شرح داده شده اشاره نماید. سازمان یا تشکیلات (سازنده یا پیمانکار) می تواند هر اطلاعات دیگری مطابق کُد را که می تواند به ساخت قطعات جوشکاری شده کمک نماید در WPS درج نماید.

(c) – (*Changes to the WPS*) تغییرات در مشخصات روش جوشکاری WPS:

تغییراتی ممکن است در متغیرهای غیر اساسی یک WPS داده شود تا بدون تجدید ارزیابی کیفی (تهیه‌ی PQR مجدد) الزامات ساخت را برآورده نماید مشروط بر آنکه چنین تغییراتی با توجه به متغیرهای اساسی و غیر اساسی در صورت لزوم متغیرهای اساسی تکمیلی برای هر فرآیندی در مدارک منعکس گردد. این کار می تواند با اصلاح و یا بکار بردن WPS

جدید انجام شود. تغییرات در متغیرهای اساسی یا متغیرهای اساسی تکمیلی (زمانیکه لازم باشد) موجب می شود که ارزیابی کیفی مجدد در PQR, WPS جدید صورت گیرد.

(d) – (*Formatof the WPS*) فرمت مشخصات روش جوشکاری WPS:

اطلاعاتی که باید در WPS درج شوند می توانند بصورت نوشته یا جدول باشند تا نیازهای هر سازنده یا پیمانکار را بر آورده نمایند. متغیرهای اساسی و غیر اساسی و در صورت لزوم متغیرهای اساسی تکمیلی در QW-250 تا QW-280 ذکر شده اند. فرم QW-482 (نگاه کنید به ضمیمه‌ی غیر اجباری B) به عنوان یک راهنما برای WPS تهیه شده است. این فرم شامل اطلاعات لازم برای فرآیندهای SMAW, SAW, GMAW & GTAW می باشد. این فرم تنها به مثابه‌ی یک راهنما می باشد و شامل همه‌ی اطلاعات برای سایر فرآیندها نمی باشد. این فرم همچنین شامل پاره ای از متغیرهاست که در مورد همه‌ی فرآیندها بکار برده نمی شود (بطور مثال اطلاعات در مورد گاز محافظ که برای فرآیند SAW لازم نمی باشد). این فرم راهنما به آسانی در مورد روشهایی که شامل چند فرآیند جوشکاری می شوند (برای مثال برای پاس ریشه‌ی جوش فرآیندGTAW و برای پاس پر کنی فرآیندSMAW) انطباق ندارد.

*- مطالب سر برگ هر WPS

ابتدا در سر برگ هر WPS مشخصات اولیه‌ی مورد کاربرد در آن نوشته می شود که این مطالب برای همه‌ی WPS ها یکسان و ثابت نمی باشند بلکه این مطالب بنا به شرایط کاری می تواند تغییراتی داشته باشد. در ابتدا به سر برگ فرم پیشنهادی استاندارد ASME Section IX که در QW-482 آمده است نگاه می کنیم سپس فرمت های دیگر را نیز مرور خواهیم کرد.

FORM QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Organization Name _____ By _____

Welding Procedure Specification No. _____ Date _____ Supporting PQR No.(s) _____

Revision No. _____ Date _____

Welding Process(es) _____ Type(s) _____
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)

شکل-۴۹ : مشخصات اولیه در سر برگ WPS پیشنهادی در استاندارد ASME Section IX-2019

اگر به مشخصات اولیه در سر برگ WPS پیشنهادی در استاندارد ASME Section IX-2019 نگاه کنیم مطالب زیر دیده می شود:

- نام سازمان Organization Name
- شماره‌ی مشخصات روش جوشکاری (Welding Procedure Specification No.)
- تاریخ تنظیم WPS
- شماره یا شماره های ارزیابی کیفی جوشکاری [Supporting PQR No.(s)] پشتیبانی کننده از این WPS
- شماره‌ی تجدید نظر (Revision No.)
- تاریخ تجدید نظر
- فرآیند یا فرآیندهای جوشکاری Welding Processes مورد استفاده در این WPS
- چگونگی اجرای فرآیند انتخاب شده در WPS که برای این منظور چندین روش اجرایی مشخص شده همچون دستی Manual ، ماشینی Machine ، اتوماتیک Automatic ، نیمه اتوماتیک Semi-Automatic

***- نوع دیگری از سر برگ فرمت WPS

Welding Procedure Specification (W P S)		
WPS No	P1-1B#-1	Class Designation : DBE##,EBE##
Supporting PQR No.		
Welding Process (es)	GTAW + SMAW	Rev. No.
Impact Requirement	YES.	Date
Type (s)	Manual	

شکل-۵۰ : نمونه‌ی دیگری از مشخصات اولیه در سر برگ یک WPS

در این سر برگ دو موضوع بیشتر از نمونه‌ی استاندارد ذکر شده است.

۱- الزامات تست ضربه (Impact)

۲- معرفی دسته بندی های سیستم لوله کشی که این دستورالعمل برای آنها تنظیم شده.

*- انتخاب روش جوشکاری

***- انتخاب روش جوشکاری به بعضی از پارامترها بستگی دارد که از آن جمله می توان به:

- صرفه جویی اقتصادی.
- اندازه‌ی ابعادی قطعه‌ی کار (مخزن، خط لوله، سازه های فلزی و غیره ...).
- کیفیت مورد نظر در انجام کار (بطور نمونه، معمولاً برای پاس ریشه از روش Tig استفاده می شود).
- جنس متریال (کربن استیل، استنلس استیل، تیتانیوم، زیرکونیوم و غیره ...).
- ضخامت متریال (روش جوشی که برای ضخامتهای بالا بکار می رود با ضخامت کم متفاوت است).
- امکانات و تجهیزات.

و عوامل دیگری که ممکن است در انتخاب روش جوشکاری تاثیر گذار باشند.

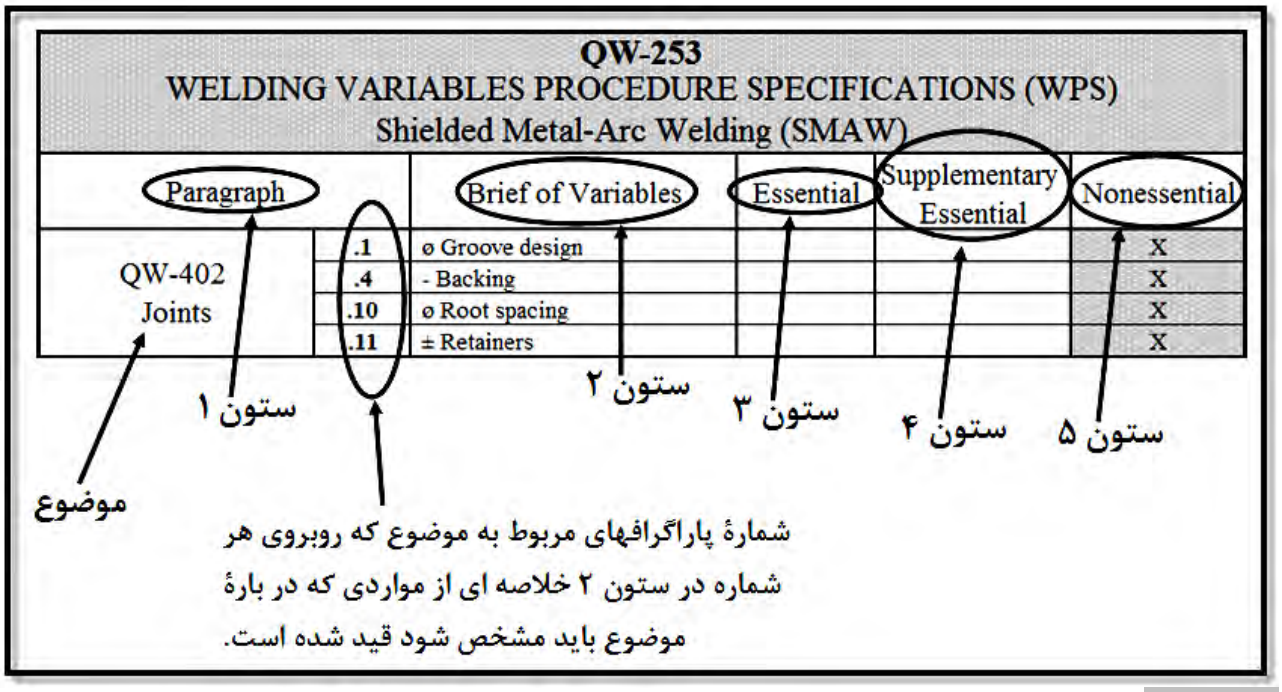
*- پارامترهای مؤثر در WPS هر فرآیند جوش

در استاندارد ASME Section IX از QW-250 تا QW-280 جدولهایی وجود دارند که این جدولها شامل اطلاعاتی می باشند که باید وضعیت آنها را برای هر فرآیند جوش در WPS مشخص نمود. هر جدول برای یک فرآیند در نظر گرفته شده است که در سر برگ همان جدول مشخصه‌ی آن فرآیند قید شده است، در زیر مشخصه‌ی بعضی از این فرآیندها که در سر برگ هر فرآیند قید شده، ذکر میگردد:

WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS WPS
QW-253: **S**hielded **M**etal-**A**rc **W**elding - **SMAW**
QW-254: **S**ubmerged-**A**rc **W**elding - **SAW**
QW-255: **G**as **M**etal-**A**rc **W**elding - **GMAW** and **F**lux-**C**ored **A**rc **W**elding - **FCAW**
QW-256: **G**as **T**ungsten-**A**rc **W**elding - **GTAW**
QW-257: **P**lasma-**A**rc **W**elding – **PAW**
QW-258: **E**lectro**S**lag **W**elding - **ESW**
QW-259: **E**lectro**G**ag **W**elding - **EGW**
QW-260: **E**lectron **B**eam **W**elding - **EBW**
QW-261: **S**tud **W**elding
QW-262: **I**nertia and **C**ontinuous **D**rive **F**riction **W**elding
QW-263: **R**esistance **W**elding
QW-264: **L**aser **B**eam **W**elding – **LBW**
QW-265: **F**lash **W**elding
QW-266: **D**iffusion **W**elding – **DFW**
QW-267: **F**riction **S**tir **W**elding - **FSW**

هر جدول دارای پنج ستون است که این ستونها به ترتیب از چپ به راست مشخص کننده‌ی مطالب زیر می باشند:

جدول-۱ : وضعیت جدول مربوط به WPS در استاندارد ASME Section IX-2019



ستون اول: این ستون به دو قسمت تقسیم شده است که یک قسمت آن مربوط به یک موضوع کلی است که باید وضعیت آن در WPS مشخص شود و قسمت دوم این ستون مربوط به شماره‌ی جزئیات پاراگرافهای یک موضوع کلی است که باید وضعیت آنها در WPS مشخص گردد.

ستون دوم: این ستون در واقع ادامه‌ی ستون اول است به این معنی که خلاصه ای از پاراگرافهای موضوع مورد نظر در ستون اول را مشخص می کند و در واقع موضوع تغییر، اضافه یا حذف را در یک متغیر مشخص می نماید.

ستون سوم: این ستون به متغیرات اساسی Essential Variables یعنی متغیراتی که تغییر آنها نیاز به PQR جدید دارد تعلق دارد.

ستون چهارم: این ستون به متغیرات تکمیلی اساسی(Supplementary Essential Variables) تعلق دارد. تغییر در متغیرات تکمیلی اساسی زمانی نیاز به PQR جدید دارند که PQR نیاز به تست ضربه داشته باشد.

ستون پنجم: این ستون به متغیرات غیر اساسی (Nonessential Variables) تعلق دارد، یعنی متغیراتی که تغییر آنها نیاز به PQR جدید ندارد.

■- متغیرات

- لیست متغیرات دستورالعمل های جوشکاری به شرح زیر هستند:

QG-105 VARIABLES
QG-105.1 Essential Variables (Procedure).
QG-105.2 Essential Variables (Performance).
QG-105.3 Supplementary Essential Variables.
QG-105.4 Nonessential Variables.
QG-105.5 Special Process Variables.
QG-105.6 Applicability.

*- متغیر اساسی (Essential Variable)

QG-105 VARIABLES

QG-105.1 Essential Variables (Procedure). Essential variables are conditions in which a change, as described in the specific variables, is considered to affect the mechanical properties (other than toughness) of the joint. Before using a procedure specification whose essential variables have been revised and fall outside their qualified range, the procedure specification must be requalified. Procedure qualification records may be changed when a procedure qualification test supporting the change has been completed, or when an editorial revision is necessary to correct an error, as permitted by the rules of the Part applicable to the material-joining process.

شکل-۵۱ : تعریف متغیرات اساسی مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QG-105.1 [Essential Variables (Procedure)] : متغیرات اساسی در دستورالعمل

ترجمه: متغیرات اساسی شرایطی هستند که تغییر در آنها بر روی خواص مکانیکی اتصال (بجزء چقرمگی) تأثیر گذار می باشند. قبل از استفاده از مشخصات دستورالعملی که متغیرات اساسی آن بازبینی شده باشد و از محدوده‌ی تأیید شده، خارج شده باشند، بایستی صلاحیت مشخصات دستورالعمل مذکور مجدداً تأیید گردد. وقتی صلاحیت دستورالعمل (PQR) پشتیبانی کننده بطور کامل تغییر کرده باشد، یا وقتی اصلاح یا بازبینی اضافی برای تصحیح یک اشتباه ضروری باشد ممکن است وقتی بوسیله‌ی قوانین بخش کاربردی برای فرآیند اتصال دادن متریال مجاز دانسته شده باشد، PQR تغییر کند.

*- متغیر اساسی تکمیلی (Supplementary Essential Variable)

QG-105.3 Supplementary Essential Variables. Supplementary essential variables are conditions in which a change will affect the toughness properties of the joint, heat-affected zone, or base material. Supplementary essential variables become additional essential variables in situations where procedure qualifications require toughness testing. When procedure qualification does not require the addition of toughness testing, supplementary essential variables are not applicable. See QW-401.1.

شکل-۵۲ : شرایط متغیرهای اساسی تکمیلی مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QG-105.3 (Supplementary Essential Variables) : متغیرات اساسی تکمیلی

ترجمه : متغیرات اساسی تکمیلی شرایطی هستند که تغییر در آنها بر روی خواص چقرمگی (Toughness) اتصال، منطقه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) یا فلز پایه تأثیر گذار می باشد. متغیرات اساسی تکمیلی در شرایطی متغیرات اساسی اضافه می شوند که PQR به آزمایش چقرمگی (Toughness) نیاز داشته باشد. وقتی PQR به اضافه شدن تست چقرمگی (Toughness) نیازی نداشته باشد متغیرات اساسی تکمیلی کاربردی ندارد پاراگراف QW-401.1 را ببینید.

*- پاراگراف QW-401.1 [Supplementary Essential Variables(Procedure)] : متغیرهای اساسی تکمیلی در دستورالعمل: متغیرهای اساسی تکمیلی برای هر دستورالعملی اضافه بر متغیرهای اساس هستند.

وقتی یک روش جوشکاری قبلاً برای برآورده نمودن تمام الزامات به غیر از چقرمگی (Toughness) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشد، یک تست کوپن اضافی با همان روش جوشکاری و با همان متغیرهای اساسی ولی با اضافه کردن تمام متغیرهای اساسی تکمیلی مورد نیاز و با طول کافی باید تهیه شود تا نمونه های تست چقرمگی مورد نیاز فراهم شوند.

وقتی یک روش جوشکاری قبلاً برای برآورده نمودن تمام الزامات ازجمله چقرمگی (Toughness) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشد ولی یک یا چند متغیر اساسی تکمیلی تغییر کند، صرفاً یک تست کوپن اضافی با همان روش جوشکاری و با همان متغیرهای اساسی ولی با اضافه کردن تمام متغیرهای اساسی تکمیلی مورد نیاز و با طول کافی باید تهیه شود تا نمونه های تست چقرمگی مورد نیاز را فراهم نماید. چنانچه یک روش جوشکاری قبلاً برای تست چقرمگی (Toughness) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشد در صورت ضرورت بایستی برای تست چقرمگی فقط نمونه هایی از ناحیه‌ی متأثر از جوش (HAZ) تهیه شوند.

QW-401.1 Supplementary Essential Variable (Procedure). Supplementary essential variables are in addition to the essential variables for each welding process.

When a procedure has been previously qualified to satisfy all requirements other than toughness, it is then necessary only to prepare an additional test coupon using the same procedure with the same essential variables, but additionally with all of the required supplementary essential variables, with the coupon long enough to provide the necessary toughness specimens.

When a procedure has been previously qualified to satisfy all requirements including toughness, but one or more supplementary essential variable is changed, then it is only necessary to prepare an additional test coupon using the same welding procedure and the new supplementary essential variable(s), with the coupon long enough to provide the necessary toughness specimens. If a previously qualified weld procedure has satisfactory toughness values in the weld metal, then it is necessary only to test toughness specimens from the heat-affected zone when such are required.

When essential variables are qualified by one or more PQRs and supplementary essential variables are qualified by other PQRs, the ranges of essential variables established by the former PQRs are only affected by the latter to the extent specified in the applicable supplementary essential variable (e.g., essential variable QW-403.8 governs the minimum and maximum thickness of base metal qualified. When supplementary essential variable QW-403.6 applies, it modifies only the minimum thickness qualified, not the maximum).

شکل-۵۳ : نقش متغیر اساسی تکمیلی در دستورالعمل مطابق ASME Section IX-2019

وقتی متغیرهای اساسی بوسیله‌ی یک یا چند PQR ارزیابی کیفی شده باشند و متغیرهای اساسی تکمیلی نیز بوسیله سایر PQR ها ارزیابی کیفی شده باشند محدوده‌ی متغیرهای اساسی تعیین شده بوسیله‌ی PQR های قبلی تنها در محدوده ای که بوسیله‌ی PQR مربوط به متغیرهای اساسی تکمیلی مشخص شده است، نافذ میباشد. (بطور مثال متغیرهای اساسی QW-403.8 مربوط به حداقل و حداکثر ضخامت فلز مبنا میباشد. وقتی که متغیرهای اساسی تکمیلی QW-403.6 بکار برده می شود تنها حداقل ضخامت، طبق PQR تایید شده اصلاح می گردد نه حداکثر ضخامت.)

*- متغیر غیر اساسی (Nonessential Variable):

QG-105.4 Nonessential Variables. Nonessential variables are conditions in which a change, as described in the specific variables, is not considered to affect the mechanical properties of the joint. These variables shall be addressed in the procedure specification, as required by QG-101.

A procedure specification may be editorially revised to change a nonessential variable to fall outside of its previously listed range, but does not require requalification of the procedure specification.

شکل-۵۴ : تعریف متغیر غیر اساسی مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QG-105.4 (Nonessential Variables) : متغیرات غیر اساسی

ترجمه : متغیرات غیر اساسی شرایطی هستند که تغییر در آنها بر روی خواص مکانیکی اتصال هیچگونه تأثیری ایجاد نخواهد نمود. چنانچه بوسیله QG-101 لازم دانسته شود، متغیرات غیر اساسی بایستی در گزارش صلاحیت دستورالعمل (PQR) ذکر شوند. ممکن است مشخصات دستورالعمل به علت تغییر یک متغیر غیر اساسی که از محدوده‌ی لیست شده قبلی خود خارج شده است بازبینی صورت گیرد اما نیازی به تأیید مجدد مشخصات دستورالعمل نمی باشد.

***- پاراگراف QG-101 (PROCEDURE SPECIFICATION) : مشخصات دستورالعمل

ترجمه : مشخصات دستورالعمل یک مدرک مکتوب می باشد که برای راهنمایی و هدایت شخصی که فرآیند اتصال متریال را انجام می دهد، بکار برده می شود. جزئیات مربوط به آماده سازی و تأیید صلاحیت مشخصات دستورالعمل ها برای جوشکاری (WPS) ، برای لحیم کاری (BPS) و برای ذوب کردن (FPS) به ترتیب در بخش های مربوط به آنها ذکر شده است. مشخصات دستورالعمل های مورد استفاده توسط سازمانی (پاراگراف QG-109.2 را ببینید.) که برای کنترل عملیاتی فرآیندهای اتصال متریال مسئولیت داشته بایستی توسط همان سازمان که تأیید صلاحیت گردند یا بایستی یک WPS

QG-101 PROCEDURE SPECIFICATION

A procedure specification is a written document providing direction to the person applying the material joining process. Details for the preparation and qualification of procedure specifications for welding (WPS), brazing (BPS), and fusing (FPS) are given in the respective Parts addressing those processes. Procedure specifications used by an *organization* (see QG-109.2) having responsibility for operational control of material joining processes shall have been qualified by that organization, or shall be a standard procedure specification acceptable under the rules of the applicable Part for the joining process to be used.

Procedure specifications address the conditions (including ranges, if any) under which the material joining process must be performed. These conditions are referred to in this Section as "variables." When a procedure specification is prepared by the organization, it shall address, as a minimum, the specific essential and nonessential variables that are applicable to the material joining process to be used in production. When the referencing Code, standard, or specification requires toughness qualification of the material joining procedure, the applicable supplementary essential variables shall also be addressed in the procedure specification.

شکل-۵۵ : مشخصات دستورالعمل مطابق ASME Section IX-2019

استاندارد قابل قبول تحت شرایط بخش قابل کاربرد مربوط به فرآیند اتصال دهی مورد استفاده قرار گیرد. مشخصات دستورالعمل (WPS) شرایطی (شامل محدوده ها اگر وجود داشته باشد) که بایستی برای فرآیند اتصال دهی متریال انجام گردد نشان می دهد. این شرایط در این قسمت به عنوان متغیرات معرفی شده اند. وقتی یک مشخصه‌ی دستورالعملی (WPS) توسط سازمانی تهیه می شود، متغیرات اساسی و متغیرات غیر اساسی مشخص که در تولید (ساخت) برای فرآیند اتصال دهی متریال مورد استفاده قرار می گیرند بایستی به عنوان حداقل نشان داده شوند. وقتی با مراجعه نمودن به کُد، استاندارد یا مشخصات فنی مشخص گردد برای تأیید صلاحیت دستورالعمل اتصال دهی به خواص چقرمگی نیاز می باشد بایستی متغیرات اساسی تکمیلی نیز در مشخصه‌ی دستورالعمل ذکر شوند.

❋- متغیرات فرآیند خاص (Special Process Variables):

QG-105.5 Special Process Variables. Special process variables are conditions that apply only to special processes that are described in the Part that addresses those processes. When these special processes are used, only the applicable special process variables shall apply.

شکل-۵۶ : تعریف متغیرهای فرآیند خاص مطابق ASME Section IX-2019

❋- پاراگراف QG-105.5 (Special Process Variables) : متغیرات فرآیند خاص

ترجمه : متغیرات فرآیند خاص شرایطی هستند که صرفاً برای فرآیندهای خاصی که در بخش مربوط به آنها توضیح داده شده است، بکار می روند. وقتی این متغیرات خاص مورد استفاده قرار می گیرند، صرفاً بایستی متغیرات فرآیند خاص قابل کاربرد بکار برده شوند.

❋- متغیرات فرآیند خاص (Applicability):

QG-105.6 Applicability. The applicable essential, supplementary essential, nonessential, and special process variables for a specific joining process are given in the Part addressing that joining process.

شکل-۵۷ : قابلیت اجراء (متغیرات) مطابق ASME Section IX-2019

❋- پاراگراف QG-105.6 (Applicability) : قابلیت کاربرد

ترجمه : متغیرات اساسی قابل کاربرد، متغیرات اساسی تکمیلی، متغیرات غیر اساسی و متغیرات فرآیند خاص برای یک فرآیند اتصال دادن مشخص در بخش مربوط به آنها ذکر شده است.

☼- شرح و توضیح پارامترهای جدول QW-253 (SMAW)

جدول QW-253 مربوط به پارامترهایی است که باید در یک WPS برای فرآیند SMAW لحاظ شوند. در هر WPS بعد از مشخص کردن نکات سر برگ آن باید مطابق پاراگرافهای جدول QW-253 اطلاعات فرمت WPS را کامل کرد.

❋❋❋- نکته‌ی مهم: جدول QW-253 مربوط به متغیرات اساسی و تکمیلی اساسی و همچنین متغیرات غیر اساسی مربوط به فرآیند جوشکاری SMAW می باشد. پاراگرافهایی که در این جدول در روبروی آنها علامت ضربدر درج شده بایستی وضعیتشان در WPS مشخص شوند و اگر این WPS تست ضربه دارد باید وضعیت پاراگرافهایی که مربوط به تست ضربه می باشند نیز در WPS مشخص شوند. حال چنانچه دقت شود دیده می شود که همزمان در ستون متغیرات تکمیلی و نیز در ستون متغیرات غیر اساسی روبروی بعضی از این پاراگرافها ضربدر خورده چرا؟ جواب : چنین پاراگرافهایی چه تست ضربه داشته باشند و چه نداشته باشند در WPS باید وضعیت آنها روشن شود مانند وضعیت جریان برق و تعداد پاس جوشهای در هر طرف.

شکل-۵۸ : نمایی از جوش SMAW

❋- TABLE QW-253-For SMAW Process

WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
Shielded **M**etal-**A**rc **W**elding (**SMAW**)

جدول-۲ : جدول QW-253 مطابق ASME Section IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ø Groove design			X
	.4	- Backing			X
	.10	ø Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number		X	
	.6	*T* Limits impact		X	
	.8	ø *T* Qualified	X		
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	X		
	.11	ø P-No. qualified	X		
QW-404 Filler Metals	.4	ø F-Number	X		
	.5	ø A-Number	X		
	.6	ø Diameter			X
	.7	ø Diameter > 1/4 in. (6 mm)		X	
	.12	ø Classification		X	
	.30	ø t	X		
	.33	ø Classification			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	ø Position		X	
	.3	ø ↑↓ Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.2	ø Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT	X		
	.2	ø PWHT (T & T range)		X	
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.4	ø Current or polarity		X	X
	.8	ø I & E range			X
QW-410 Technique	.1	ø String/weave			X
	.5	ø Method cleaning			X
	.6	ø Method back gouge			X
	.9	ø Multiple to single pass/side		X	X
	.25	ø Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
	.64	Use of thermal processes	X		

Legend:

+ Addition	> Increase/greater than	↑ Uphill	← Forehand	ø Change
- Deletion	< Decrease/less than	↓ Downhill	→ Backhand	

۱-۲- QW-402-Joint

جدول-۳ : پاراگراف QW-402-Joints از جدول QW-253 مطابق ASME Section IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ø Groove design			X
	.4	- Backing			X
	.10	ø Root spacing			X
	.11	± Retainers			X

*- QW-402.1- (ø Groove design)

QW-402 JOINTS

QW-402.1 A change in the type of groove (Vee-groove, U-groove, single-bevel, double-bevel, etc.).

شکل-۵۹ : پاراگراف QW-402.1 مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QW-402.1 (Groove design) : طراحی شیار (جوش)- (جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه: تغییر در نوع شیار طرح اتصال (شیار V شکل، شیار U شکل، شیار یکطرف پخ، شیار دو پخ و غیره)

توضیح : هنگام نوشتن این بخش برای شناخت انواع طرح اتصال می توان به AWS-D1.1 مراجعه کرد. در استاندارد AWS-D1.1-2020 در شکلهای Figure 5.1 و Figure 5.2 می توان با توجه به ضخامت، طرح اتصال مناسب را انتخاب کرد. تعدادی از این طرح اتصالها را در زیر می بینیم:

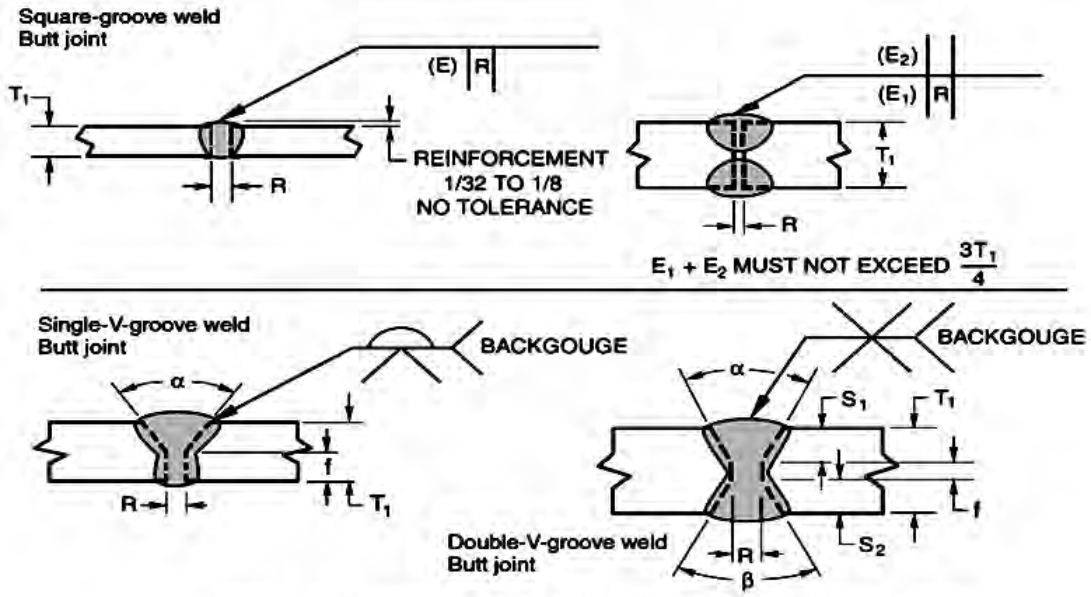


Figure 5.2—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details

شکل-۶۰ : طرح اتصالهای مختلف از استاندارد AWS-D1.1-2020

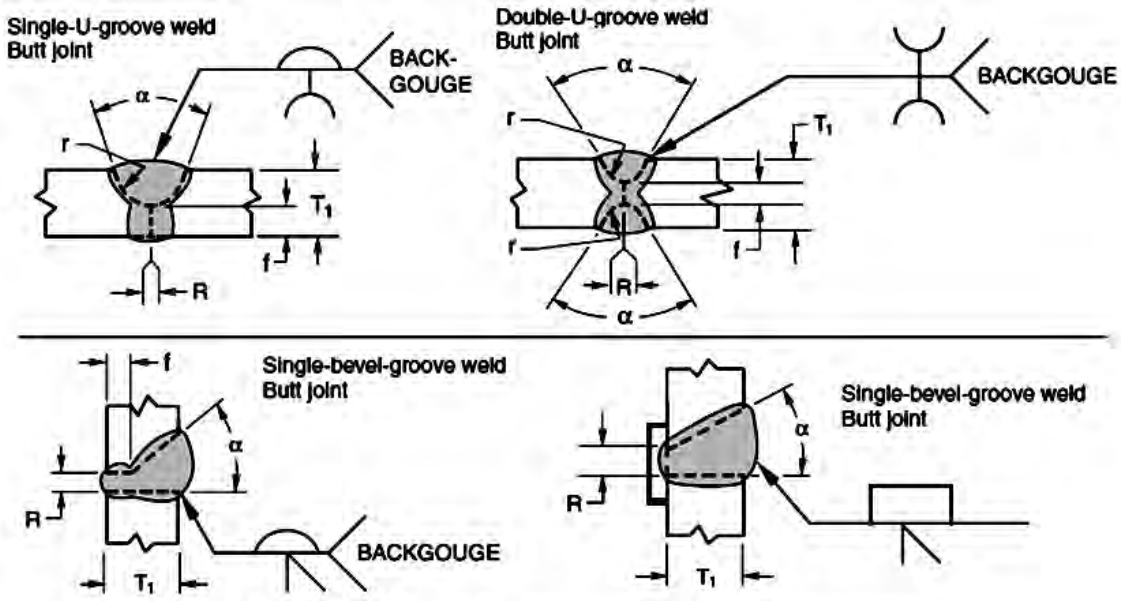


Figure 5.1—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details

شکل-۶۱ : طرح اتصالهای مختلف از استاندارد AWS-D1.1-2020

برای انتخاب طرح اتصال می توان به استاندارد AWS-A2.4 نیز مراجعه کرد. در زیر چند طرح اتصال از این استاندارد ارائه شده است.

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-A2.4-2012

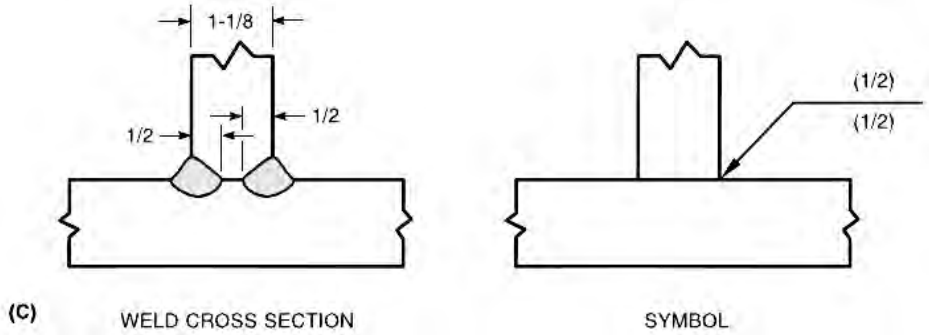


Figure 19—Partial Joint Penetration with the Joint Geometry Optional

شکل-۶۲ : طرح اتصالهای مختلف از استاندارد AWS-A2.4-2012

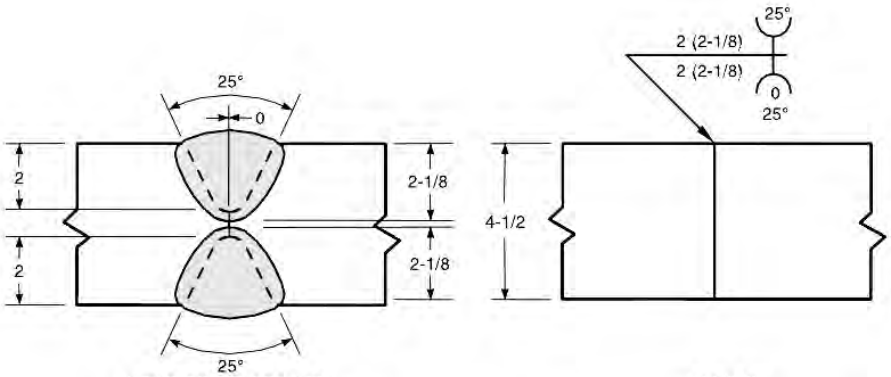
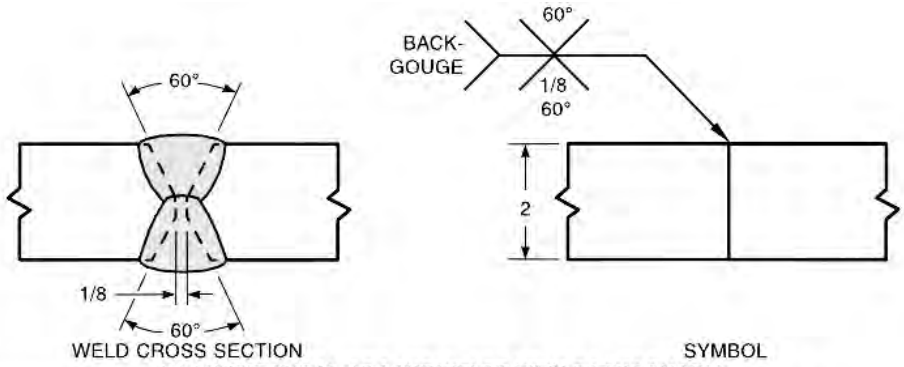


Figure 13—Application of Dimensions to the Groove Weld Symbol

شکل-۶۳ : طرح اتصالهای مختلف از استاندارد AWS-A2.4-2012

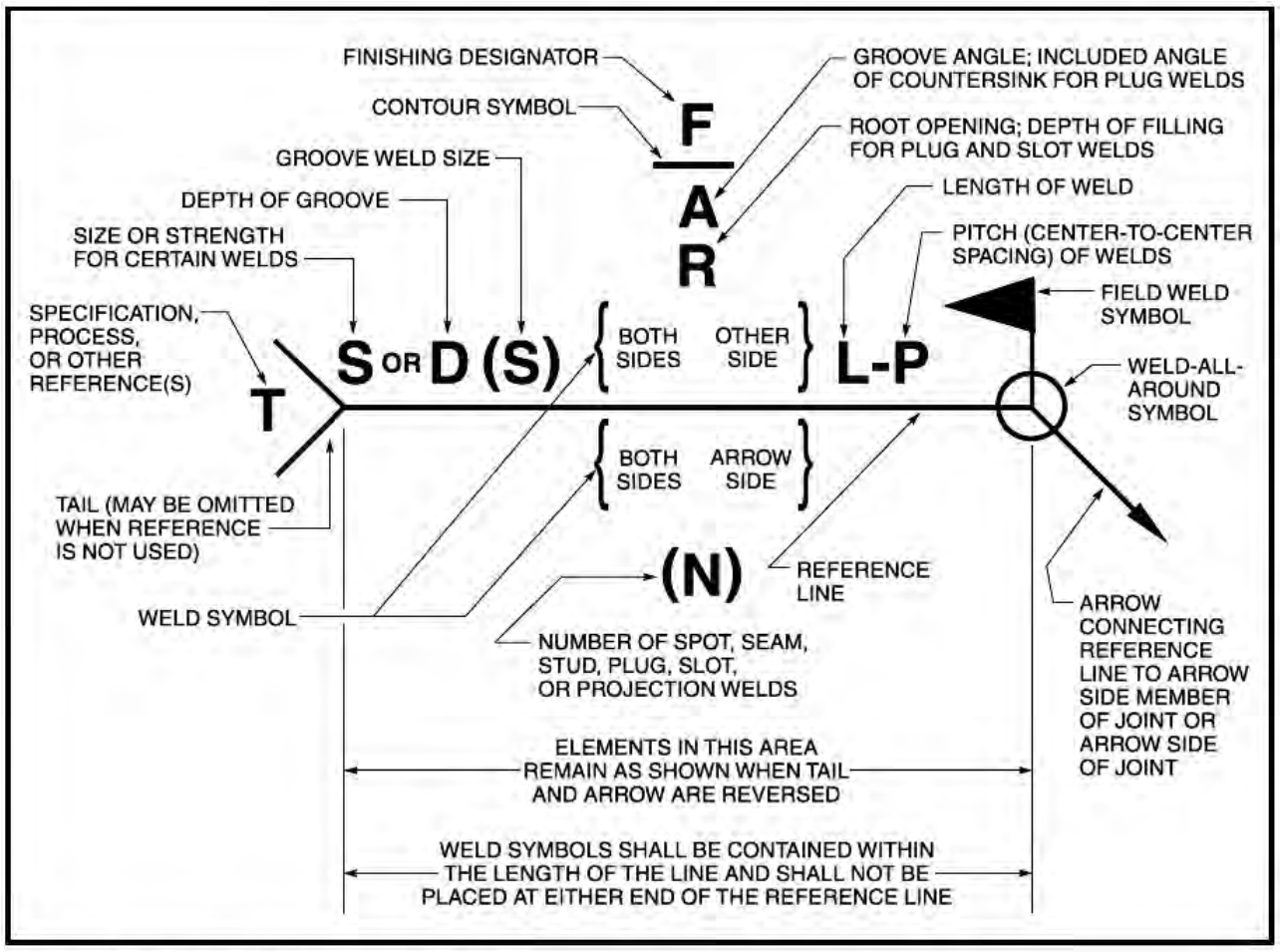


(C) SYMMETRICAL GROOVE WELDS WITH BACKGOUGING

Figure 30—Application of the Symbol for Groove Welds with Backgouging

شکل-۶۴ : طرح اتصالهای مختلف از استاندارد AWS-A2.4-2012

برای اطلاع از علائمی که بر روی خط مرجع (فلش) آمده می توان به استاندارد AWS-A2.4 مراجعه کرد و اطلاعات لازم را از این استاندارد بدست آورد. در شکل زیر نموداری از استاندارد AWS-A2.4 جهت شناسایی علائم مربوط به خط مرجع آورده شده است.

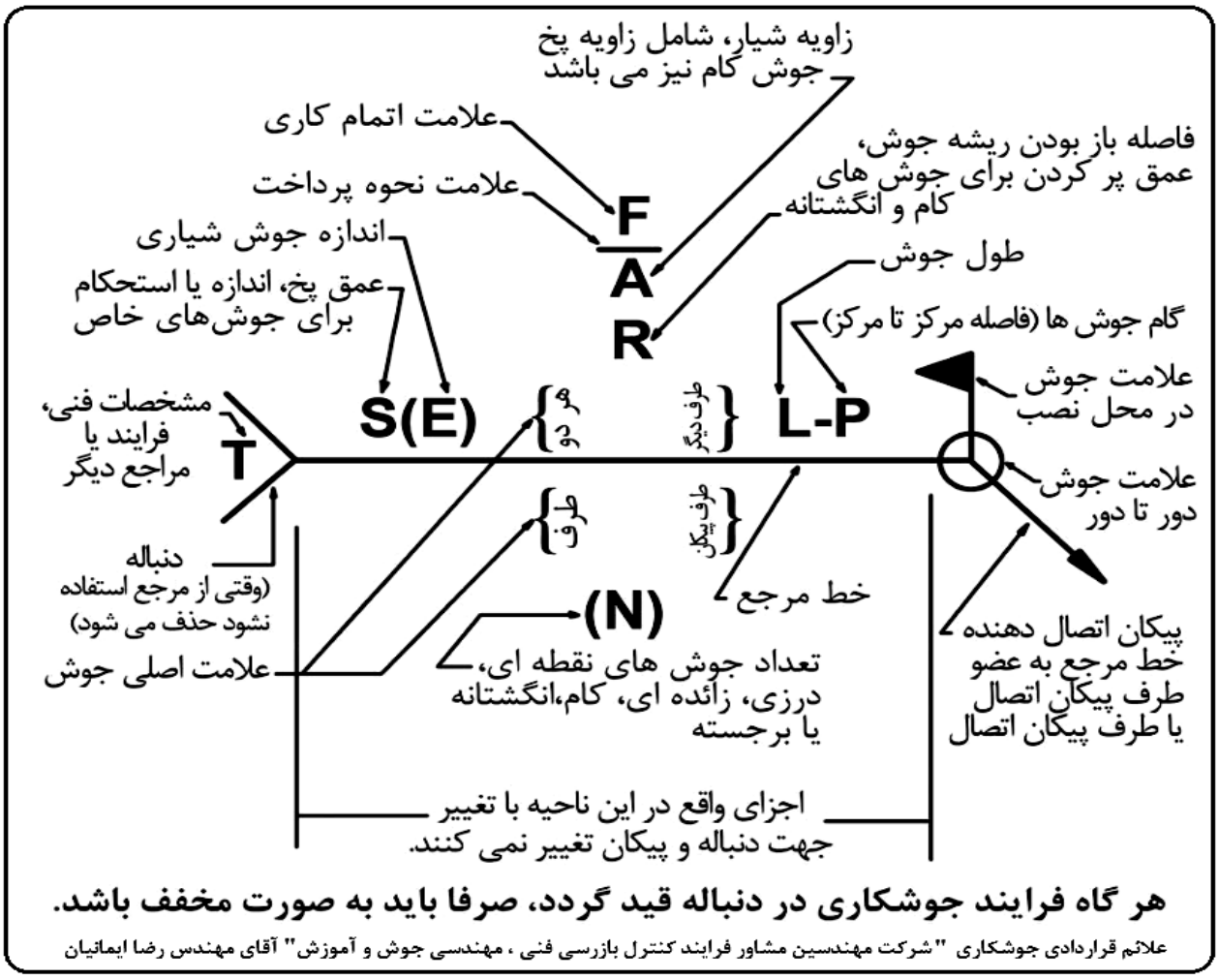


Note: See D4.5 in Annex D for commentary on Figure 3.

Figure 3—Standard Location of the Elements of a Welding Symbol

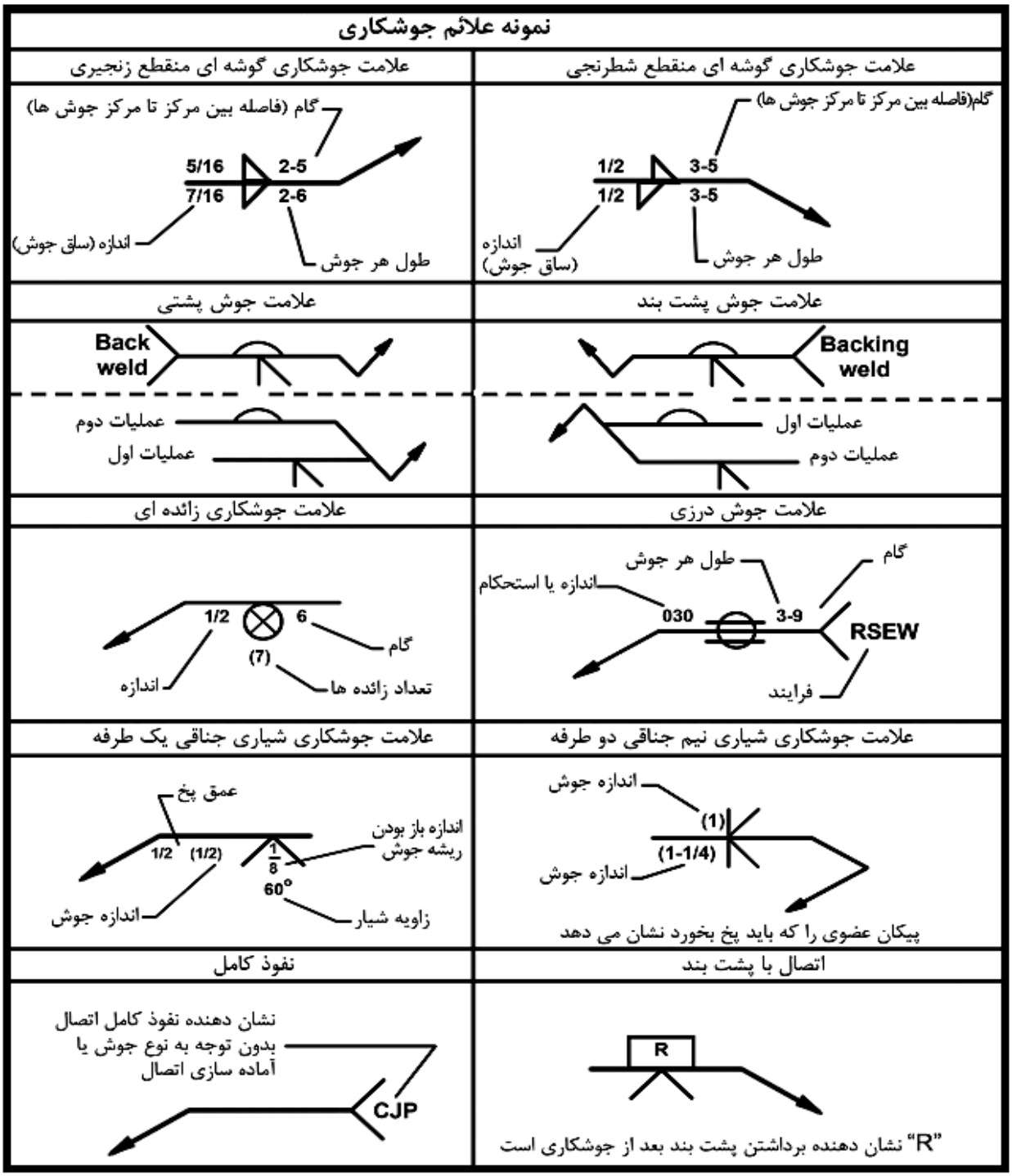
شکل-۶۵ : توضیح علائم قراردادی جوشکاری در خط مرجع از استاندارد AWS-A2.4-2012

(*) ترجمه‌ی علائم های جوشکاری در استاندارد AWS-A2.4-2012 ٠



شکل-۶۶ : توضیح علائم قراردادی جوشکاری در خط مرجع

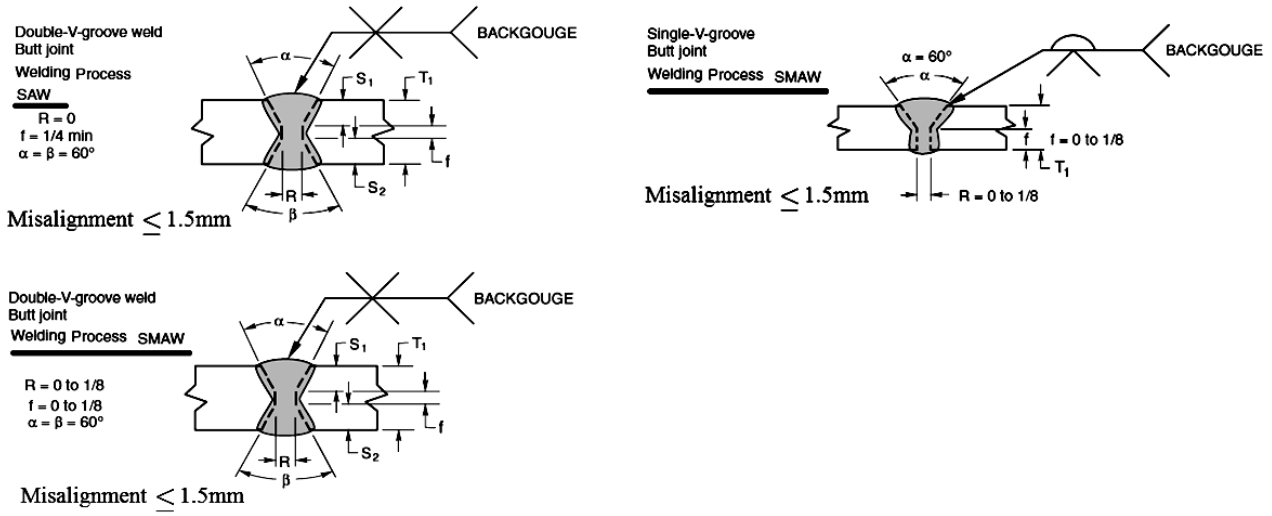
(*)– آقای مهندس رضا ایمانیان نجف آبادی دبیر کمیته استاندارد و سیستم های کیفیت انجمن جوشکاری و آزمایش های غیر مخرب ایران به همراه سرکار خانم مهندس نرگس خاتون احمدی مدیر عامل شرکت سنجش کیفیت پارس کوشش نمودند و نوشته های علائم جوشکاری را برای راحتی استفاده کنندگان ترجمه کردند که در اینجا از تلاش آنها کمال تشکر را می نمایم.



شکل-۶۷ : توضیح علائم قراردادی جوشکاری در خط مرجع

نتیجه : مطابق پاراگراف QW-402.1-Groove Design اگر بعد از انجام PQR, شکل طرح اتصال تغییر کند این تغییر نیاز به PQR جدید ندارد و فقط باید در WPSدر قسمت طرح اتصال تجدید نظر کرده و یک WPS با شماره‌ی ویرایش جدید که در سر برگ آن تحت عنوان .Rev.- No قید شده است، اصلاح نموده و همراه طرح اتصال جدید برای تأیید به بازرسی فنی اعلام گردد.

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-D1.1-2020

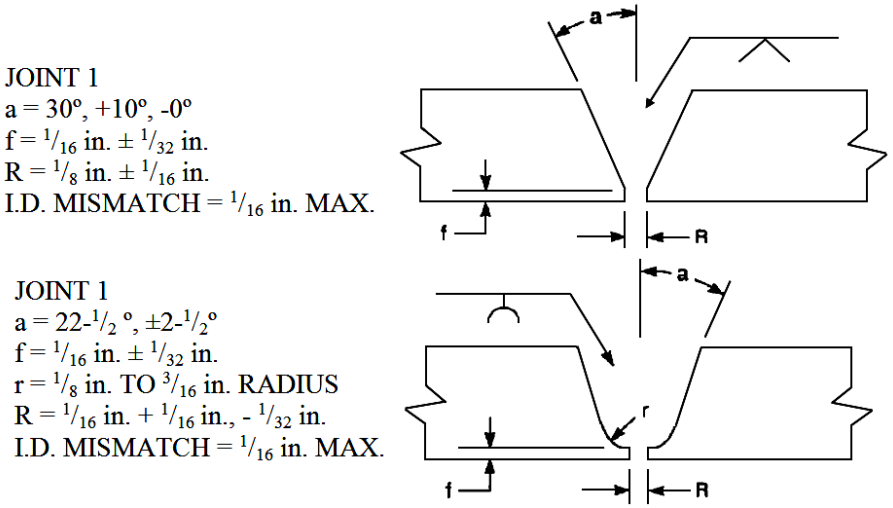


شکل-۶۸ : اندازه‌ی دهانه ریشه‌ی جوش (R) در فرآیندهای مختلف

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد AWS-B2.1-1-207

در فرآیند GTAW برای تعیین این فاصله می توان از طرح اتصالهای موجود در استاندارد AWS-B2.1-1-207 مراجعه شود. به طرح اتصالهای موجود در این استاندارد که در زیر آمده دقت شود.

باید دقت کرد در این قسمت از WPS میزان پذیرش Misalignment که همان عدم تراز بودن یا باصطلاح Hi-Low می باشد باید مشخص شود. معمولاً این میزان در مشخصات فنی هر پروژه قید می شود.



شکل-۶۹ : اندازه‌ی دهانه ریشه‌ی جوش در فرآیند جوش GTAW

نتیجه : مطابق پاراگراف QW-402.10 ø Root Spacing اگر PQR با اندازه‌ی دهانه ریشه‌ی جوش 3mm انجام شده باشد، تغییر این فاصله به 4mm نیاز به تجدید PQR ندارد فقط کافی است که در WPS این تغییر اصلاح شود و WPS با Rev. جدید به بازرسی کارفرما جهت تأیید اعلام شود.

جهت شفاف شدن مبحث طراحی « طرح اتصال» لازم است به استاندارد ساخت مراجعه کرد. یکی از استانداردهای ساخت، استاندارد ASME B31.3-2018 می باشد که مربوط به سیستم لوله کشی صنعتی (فرآیند) است. در پاراگراف 328.4.2 با عنوان *End Preparation* در این زمینه توضیح می دهد.

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد ASME B31.3-2018

328.4.2 End Preparation

(a) General

(1) End preparation is acceptable only if the surface is reasonably smooth and true, and slag from oxygen or arc cutting is cleaned from thermally cut surfaces. Discoloration remaining on a thermally cut surface is not considered detrimental oxidation.

(2) End preparation for groove welds specified in ASME B16.25, or any other that meets the WPS, is acceptable. [For convenience, the basic bevel angles of ASME B16.25 and some additional J-bevel angles are shown in Fig. 328.4.2, illustrations (a) and (b).]

شکل-۷۰ : آماده سازی لبه براساس استاندارد ASME B31.3-2018

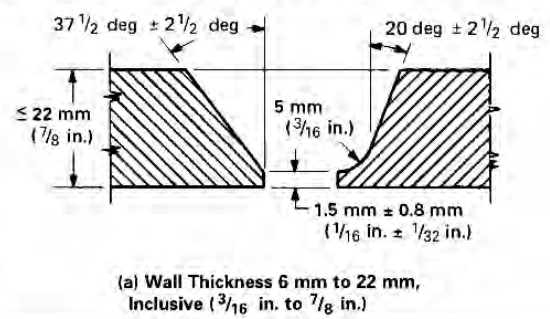
*- پاراگراف 328.4.2 (End Preparation) : آماده سازی لبه

(a) کلیات

(1)- آماده سازی لبه صرفاً وقتی قابل قبول است که سطح بطور معقول صاف و مناسب باشد و در برشکاری با اکسیژن یا برشکاری قوسی سرباره ها از سطوح برشکاری شده که بوسیله حرارت انجام می شوند، بر طرف گردند. موارد یا زنگ زدایی باقی مانده بر روی سطوح برشکاری شده بوسیله حرارت نبایستی بعنوان اکسید مفسر در نظر گرفته شوند.

(2)- آماده سازی لبه برای جوشهای شیاری که در استاندارد ASME B16.25 مشخص شده است یا هر رویه ای که با WPS مطابقت داشته باشد قابل قبول می باشد. [برای راحتی، زاویه های پخ اصلی مربوط به استاندارد ASME B16.25 و برخی زاویه های J-bevel اضافی در شکل 328.4.2، تصاویر (a) و (b) نشان داده شده اند.]

Fig. 328.4.2 Typical Butt Weld End Preparation



شکل-۷۱ : آماده سازی لبه براساس استاندارد ASME B31.3-2018

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد ASME B16.25-2017

3 WELDING BEVEL DESIGN

3.1 Bevels for Other Than GTAW Root Pass

(a) Components having nominal wall thicknesses of 3 mm (0.12 in.) and less shall have ends cut square or slightly chamfered.

(b) Components having nominal wall thicknesses over 3 mm (0.12 in.) to 22 mm (0.88 in.) inclusive shall have single angle bevels as illustrated in Figure 2.

(c) Components having nominal wall thicknesses greater than 22 mm (0.88 in.) shall have compound angle bevels as illustrated in Figure 3.

3.2 Bevels for GTAW Root Pass

(a) Components having nominal wall thicknesses of 3 mm (0.12 in.) and less shall have ends cut square or slightly chamfered.

(b) Components having nominal wall thicknesses over 3 mm (0.12 in.) to 10 mm (0.38 in.) inclusive shall have 37½-deg ± 2½-deg bevels or slightly concave bevels (see Figure 4).

(c) Components having nominal wall thicknesses over 10 mm (0.38 in.) to 25 mm (1.0 in.) inclusive shall have bevels as shown in Figure 5.

(d) Components having nominal wall thicknesses greater than 25 mm (1.0 in.) shall have bevels as shown in Figure 6.

شکل-۷۲ : آماده سازی لبه براساس استاندارد ASME B16.25-2017

***- پاراگراف 3 (WELDING BEVEL DESIGN) : طراحی پخ جوشکاری

*- پاراگراف 3.1 (Bevels for Other Than GTAW Root Pass) : پخ ها برای پاس ریشه غیر از فرآیند GTAW

(a) قطعاتی که ضخامت ۳ میلیمتر یا کمتر دارند بایستی دارای پخ های مربع (گونیا) یا اندکی مخروطی شده باشند.

(b) قطعاتی که ضخامتهای بالای ۳ میلیمتر تا ۲۲ میلیمتر دارند بایستی دارای پخ های تک زاویه همانند تصاویر نشان داده شده در شکل ۲ باشند.

(c) قطعاتی که ضخامتهای بالای ۲۲ میلیمتر دارند بایستی دارای پخ های زاویه‌ی مرکب همانند تصاویر نشان داده شده در شکل ۳ باشند.

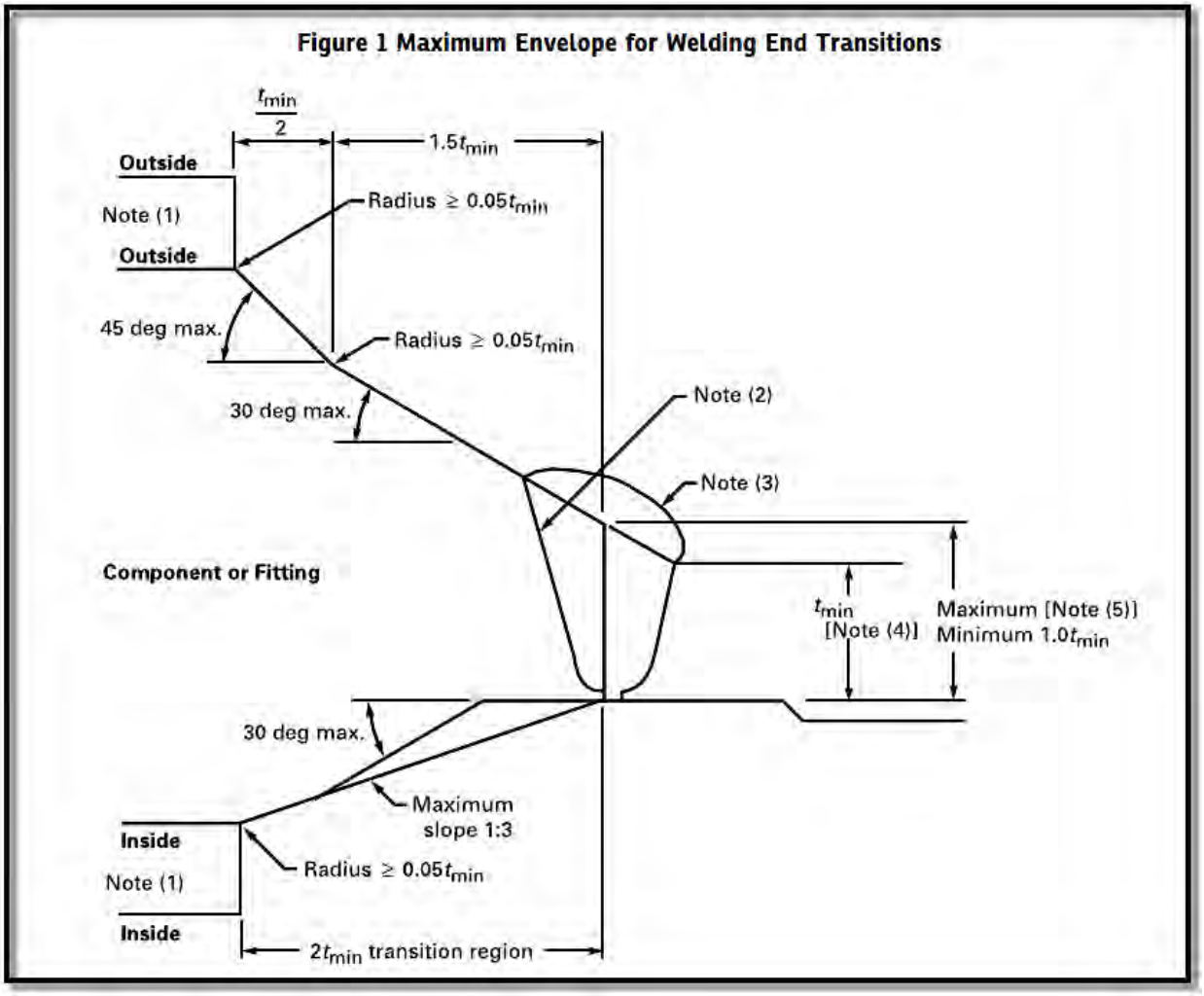
*- پاراگراف 3.2 (Bevels for GTAW Root Pass) : پخ ها برای پاس ریشه برای فرآیند GTAW

(a) قطعاتی که ضخامت ۳ میلیمتر یا کمتر دارند بایستی دارای پخ های مربع (گونیا) یا اندکی مخروطی شده باشند.

(b) قطعاتی که ضخامتهای بالای ۳ میلیمتر تا ۱۰ میلیمتر دارند بایستی پخ های $37\frac{1}{2}$-deg ± $2\frac{1}{2}$-deg یا پخ های اندکی مقعر داشته باشند (شکل ۴ را ببینید).

(c) قطعاتی که ضخامتهای بالای ۱۰ میلیمتر تا ۲۵ میلیمتر دارند بایستی دارای پخ های نشان داده شده در شکل ۵ باشند.

(d) قطعاتی که ضخامتهای بیشتر از ۲۵ میلیمتر دارند بایستی دارای پخ های نشان داده شده در شکل ۶ باشند.



شکل-۷۳ : شکل ۱ از استاندارد ASME B16.25-2017

NOTES:
(1) Where transitions using maximum slope do not intersect inside or outside surface, as shown by phantom outlines, maximum slopes shown or alternate radii shall be used.
(2) Weld bevel shown is for illustration only.
(3) The weld reinforcement permitted by applicable code may lie outside the maximum envelope.
(4) The value of t_{min} is whichever of the following is applicable:
(a) the minimum ordered wall thickness of the pipe to include pipe that is purchased to a nominal wall thickness with an undertolerance other than 12.5%
(b) 0.875 times the nominal wall thickness of pipe ordered to a pipe schedule wall thickness that has an undertolerance of 12.5%
(c) the minimum ordered wall thickness of the cylindrical welding end of a component or fitting (or the thinner of the two) when the joint is between two components
(5) The maximum thickness at the end of the components is
(a) the greater of t_{min} + 4 mm (0.16 in.) or $1.15t_{min}$ when ordered on a minimum wall basis
(b) the greater of t_{min} + 4 mm (0.16 in.) or 1.10 times the nominal wall thickness when ordered on a nominal basis (see ASME B36.10M and ASME B36.19M for a tabulation of nominal wall thicknesses)

شکل-۷۴ : یادداشت های مربوط به شکل ۱ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت ها (مربوط به شکل ۱)

(1)- وقتی با استفاده از حداکثر شیب (۳۰ درجه) تغییر ضخامت در سطح داخلی یا خارجی قطعه ایجاد نگردد، بایستی همانگونه که بوسیله‌ی شکل کلی نشان داده شده است از حداکثر شیب های نشان داده شده (1:3) یا شعاع ارائه شده استفاده کرد.

(2)- پخ جوش صرفاً برای مثال نشان داده شده است.

(3)- گُرده‌ی جوشی که بوسیله کُد قابل کاربرد مجاز شده است ممکن است خارج از محدوده‌ی حداکثر قوس گُرده‌ی جوشی باشد.

(4)- مقدار t_{min} هر یک از شرایط قابل کاربردی زیر می باشد.

(-a) حداقل ضخامت لوله‌ی سفارش شده شامل لوله ای که با ضخامت اسمی با یک تلورانس غیر از 12.5% خریداری شده است.

(-b) مقدار 0.875 از حداقل ضخامت لوله‌ی سفارش شده با ضخامت لوله ای که طبق جدول استاندارد دارای تلورانس 12.5% می باشد.

(-c) حداقل ضخامت سفارش شده لبه‌ی استوانه ای یک قطعه یا اتصال (یا نازکتر از این دو) وقتی که اتصال میان دو قطعه قرار دارد.

(5)- حداکثر ضخامت در لبه‌ی قطعه است.

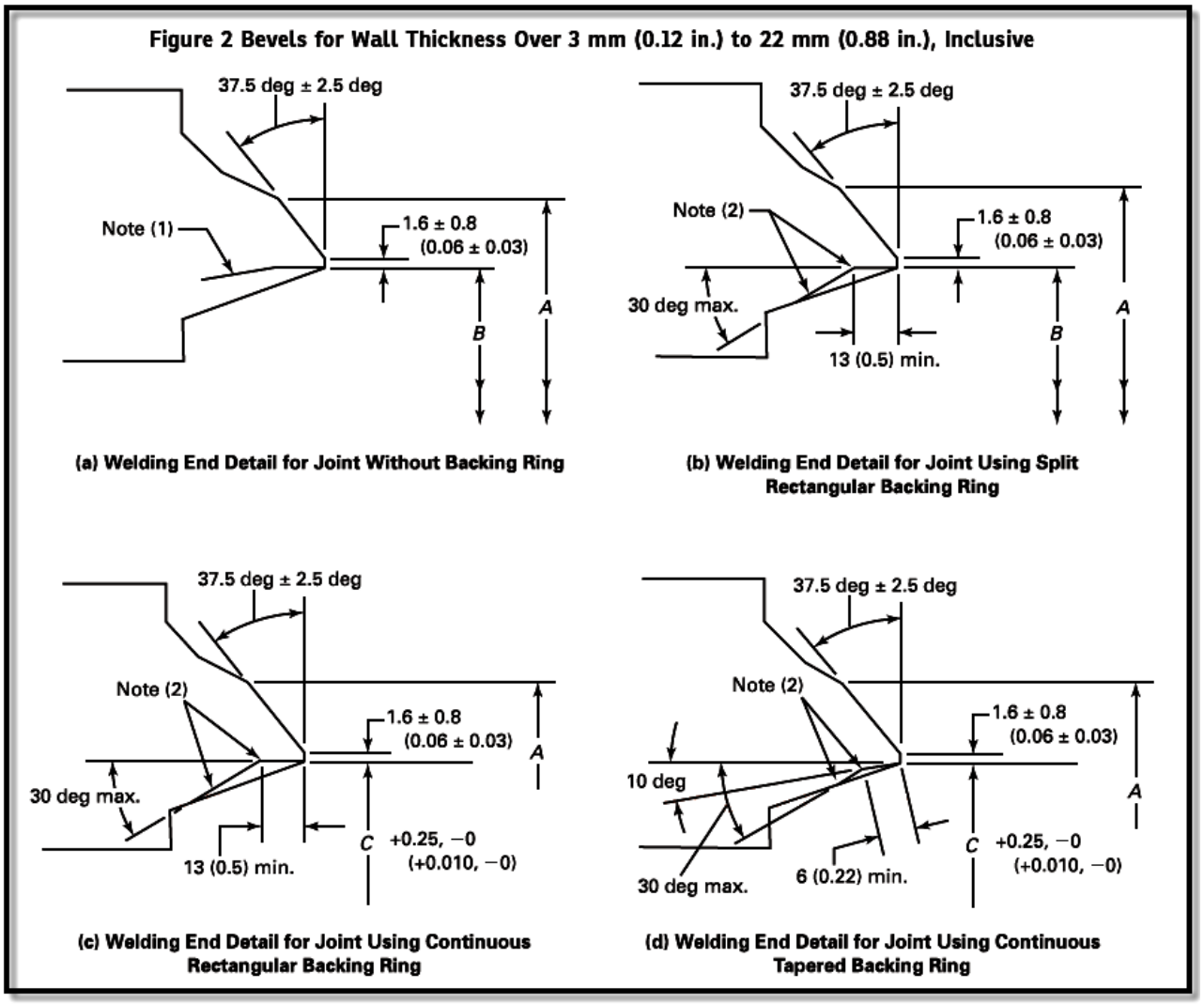
(-a) بزرگتر از t_{min} + 4 mm یا $1.15t_{min}$ وقتی براساس حداقل ضخامت سفارش شده است.

(-b) بزرگتر از t_{min} + 4 mm یا $1.10t_{nom}$ وقتی براساس حداقل ضخامت سفارش شده است.

GENERAL NOTES:
(a) Broken lines denote maximum envelope for transitions from welding bevel and root face into body of component. See Figure 1 for details.
(b) See section 5 for tolerances other than those given in these illustrations.
(c) Purchase order must specify contour of any backing ring to be used.
(d) Linear dimensions are in millimeters with inch values in parentheses.

NOTES:
(1) Internal surface may be as-formed or machined for dimension *B* at root face. Contour within the envelope shall be in accordance with section 2.
(2) Intersections should be slightly rounded.

شکل-۷۵ : یادداشت های مربوط به شکل ۲ از استاندارد ASME B16.25-2017



شکل-۷۶ : شکل ۲ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت های کلی (مربوط به شکل ۲)

(a) خطوط شکسته (خط چین) حداکثر میزان تغییر پخ و Root face جوشکاری درون بدنه‌ی قطعه را مشخص می کند. برای جزئیات شکل ۱ را ببینید.

(b) برای تلورانس ها به جزء آنهایی که در این تصاویر نشان داده نشده اند، بخش ۵ را ببینید.

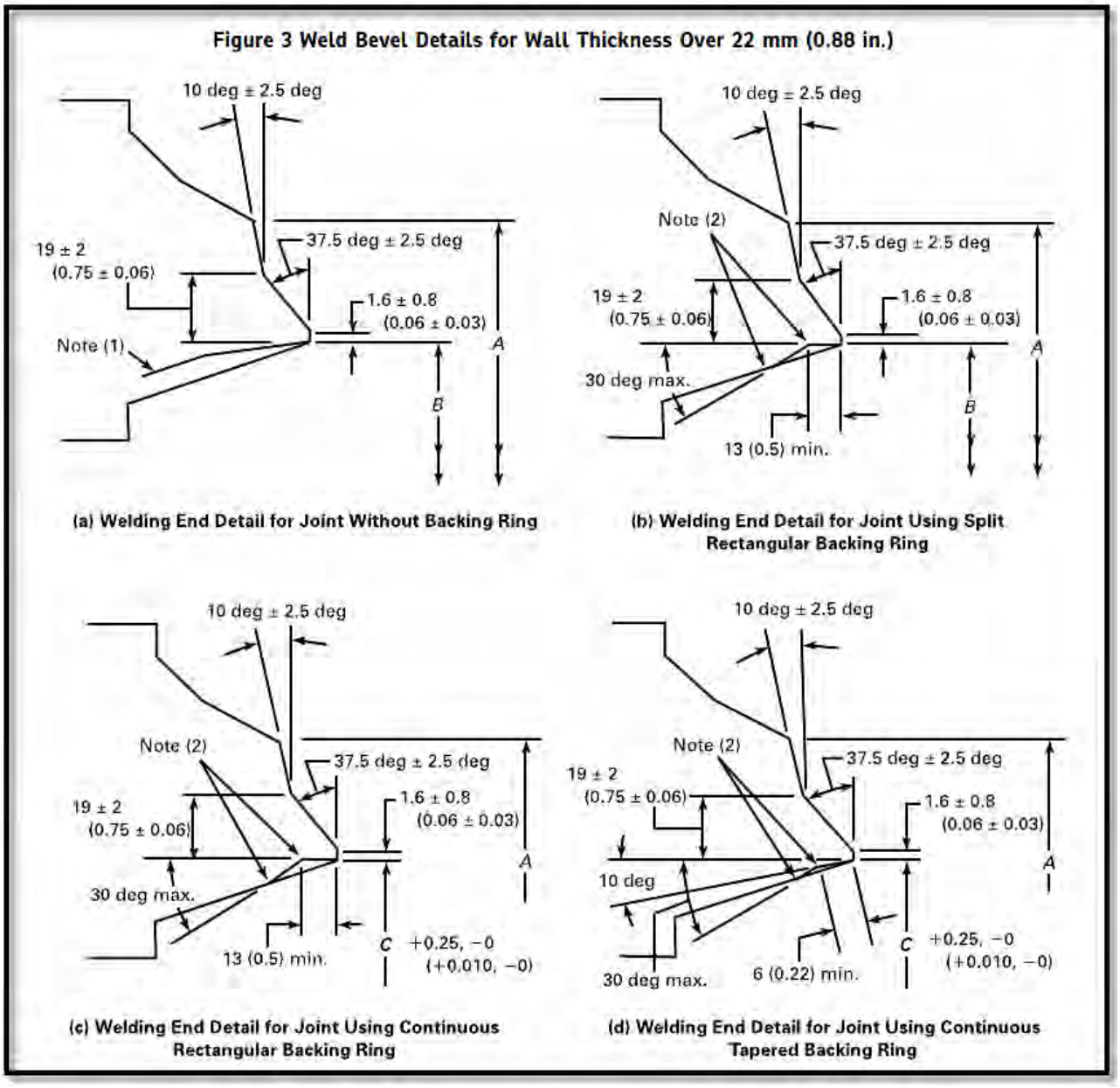
(c) سفارش خرید بایستی حد فاصل هر گونه رینگ پشت بند که مورد استفاده قرار می گیرد را مشخص نماید.

(d) ابعاد طولی به میلیمتر هستند و مقدار اینچ آنها در پرانتز ذکر شده است.

- یادداشت ها

(1)- سطوح داخلی ممکن است برای ابعاد B در Root face ماشین کاری یا شکل دهی شوند. مقدار آن بایستی مطابق با بخش ۲ باشد.

(2)- بخش های داخلی باید مقداری گرد شوند.



شکل-۷۷ : شکل ۳ از استاندارد ASME B16.25-2017

GENERAL NOTES:
(a) Broken lines denote maximum envelope for transitions from welding bevel and root face into body of component. See Figure 1 for details.
(b) See section 5 for tolerances other than those given in these illustrations.
(c) Purchase order must specify contour of any backing ring to be used.
(d) Linear dimensions are in millimeters with inch values in parentheses.

NOTES:
(1) Internal surface may be as-formed or machined for dimension *B* at root face. Contour within the envelope shall be in accordance with section 2.
(2) Intersections should be slightly rounded.

شکل-۷۸ : یادداشت های مربوط به شکل ۳ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت های کلی (مربوط به شکل ۳)

(a) خطوط شکسته (خط چین) حداکثر میزان تغییر پخ و Root face جوشکاری درون بدنه‌ی قطعه را مشخص می کند. برای جزئیات شکل ۱ را ببینید.

(b) برای تلورانس ها به جزء آنهایی که در این تصاویر نشان داده نشده اند، بخش ۵ را ببینید.

(c) سفارش خرید بایستی حد فاصل هر گونه رینگ پشت بند که مورد استفاده قرار می گیرد را مشخص نماید.

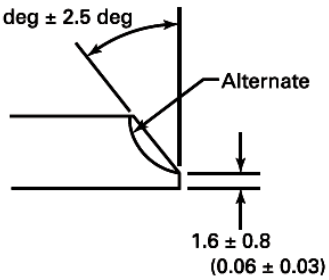
(d) ابعاد طولی به میلیمتر هستند و مقدار اینچ آنها در پرانتز ذکر شده است.

- یادداشت ها

(1)- سطوح داخلی ممکن است برای ابعاد B در Root face ماشین کاری یا شکل دهی شوند. مقدار آن بایستی مطابق با بخش ۲ باشد.

(2)- گوشه های داخلی بایستی مقداری گرد شوند.

Figure 4 Weld Bevel Details for GTAW Root Pass [Wall Thickness Over 3 mm (0.12 in.) to 10 mm (0.38 in.), Inclusive]



GENERAL NOTES:
(a) This detail applies for gas tungsten arc welding (GTAW) of the root pass where nominal wall thickness is over 3 mm (0.12 in.) to 10 mm (0.38 in.), inclusive.
(b) Linear dimensions are in millimeters with inch values in parentheses.

شکل-۷۹ : شکل ۴ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت های کلی (مربوط به شکل ۴)

(a) این جزئیات برای پاس ریشه فرآیند جوشکاری GTAW بکار می رود وقتی ضخامت بیشتر از ۳ میلیمتر تا ۱۰ میلیمتر باشد، (شامل ۱۰ میلیمتر هم هست)

(b) ابعاد طولی به میلیمتر هستند و مقدار اینچ آنها در پرانتز ذکر شده است.

GENERAL NOTES:
(a) This detail applies for gas tungsten arc welding (GTAW) of the root pass where nominal wall thickness is over 10 mm (0.38 in.) to 25 mm (1.0 in.), inclusive.
(b) Broken lines denote maximum envelope for transitions from welding groove and land into body of component. See Figure 1 for details.
(c) See section 5 for tolerances other than those given in these illustrations.
(d) Linear dimensions are in millimeters with inch values in parentheses.

NOTE: (1) Inside corners should be slightly rounded.

شکل-۸۰ : یادداشت های مربوط به شکل ۵ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت های کلی (مربوط به شکل ۵)

(a) این جزئیات برای پاس ریشه فرآیند جوشکاری GTAW بکار می رود وقتی ضخامت بیشتر از ۲۵ میلیمتر است.

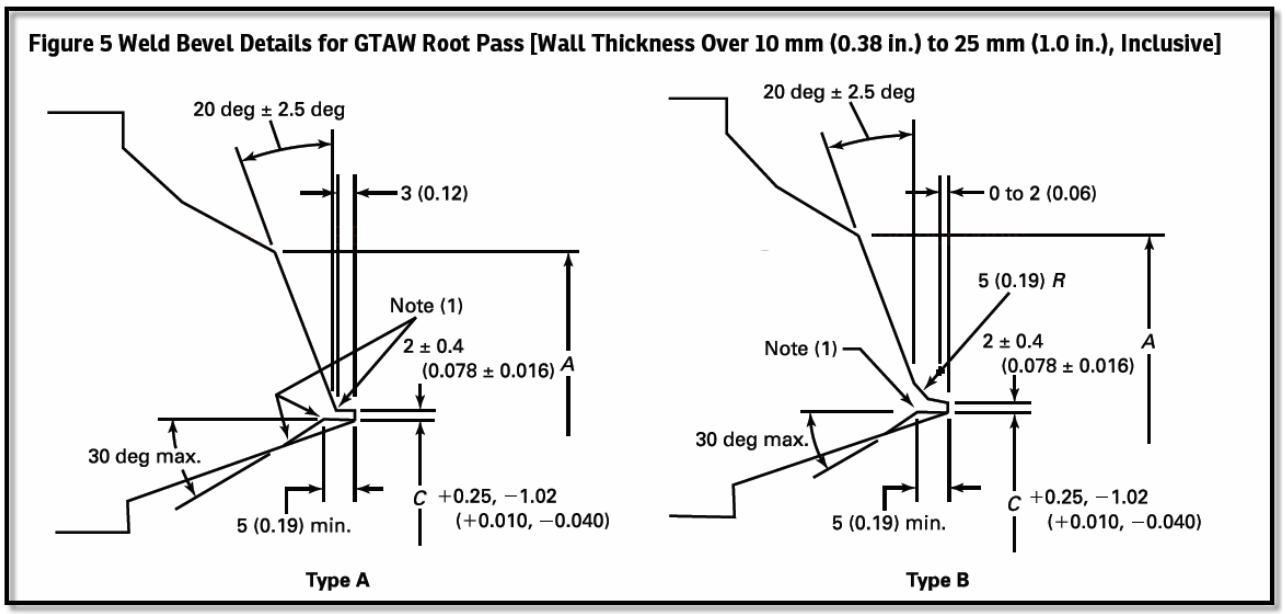
(b) خطوط شکسته (خط چین) حداکثر میزان تغییر پخ و Root face جوشکاری درون بدنه‌ی قطعه را مشخص می کند. برای جزئیات شکل ۱ را ببینید.

(c) برای تلورانس ها به جزء آنهایی که در این تصاویر نشان داده نشده اند، بخش ۵ را ببینید.

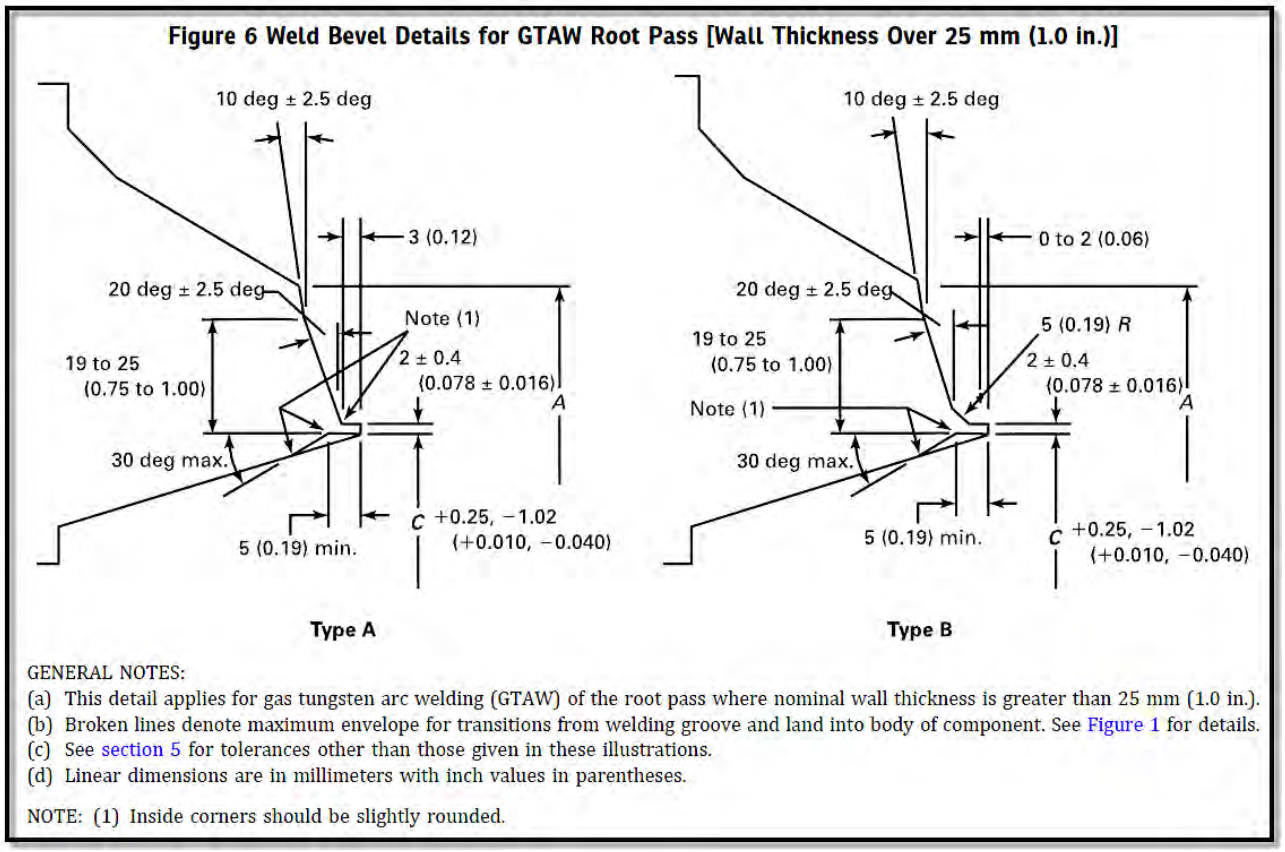
(d) ابعاد طولی به میلیمتر هستند و مقدار اینچ آنها در پرانتز ذکر شده است.

- یادداشت

(1)- گوشه های داخلی بایستی مقداری گرد شوند.



شکل-۸۱ : شکل ۵ از استاندارد ASME B16.25-2017



شکل-۸۲ : شکل ۶ از استاندارد ASME B16.25-2017

*- یادداشت های کلی (مربوط به شکل ۶)

(a) این جزئیات برای پاس ریشه فرآیند جوشکاری GTAW بکار می رود وقتی ضخامت بیشتر از ۲۵ میلیمتر است.

(b) خطوط شکسته (خط چین) حداکثر میزان تغییر پخ و Root face جوشکاری درون بدنه‌ی قطعه را مشخص می کند. برای جزئیات شکل ۱ را ببینید.

(c) برای تلورانس ها به جزء آنهایی که در این تصاویر نشان داده نشده اند، بخش ۵ را ببینید.

(d) ابعاد طولی به میلیمتر هستند و مقدار اینچ آنها در پرانتز ذکر شده است.

- یادداشت

(1)- گوشه های داخلی بایستی مقداری گرد شوند.

PFI (Pipe Fabrication Institute)

*- ایجاد « طرح اتصال» از دیدگاه استاندارد PFI-ES-21-1992

INTERNAL MACHINING AND FIT-UP
GTAW ROOT PASS CIRCUMFERENTIAL BUTT ENDS

1. Scope

1.1 This Standard covers the internal machining and fit-up tolerances for seamless and welded piping components when the gas tungsten-arc welding process is used for the root pass of circumferential butt welds.

2. End Preparation and Fit-up Tolerances

2.1 Typical end preparations for different wall thicknesses are shown in Figures 1 through 5. Those dimensions which are marked with an asterisk (*) may be modified as appropriate for the applicable welding process and variables associated with that process. These specific dimensions shall be defined in the Welding Procedure Specification.

2.2 Refer to Table 1 for fit-up tolerances that are applicable to gas tungsten-arc root pass welding with or without consumable insert rings.

شکل-۸۳ : آماده سازی لبه براساس استاندارد PFI-ES-21-1992

ماشین کاری داخلی و مونتاژ (Fit-Up) پخ های شیاری در جوشهای محیطی در پاس ریشه در فرآیند GTAW

***- پاراگراف 1- دامنه کاری

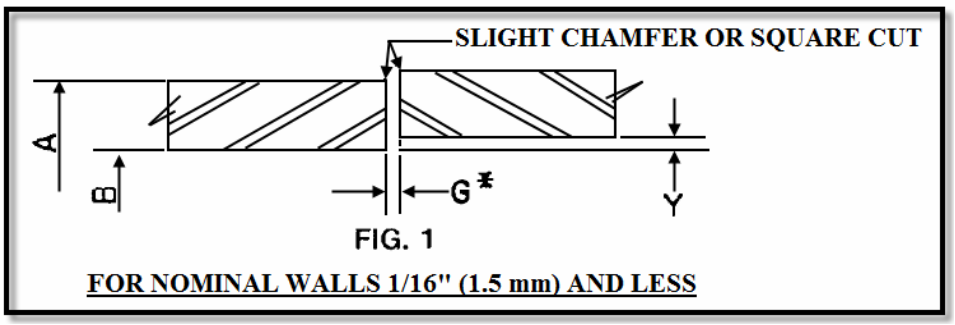
*- پاراگراف 1.1- این استاندارد هنگامی که برای جوش های شیاری محیطی از فرآیند جوشکاری GTAW استفاده می شود تلورانس های (دامنه‌ی تغییر) مربوط به ماشین کاری داخلی و مونتاژ (Fit-Up) در قطعات لوله کشی که بصورت جوشی و بدون درز می باشند، را پوشش می دهد.

***- پاراگراف 2- آماده سازی لبه (پخ) و تلورانس های مونتاژ (Fit-Up)

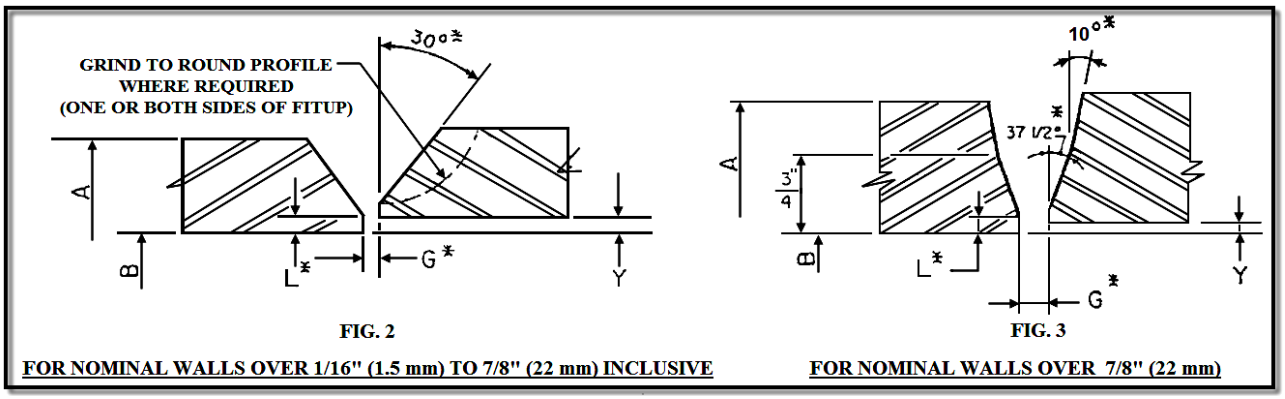
*- پاراگراف 2.1- آماده سازی انواع لبه ها (پخ ها) برای ضخامت های مختلف در شکل های ۱ تا ۵ نشان داده شده اند. ابعادی که با علامت (*) نشان داده شده اند ممکن است بطور مناسب برای فرآیند جوشکاری قابل کاربرد و متغیرات همراه با آن فرآیند اصلاح یا تغییر یابند. این ابعاد مشخص بایستی در مشخصه‌ی دستورالعمل جوشکاری (WPS) تعیین شوند.

*- پاراگراف 2.2- برای تلورانس های مونتاژ (Fit-Up) که در فرآیند GTAW برای جوشکاری پاس ریشه با رینگ پشت بند مصرفی یا بدون پشت بند قابل کاربرد می باشد به جدول ۱ مراجعه کنید.

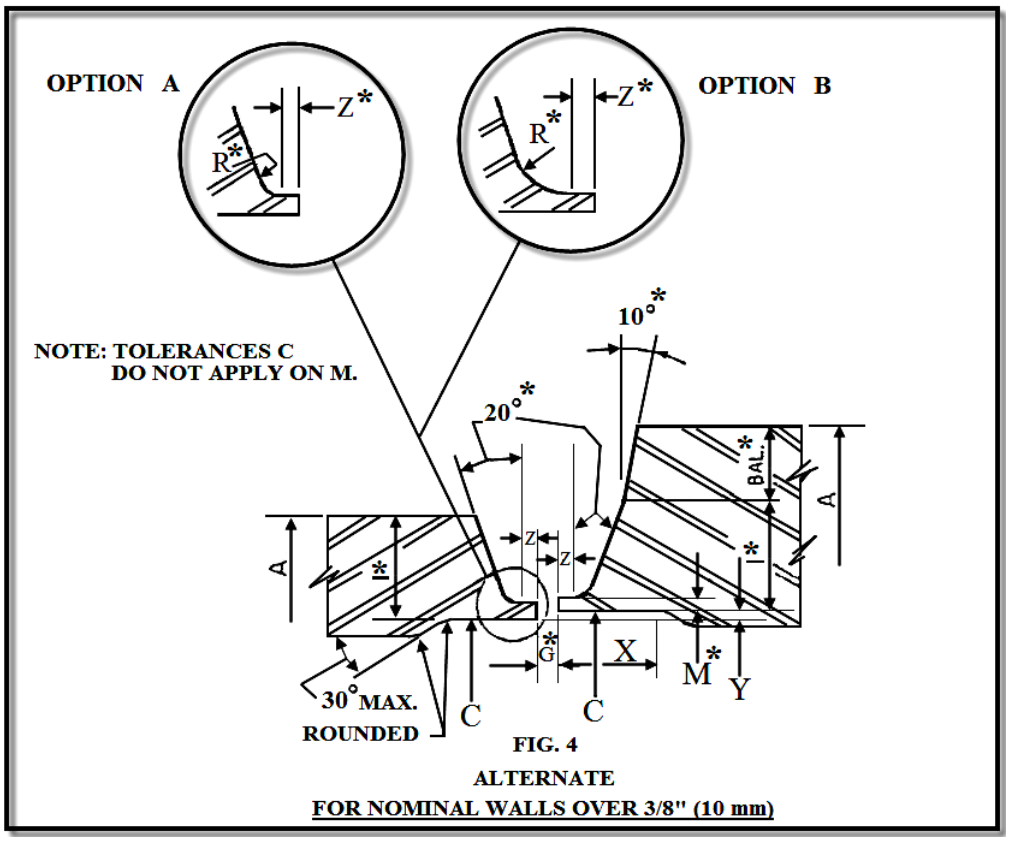
*** شکل های پیشنهادی برای پخ شیار جوش:



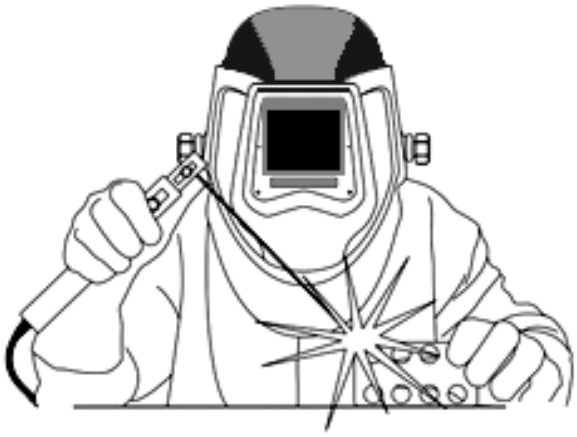
شکل-۸۴ : شکل ۱ از آماده سازی لبه براساس استاندارد PFI-ES-21-1992



شکل-۸۵ : شکل ۲ و ۳ از آماده سازی لبه براساس استاندارد PFI-ES-21-1992



شکل-۸۶ : شکل ۴ از آماده سازی لبه براساس استاندارد PFI-ES-21-1992



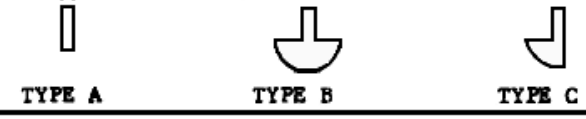
جدول-۴ : جدول شماره ۱ برای شکلهای آماده سازی لبه براساس استاندارد PFI-ES-21-1992

TABLE 1.

Dimensional joint & fit-up tolerances applicable to welding with and without consumable insert rings.

LEGEND	FIG.	WITH INSERT			WITHOUT INSERT
		TYPE A	TYPE B	TYPE C	
G	1	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	0 to 1/32" Max.
G	2&3	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	0 to 3/32" Max.
G	4	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	TT + 1/32" Max.	0 to 1/16" Max.
Y	1	0 to 1/32" Max.	0 to 1/32" Max.	0 to 1/32" Max.	0 to 1/32" Max.
Y	4	0 to 3/32 " Max.	0 to 1/32" Max.	0 to 1/16" Max.	0 to 1/16" Max.
Y	4&5	0 to 3/32" Max.	0 to 1/32" Max.	0 to 1/16" Max.	0 to 1/32" Max.
		With or Without Insert			
R	4A	Slightly Rounded			
R	4B	3/16" (5mm)			
Z	4A	1/8" (3mm) Minimum			
Z	4B	0 to Approx. 1/8" (3mm)			
L	2&3	1/16" ± 1/32" (1.5mm ± 0.8mm)			
M	4	5/64" ± (2mm ± 0.4mm)			
X	4	3/16" (5mm) Minimum			

TYPICAL INSERT RING TYPES



*- QW-402.4- (- Backing)

QW-402 JOINTS

QW-402.4 The deletion of the backing in single-welded groove welds. Double-welded groove welds are considered welding with backing.

شکل-۸۷ : پاراگراف QW-402.4 مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QW-402.4 (- Backing) : حذف پشت بند- (جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه: حذف پشت بند (Backing) در جوشهای شیاری که از یکطرف جوشکاری می شوند. در جوشهای شیاری که از دو طرف جوشکاری می شوند، آنها را باید بعنوان جوشکاری با پشت بند (Backing) در نظر گرفت. (به اصطلاح جوش یک طرف، پشت بندی برای جوش طرف دیگر می باشد.)

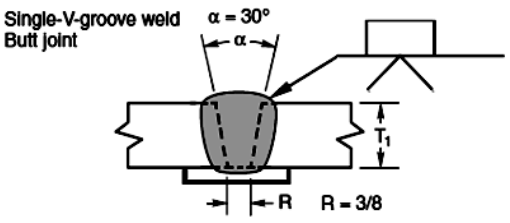
توضیح : پشت بند (Backing) دارای شکل های مختلف می باشد، به توضیحات زیر توجه شود.

۱- پشت بند (Backing) بصورت تسمه ای تحت عنوان (Back Strip) .

از این نوع پشت بند (Backing) معمولاً در اتصالات جوشکاری ورقهای Annular Plate کف مخازن ذخیره ای استفاده می شود. این نوع پشت بند (Backing) بصورت دائمی در محل مورد نظر، نصب و جوشکاری می شوند. در قسمت WPS بصورت زیر نوشته می شود:

جدول-۵ : تسمه‌ی فلزی به عنوان پشت بند (Backing) در محل اتصال مطابق پاراگراف QW-402.4

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Single-V-groove weld
BACKING : Yes
BACKING MATERIAL : A283-Gr. C

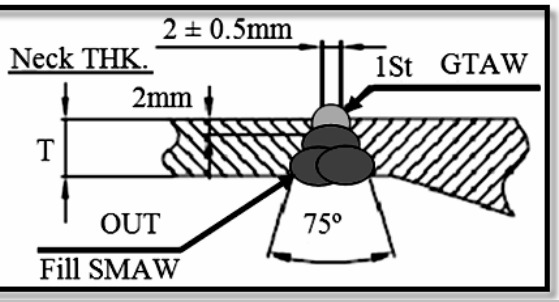


۲- پشت بند (Backing) بصورت فرآیند جوش

وقتی در یک اتصال جوش از دو فرآیند استفاده می شود فرآیند اول در واقع پشت بند (Backing) فرآیند دوم می باشد. بطور نمونه: در یک اتصال وقتی پاس ریشه (Root Pass) بوسیله‌ی فرآیند GTAW جوشکاری شود و پاسهای بعدی بوسیله‌ی فرآیند SMAW جوشکاری شوند فرآیند GTAW برای فرآیند SMAW به عنوان پشت بند محسوب می شود. در قسمت WPS بصورت زیر نوشته می شود.

جدول-۶ : فرآیند به عنوان پشت بند (Backing) در محل اتصال مطابق پاراگراف QW-402.4

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Single-V- Groove
BACKING : ☐ No for GTAW ■ Yes for SMAW
BACKING MATERIAL : Weld Metal (GTAW)

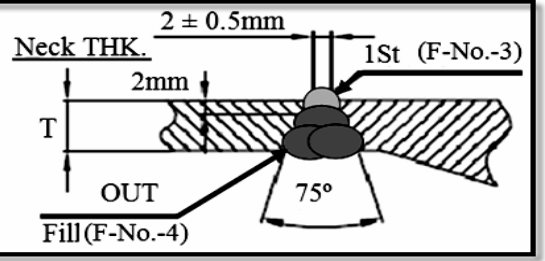


۳- پشت بند (Backing) بر اساس .F-No در یک فرآیند جوش

وقتی در یک اتصال جوش از دو الکترود با دو .F-No متفاوت ولی با یک فرآیند یکسان استفاده شود، .F-No الکترود اول در واقع پشت بند .F-No الکترود دوم می باشد. بطور نمونه: در یک اتصال وقتی پاس ریشه (Root Pass) بوسیله‌ی فرآیند SMAW با الکترود E6010 جوشکاری شود این الکترود دارای F-No.3 است و پاسهای بعدی بوسیله‌ی همین فرآیند SMAW با الکترود E7018 جوشکاری شود این الکترود دارای F-No.4 است، بنابراین الکترود با F-No.3 به عنوان پشت بند (Backing) برای الکترود با F-No.4 می باشد و در قسمت WPS بصورت زیر نوشته می شود:

جدول-۷ : F-No. الکترود به عنوان پشت بند (Backing) در محل اتصال مطابق پاراگراف QW-402.4

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Single-V- Groove
BACKING :☐ No for (F-No.-3) ■ Yes for (F-No.-4)
BACKING MATERIAL : Weld Metal (F-No.-3)

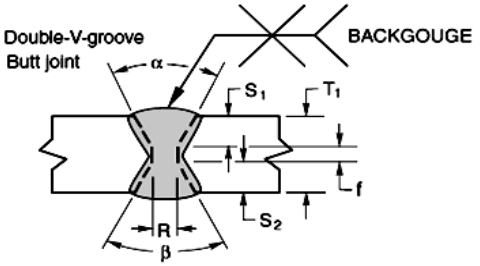


۴- پشت بند (Backing) بر اساس Back Weld در یک فرآیند جوش

در اتصالاتی که شیار آنها بصورت Double V Groove است و از دو طرف جوشکاری می شوند، جوش طرف اول به عنوان پشت بند جوش دوم می باشد. در اینجا جوش هر دو طرف با یک الکترود جوشکاری می شود و در قسمت WPS بصورت زیر نوشته می شود:

جدول -۸ : نقش Back Weld در ایجاد پشت بند (Backing) در محل اتصال مطابق پاراگراف QW-402.4

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Double -V- Groove
BACKING : Yes (Back Welding)
BACKING MATERIAL : Weld Metal

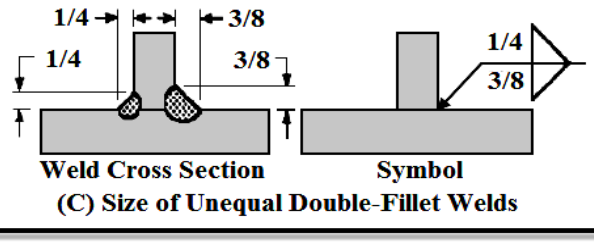


۵- پشت بند (Backing) بر اساس Base Metal در یک فرآیند جوش

در اتصالاتی که عملیات جوشکاری بصورت جوش گوشه ای (Fillet) جوشکاری می شوند Base Metal برای آن جوش به عنوان پشت بند (Backing) محسوب می شود و در قسمت WPS بصورت زیر نوشته می شود:

جدول -۹ : نقش Base Metal در ایجاد پشت بند (Backing) در محل اتصال مطابق پاراگراف QW-402.4

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Fillet Weld
BACKING : Yes
BACKING MATERIAL : Base Metal



نتیجه : مطابق پاراگراف QW-402.4 (Backing) پشت بند ، اگر PQR با پشت بند (Backing) انجام شده باشد جوشکاری بدون پشت بند (Backing) نیاز به تجدید PQR ندارد و چنانچه PQR بدون استفاده از پشت بند (Backing) تهیه شده باشد، جوشکاری در شرایطی که نیاز به استفاده از پشت بند (Backing) داشته باشد این اضافه کردن پشت بند (Backing) نیز به PQR جدید نیاز ندارد و فقط کافی است این تغییر در WPS اعمال گردد.

٭- QW-402.10- (ø Root spacing)

QW-402 JOINTS

QW-402.10 A change in the specified root spacing.

شکل-۸۸ : پاراگراف QW-402.10 مطابق ASME Section IX-2019

٭- پاراگراف QW-402.10 (ø Root spacing) : (جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه: تغییر در فاصله‌ی تعیین شده برای ریشه‌ی جوش (Root) (منظور فاصله‌ی gap ریشه‌ی جوش است).

توضیح: اندازه‌ی دهانه ریشه‌ی جوش در فرآیندهای مختلف متفاوت است. برای مشخص شدن این فاصله برای فرآیندهای SMAW و SAW می توان به استاندارد (AWS-D1.1-2020) شکلهای Figure 5.2 و Figure 5.1 مراجعه کرد. در این شکلها فاصله‌ی اندازه‌ی دهانه ریشه‌ی جوش (R) بر اساس فرآیند جوش تعیین شده است. به چند نمونه از این فاصله ها در شکل ۵۹ دقت شود.

٭- QW-402.11- (± Retainers)

QW-402 JOINTS

QW-402.11 The addition or deletion of nonmetallic retainers or nonfusing metal retainers.

شکل-۸۹ : تعریف متغیرات غیر اساسی نگهدارنده ها (Retainers) مطابق ASME Section IX-2019

٭- پاراگراف QW-402.11 (± Retainers) : (جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه: اضافه یا حذف شدن نگهدارنده های غیر فلزی یا نگهدارنده های فلزی غیر ذوب شونده.

توضیح: نگهدارنده ها (Retainers) قطعاتی هستند که از آنها بعنوان نگهدارنده‌ی پاس ریشه استفاده می شود. این نگهدارنده ها مطابق زیر به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- فلزی غیر ذوب شونده (Metallic and Nonfusing Such as Copper)

۲- غیر فلزی (Nonmetallic Such as Ceramic)

بطور کلی این نگهدارنده ها فقط جهت نگه داشتن پاس ریشه جوش می باشند و بصورت موقت در طرح اتصال جوش قرار می گیرند و نقشی در خواص مکانیکی و آنالیز شیمیایی جوش ندارند. محدوده‌ی کاربرد این نگهدارنده ها وسیع می باشد و در جوشکاری ورقهای رول شده در بدنه‌ی مخازن ذخیره ای و نیز در جوشکاری لوله ها با قطر بالا که به هر دو طرف لوله امکان دسترسی باشد مورد استفاده قرار می گیرند.

در شکلهای ۹۰ الی ۹۷ چند نوع از این نگهدارنده ها غیر فلزی (Nonmetallic) بررسی می شود:

نگهدارنده هایی (Retainer) که از جنس فایبر گلاس بصورت نواری بر روی ورق نازکی از آلومینیوم تهیه شده اند از سه جزء تشکیل شده که این سه جزء عبارتند از:

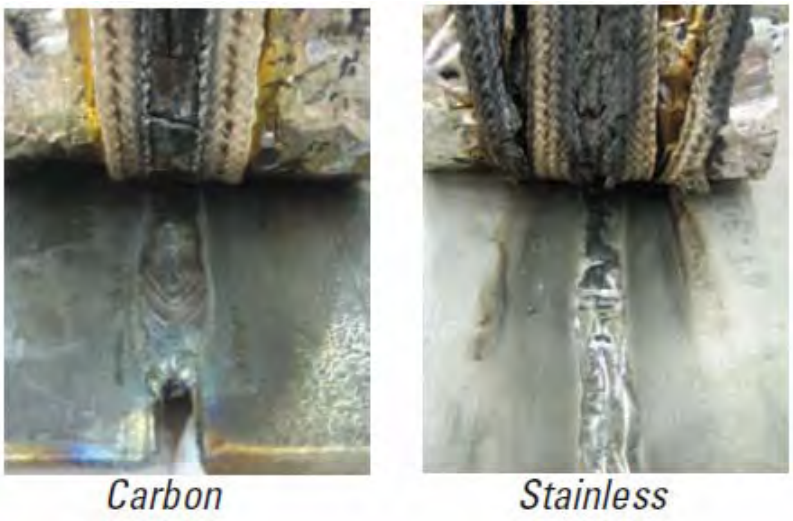
(۱)- جزء اول : ورق نازک آلومینیوم که مقاومت حرارتی آن تا $600^{o}C$ است و در مقابل پارگی (Shear) بسیار مقاوم است.

(۲)- جزء دوم : چسب است که برای نصب نگهدارنده در محل مورد نظر، مورد استفاده قرار می گیرد و مقاومت حرارتی این جزء تا $400^{o}C$ می باشد و کافی است که مصرف کننده پلاستیک محافظ این چسب را بردارد تا بتواند از این چسب استفاده کند.

شکل-۹۰ : نوعی از نگهدارنده ها (Retainers) از جنس فایبر گلاس

(۳)- جزء سوم : قسمت اصلی این نگهدارنده است، قسمتی که مقاومت حرارتی آن 1000ºC است. این قسمت در مرکز این نوار قرار دارد و در موقع اجراء این قسمت دقیقاً در پشت پاس ریشه قرار می گیرد و بدلیل مقاومت حرارتی بالایی که دارد نمی سوزد بلکه بصورت حفاظی پاس ریشه را در مقابل نفوذ اضافی (Excess penetration) و همچنین پاس ریشه را در جوشهای استنلس استیل در مقابل اکسید شدن (Oxidation) محافظت می کند.

در شکل زیر عملیات جوشکاری با استفاده از این گونه نگهدارنده را برای کربن استیل و استنلس استیل می بینید:

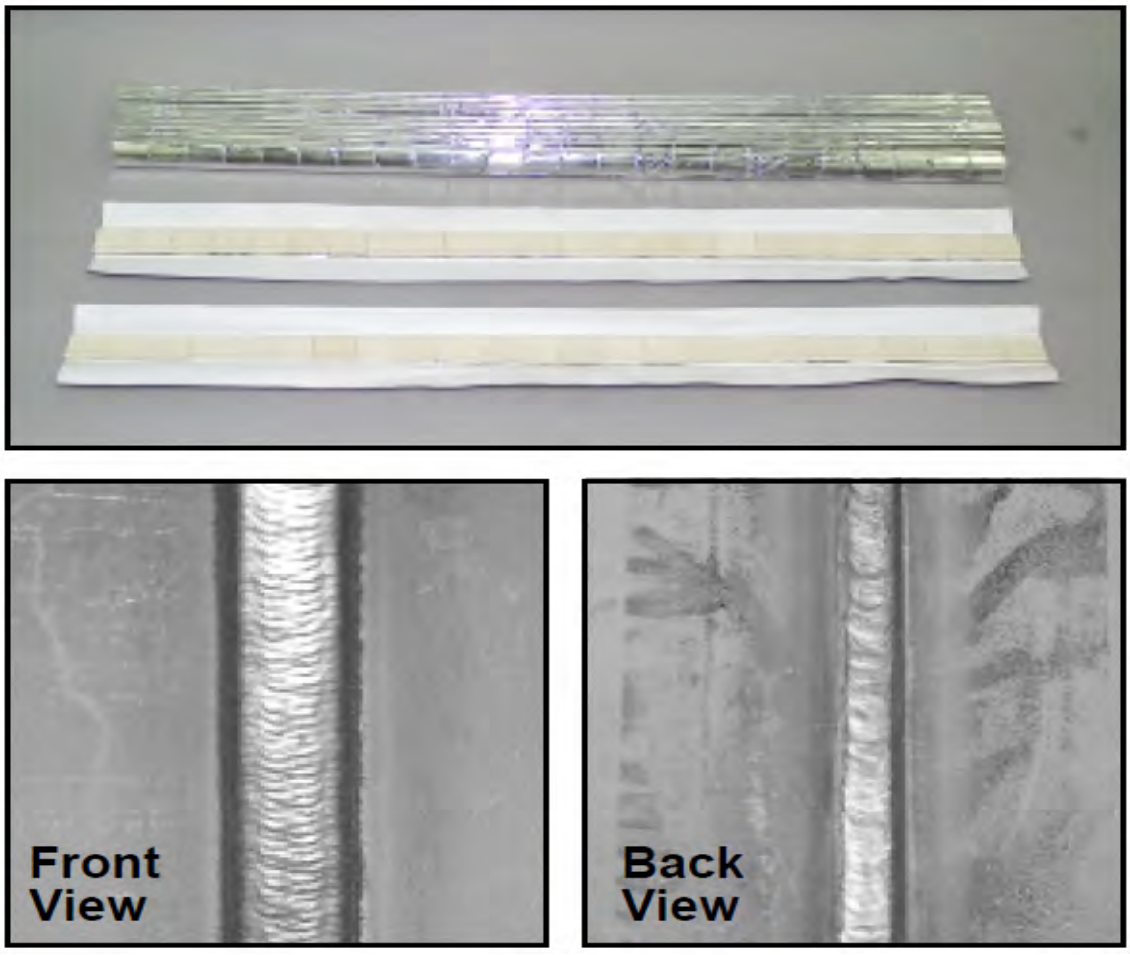


شکل-۹۱ : نوعی از نگهدارنده ها (Retainers) از جنس آلومینیوم

مراحل نصب آن مطابق شکل زیر است:

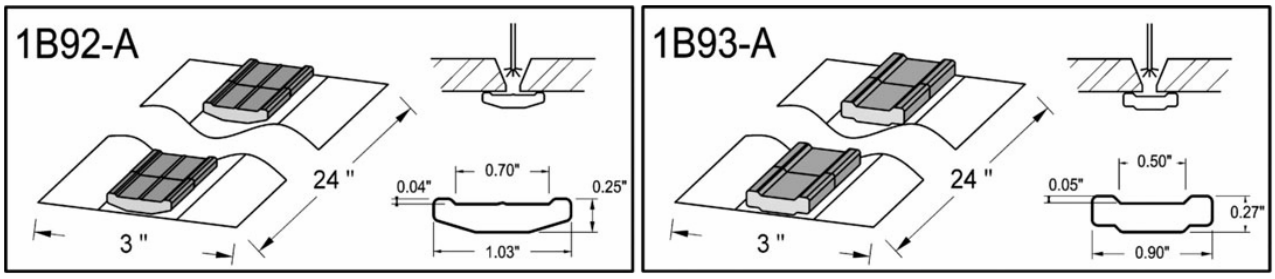
شکل-۹۲ : مراحل نصب نوعی از نگهدارنده ها (Retainers) از جنس آلومینیوم

بطور کلی از نگهدارنده ها (Retainers) در جاهایی استفاده می شود که دسترسی به هر دو سمت جوشکاری امکان پذیر باشد. نوع دیگر نگهدارنده ها، غیر فلزی (مانند سرامیک) می باشند. از سرامیک به علت دارا بودن مقاومت حرارتی بالا می توان بعنوان نگهدارنده‌ی پاس ریشه با نفوذ کامل استفاده کرد. امروزه از این نوع نگهدارنده ها در صنعت بسیار استفاده می شود.

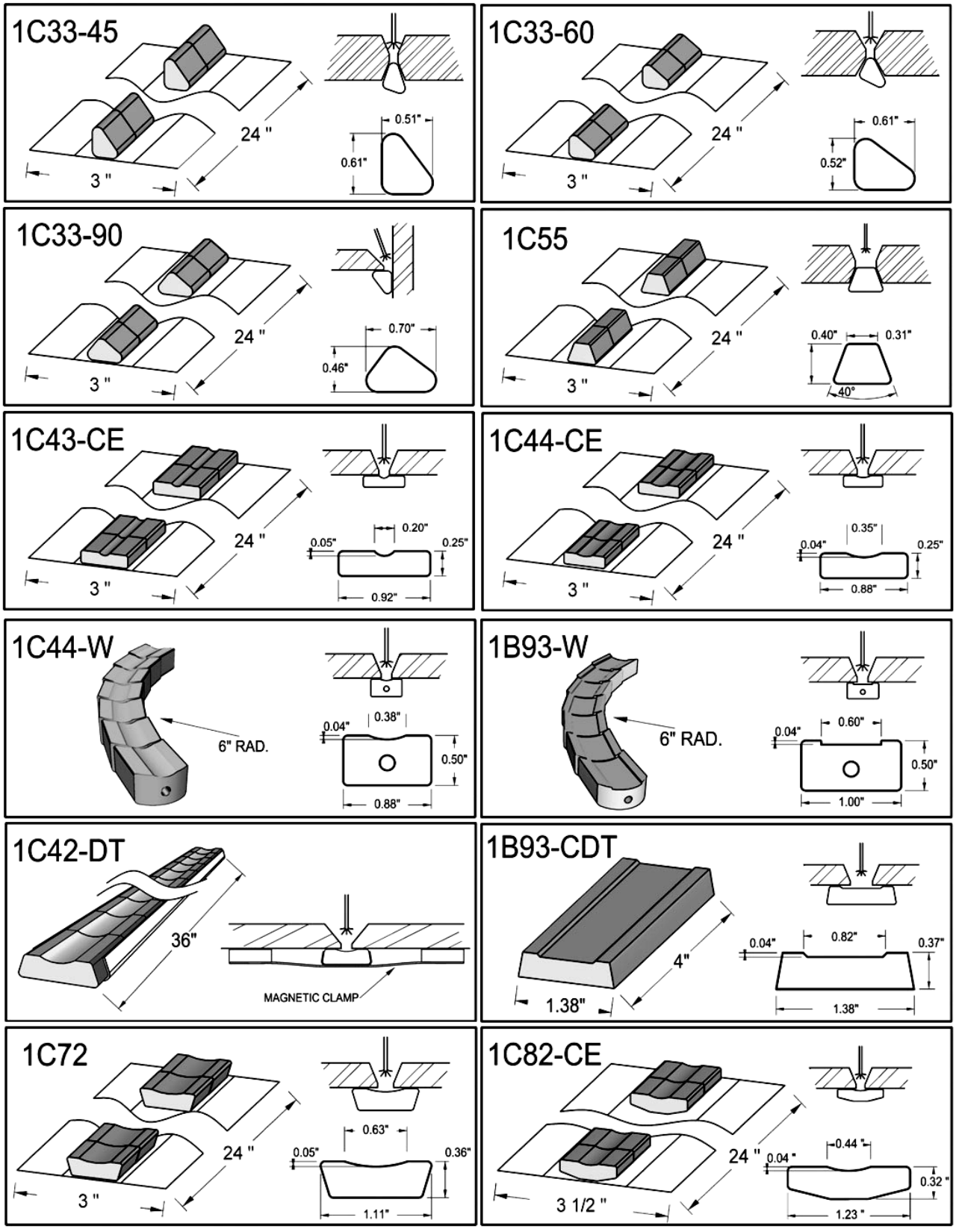


شکل-۹۳ : نوعی از نگهدارنده ها از جنس سرامیک همراه با نوع جوشی که با استفاده از آنها انجام می شود

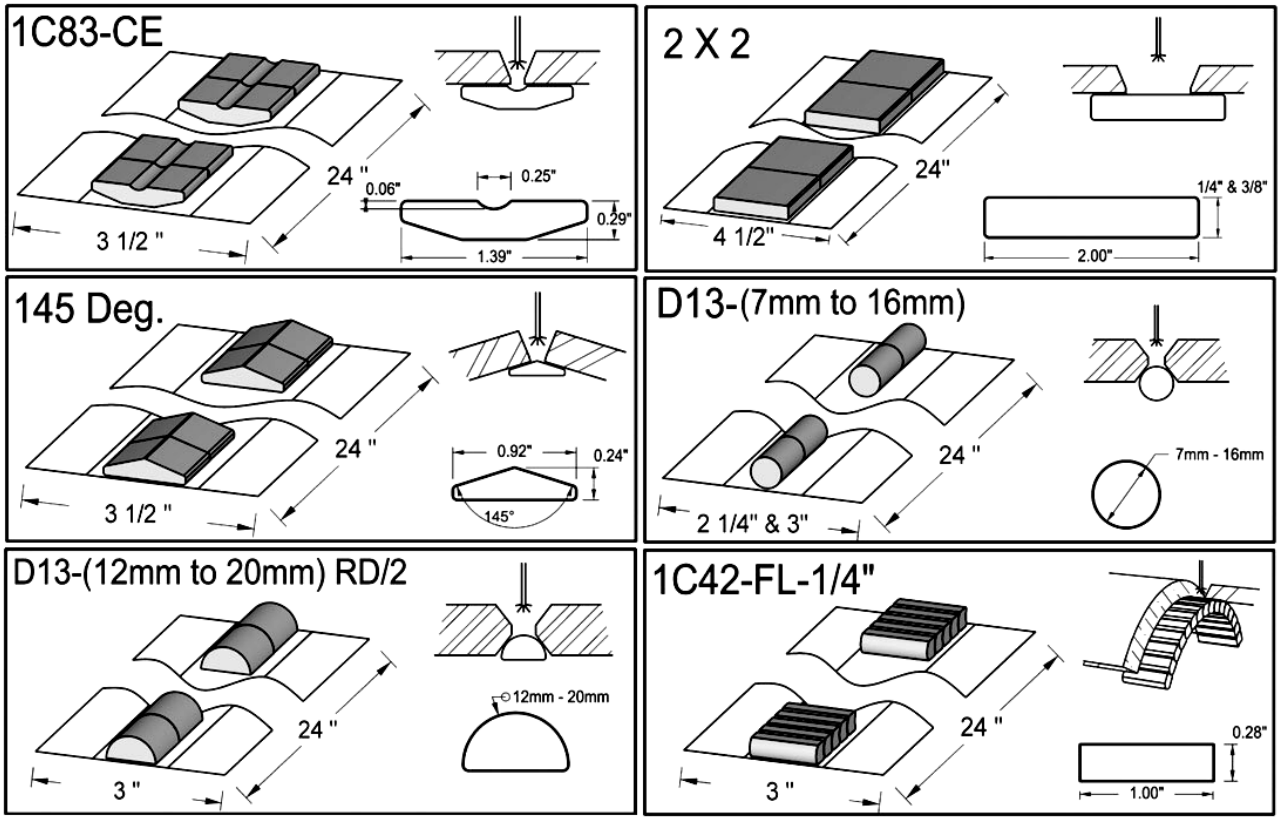
کاربرد این نوع سرامیک ها چگونه است؟ این سرامیک ها در قطعات کوچکی تهیه شده اند که پشت سر هم بر روی یک نوار چسب قرار گرفته اند. این نوع سرامیک ها بنا به موقعیتی که در آن قرار می گیرند دارای شکلهای متفاوتی می باشند. مطابق شکلهای زیر:



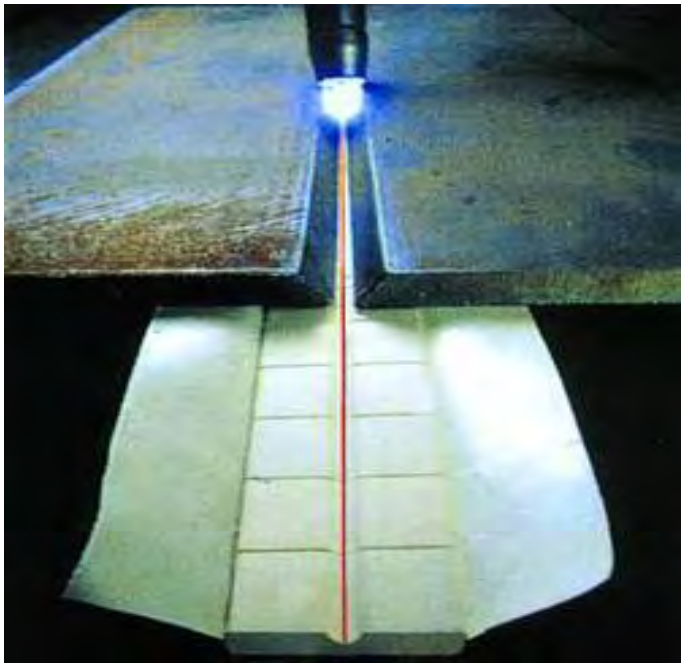
شکل-۹۴ : نوعی از نگهدارنده ها از جنس سرامیک



شکل-۹۵ : نوعی از نگهدارنده ها از جنس سرامیک



شکل-۹۶ : نوعی از نگهدارنده ها از جنس سرامیک

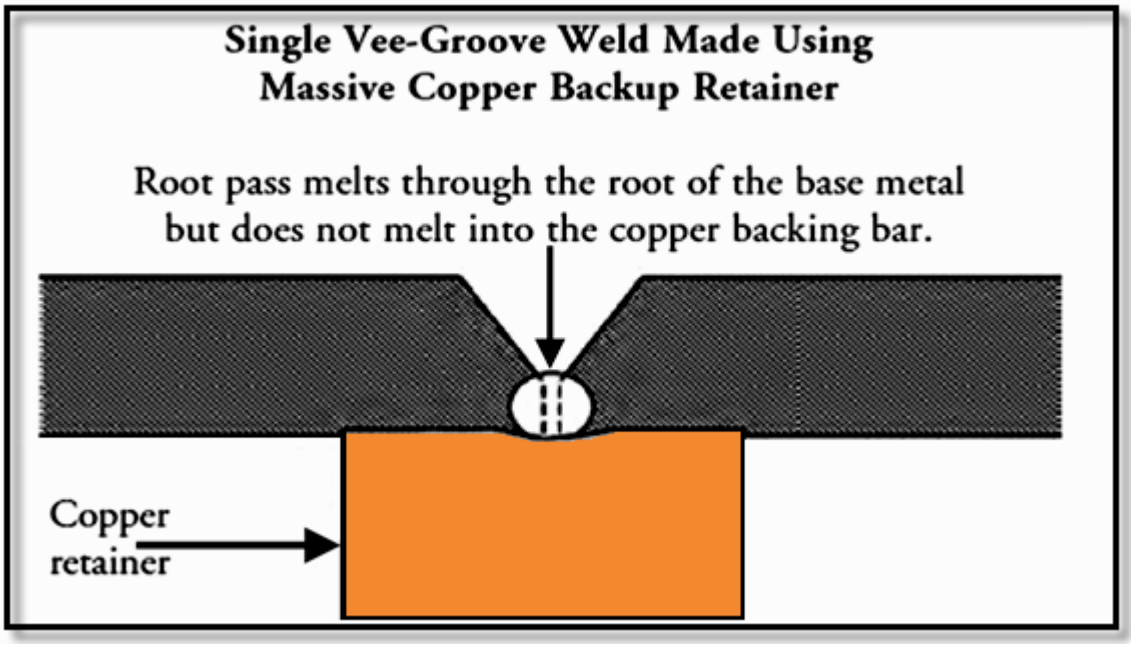


شکل-۹۷ : جوشکاری با استفاده از نگهدارنده از جنس سرامیک

چون شکل این سرامیک ها متفاوت می باشند قرار گرفتن آنها در محل مورد نظر به روش آماده سازی لبه ها بستگی دارند. چنانچه هنگام لبه سازی دقت کافی اعمال نگردد هنگام نصب این سرامیکها با مشکل مواجه می شویم.

بنابراین لبه سازی مناسب، نقش اساسی در نصب این قطعات دارد. پیشنهاد می شود که کار لبه سازی با ابعاد و اندازه های مورد درخواست برای هر نوع از این سرامیکها با دستگاه تراش بر روی ورق یا لوله های مناسب اعمال گردد.

در شکل زیر یک نوع از این نگهدارنده های فلزی (Metallic and Nonfusing) بررسی می شود:



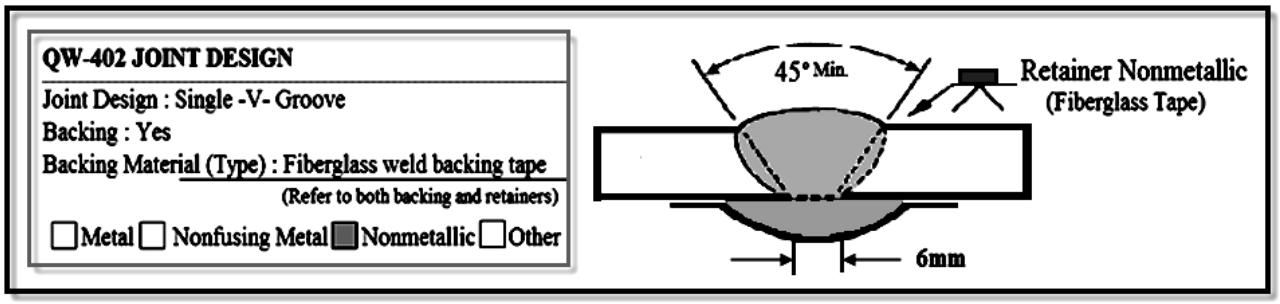
شکل-۹۸ : نوعی از نگهدارنده ها از جنس ورق مسی

این نگهدارنده های فلزی غیر ذوبی (Nonfusing) با وجود اینکه فلزی هستند اما در واکنش جوشکاری دخالتی ندارند و فقط نگهدارنده‌ی پاس ریشه می باشند.

طریقه‌ی نوشتن وضعیت نگهدارنده ها در WPS: در WPS می توان به شکلهای زیر نوشت:

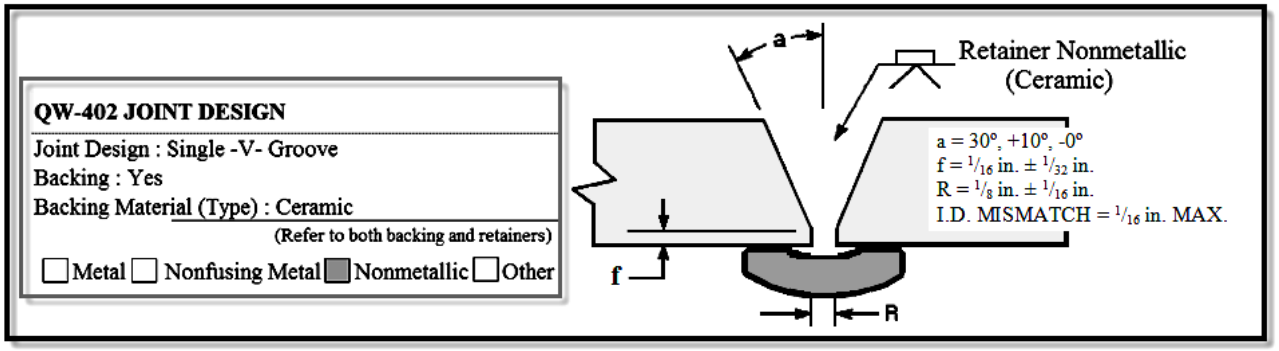
۱- برای نگهدارنده‌ی غیر فلزی از نوع (Fiberglass weld backing tape):

جدول -۱۰ : طریقه‌ی نوشتن وضعیت نگهدارنده ها در WPS



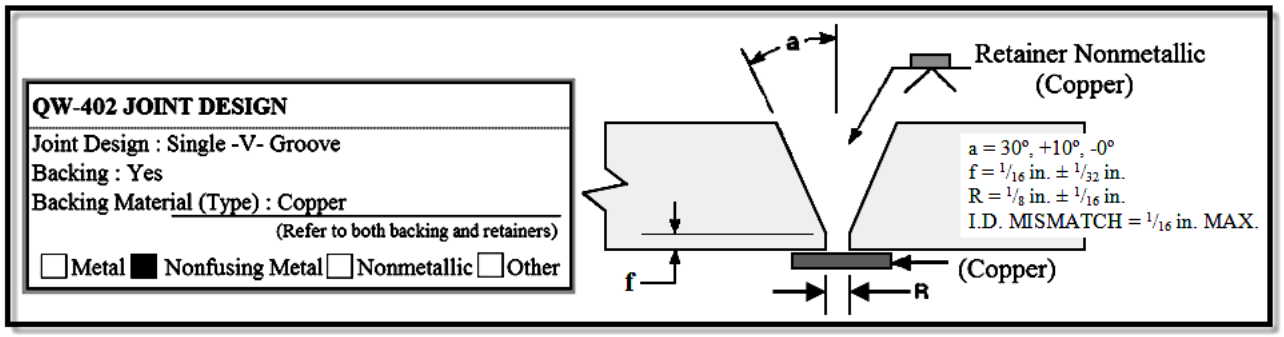
۲- برای نگهدارنده‌ی غیر فلزی از نوع (Nonmetallic- Ceramic):

جدول -۱۱ : طریقه‌ی نوشتن وضعیت نگهدارنده ها در WPS



۳- برای نگهدارنده‌ی فلزی از نوع (Metallic- Copper):

جدول -۱۲ : طریقه‌ی نوشتن وضعیت نگهدارنده ها در WPS



نتیجه: اضافه کردن یا حذف پشت بندهای موقتی (Retainers) از یک PQR نیاز به انجام PQR جدید ندارد. یعنی چنانچه یک PQR با پشت بند موقتی فلزی یا غیر فلزی (Retainers) جوشکاری شود حذف آن پشت بند در WPS نیاز به انجام PQR جدید ندارد فقط کافی است که در WPS این تغییر اصلاح شود و WPS با .Rev جدید به بازرسی کارفرما جهت تأیید اعلام شود.

۲-۲- QW-403- Base Metal

جدول-۱۳ : وضعیت فلز مبنا در WPS مطابق ASME Section IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number		X	
	.6	*T* Limits toughness		X	
	.8	ø *T* Qualified	X		
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	X		
	.11	ø P-No. qualified	X		

پاراگراف QW-403 مربوط به قوانین مشخصه‌ی متریال و محدوده های ضخامتی متریال در یک WPS می باشد. بنابراین پاراگراف QW-403 جزء به جزء مورد بررسی قرار می گیرد.

❋- QW-403.5- (ø Group Number)

QW-403.5 Welding procedure specifications shall be qualified using one of the following:

(a) the same base metal (including type or grade) to be used in production welding

(b) for ferrous materials, a base metal listed in the same P-Number Group Number in Table QW/QB-422 as the base metal to be used in production welding

(c) for nonferrous materials, a base metal listed with the same P-Number UNS Number in Table QW/QB-422 as the base metal to be used in production welding

For ferrous materials in Table QW/QB-422, a procedure qualification shall be made for each P-Number Group Number combination of base metals, even though procedure qualification tests have been made for each of the two base metals welded to itself. If, however, two or more qualification records have the same essential and supplementary essential variables, except that the base metals are assigned to different Group Numbers within the same P-Number, then the combination of base metals is also qualified. In addition, when base metals of two different Group Numbers within the same P-Number are qualified using a single test coupon, that coupon qualifies the welding of those two Group Numbers within the same P-Number to themselves as well as to each other using the variables qualified.

This variable does not apply when toughness testing of the heat-affected zone is not required by other Sections.

شکل-۹۹ : پاراگراف QW-403.5-Group Number مطابق ASME Section IX-2019

*- پاراگراف QW-403.5 (ø Group Number) : تغییر شماره Group- (جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

ترجمه: WPS ها باید با استفاده از یکی از موارد زیر تأیید گردند:

(a) – همان فلز مبنا از جمله Grade و Type باید در جوشکاری پروژه مورد استفاده قرار گیرد.

(b) – برای متریال های آهنی، فلز مبنایی که با همان P-Number و Group Number در جدول QW/QB-422 لیست شده است باید در جوشکاری پروژه مورد استفاده قرار گیرد.

(c) – برای متریالهای غیر آهنی، فلز مبنایی که با همان P-Number و UNS-Number در جدول QW/QB-422 لیست شده است باید در جوشکاری پروژه مورد استفاده قرار گیرد.

برای متریالهای فلزی درج شده در جدول QW/QB-422، باید برای هر ترکیبی از فلزات مبنا با P-Number/Group Number معین یک PQR تهیه گردد حتی چنانچه برای جوشکاری هر کدام از این فلزات مبنا به خودشان PQR تهیه شده باشد. با اینحال اگر دو یا چند PQR دارای متغیرهای اساسی و تکمیلی یکسانی باشند مگر اینکه فلزات مبنا دارای P-Number یکسان ولی Group Number متفاوت باشند، جوشکاری ترکیبی از این دو فلز مبنا نیز مورد تأیید می باشد. علاوه بر این، چنانچه در یک PQR ، ترکیبی از دو متریال با یک P-Number یکسان ولی با دو Group Number متفاوت داشته باشیم این PQR می تواند اتصال آن متریالها را به خودشان نیز Qualify کند بشرطی که دیگر متغیرهای اساسی و تکمیلی را نیز Qualify کند.

وقتی که تست چقرمگی بر روی ناحیه متأثر از حرارت منطقه‌ی HAZ توسط سایر بخش ها لازم دانسته نشده باشد این متغیر بکار برده نمی شود (در واقع کاربرد ندارد).

توضیح: پاراگراف QW-403.5- ø Group Number جزء متغیرات اساسی تکمیلی است یعنی فقط زمانی که PQR به تست ضربه نیاز دارد تغییر در آن، به PQR جدید (مجدد) نیاز دارد. در این پاراگراف اشاره به تغییر Group Number شده است. در استاندارد Section IX مشخصات P-No./Gr.-No. متریال های آهنی را می توان در جدول QW-422 و درAppendix-D مشاهده نمود. (متریال های غیر آهنی Gr.-No. ندارند) در جدول QW-422 متریالها براساس شماره‌ی متریال ردیف شده اند و همینطور شماره‌ی UNS-No متریالها نیز قید شده است. در Appendix-D متریال ها براساس شماره‌ی P-Number/Group Number ردیف شده اند. متریالها در جدول QW-422 به دو دسته، تقسیم شده اند، دسته‌ی آهنی و غیر آهنی. بخشی از جدول که مربوط به متریالهای آهنی و سپس غیر آهنی است:

جدول-۱۴ : جدول QW-422-Ferrous مطابق ASME Section IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	Brazing ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
						Ferrous			
A/SA-36	...	...	58 (400)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si	Plate, bar & shapes
A/SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C	Resistance welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	101	1.1	C	Smls. pipe
A/SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn	Resistance welded pipe
A/SA-53	Type F	K03005	48 (330)	1	1	101	11.1	C	Furnace welded pipe
A/SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn	Smls. pipe
A/SA-105	...	K03504	70 (485)	1	2	101	11.1	C	Flanges & fittings
A/SA-106	A	K02501	48 (330)	1	1	101	1.1	C-Si	Smls. pipe
A/SA-106	B	K03006	60 (415)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si	Smls. pipe
A/SA-106	C	K03501	70 (485)	1	2	101	11.1	C-Mn-Si	Smls. pipe
A108	1015	G10150	...	1	1	101	1.1	C	Bar
A108	1018	G10180	...	1	1	101	1.1	C	Bar
A108	1020	G10200	...	1	1	101	1.1	C	Bar
A108	8620	G86200	...	3	3	102	4.1	0.5Ni-0.5Cr-Mo	Bar

جدول-۱۵ : جدول QW-422-Nonferrous مطابق ASME Section IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
				Nonferrous (Cont'd)				
B16.50	...	C12200	30 (205)	...	107	NA	99.9Cu–P	Wrought piping fittings
B16.50	...	C23000	40 (275)	...	107	NA	85Cu–15Zn	Wrought piping fittings
B/SB-26	T6	A03560	30 (205)	26	...	24.2	Al–Si–Mg	Castings
B/SB-26	T71	A03560	25 (170)	26	...	24.2	Al–Si–Mg	Castings
B/SB-26	...	A24430	17 (115)	26	...	24.1	Al–Si	Castings
B/SB-42	...	C10200	30 (205)	31	107	31	99.95Cu–P	Smls. pipe
B/SB-42	...	C12000	30 (205)	31	107	31	99.9Cu–P	Smls. pipe
B/SB-42	...	C12200	30 (205)	31	107	31	99.9Cu–P	Smls. pipe
B/SB-43	...	C23000	40 (275)	32	107	32.1	85Cu–15Zn	Smls. pipe
B/SB-61	...	C92200	30 (205)	...	107	NA	88Cu–Sn–Zn–Pb	Castings
B/SB-62	...	C83600	30 (205)	...	107	NA	85Cu–5Sn–5Zn–5Pb	Castings
B68	...	C10200	30 (205)	31	107	31	99.95Cu–P	Tube
B68	...	C12000	30 (205)	31	107	31	99.9Cu–P	Tube
B68	...	C12200	30 (205)	31	107	31	99.9Cu–P	Tube

در جدول QW/QB-422 شماره‌ی P-Number/Group Number متریال های آهنی و P-Number متریال های غیر آهنی قید شده است. در این جدول حداقل استحکام کششی هر متریال نیز عنوان شده است. اما دسته بندی در Appendix-D بر اساس شماره‌ی P-No./Gr. -No. برای متریالهای آهنی و P-No./UNS No. برای متریالهای غیر آهنی ردیف شده است. لازم به تذکر است متریالها براساس شماره هم ردیف شده اند.

جدول-۱۶ : ضمیمه‌ی Appendix - D بخش متریال های آهنی مطابق ASME Section IX-2019

NONMANDATORY APPENDIX D
P-NUMBER LISTING

P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.
Steel and Steel Alloys			
1	1	A/SA-36	...
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. A
1	1	A/SA-53	Type E, Gr. B
1	1	A/SA-53	Type F
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. A
1	1	A/SA-53	Type S, Gr. B
1	1	A/SA-106	A
1	1	A/SA-106	B
1	1	A/SA-369	FPA
1	1	A/SA-369	FPB
1	1	A/SA-372	A
1	1	A381	Y35
1	1	A381	Y42
1	1	A381	Y46

جدول-۱۷ : ضمیمه‌ی Appendix - D بخش متریال های غیر آهنی مطابق ASME Section IX-2019

NONMANDATORY APPENDIX D
P-NUMBER LISTING

P-No.	Grp. No.	Spec. No.	Type, Grade, or UNS No.
Nickel and Nickel-Base Alloys (Cont'd)			
43	...	B/SB-564	N10362
43	...	B/SB-572	N06002
43	...	B/SB-572	N06230
43	...	B/SB-705	N06625
44	...	B/SB-333	N10001
44	...	B/SB-333	N10629

با این توضیحات مشخص گردید که برای تعیین P-Number/Group Number هر متریال بایستی به کجا مراجعه نمود.

توضیح: پارامترهای پاراگراف QW-403.5- ø Group Number :

*- WPS ها باید با استفاده از یکی از موارد زیر تأیید گردند:

(a) – همان فلز مبنا از نظر Grade و Type باید در جوشکاری پروژه مورد استفاده قرار گیرد. یعنی وقتی یک متریال با یک Grade و Type مشخص برای PQR انتخاب می شود باید در WPS آن همان متریال با همان Grade و Type ذکر شود و در عملیات جوشکاری پروژه نیز باید از همان متریال استفاده شود. مانند نمونه های زیر:

جدول-۱۸ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR

Specification in PQR	Specification in WPSs
SA-516-Gr.-60 To SA-516-Gr.-60	SA-516-Gr.-60 To SA-516-Gr.-60
SA-516-Gr.-70 To SA-516-Gr.-70	SA-516-Gr.-70 To SA-516-Gr.-70
SA-106-Gr.B To SA-106-Gr.B	SA-106-Gr.B To SA-106-Gr.B

این حالت در بعضی از مواقع در بعضی از سرویس های حساس بکار برده می شود. بطور مثال می توان این حالت را در استاندارد ASME-B31.3 در سرویس High pressure piping مشاهده نمود.

K328.2 Welding Qualifications

K328.2.1 Qualification Requirements. Qualification of the welding procedures to be used and of the performance of welders and welding operators shall comply with the requirements of the BPV Code, Section IX, except as modified herein.

(b) Test weldments shall be made using the same specification and type or grade of base metal(s), and the same specification and classification of filler metal(s) as will be used in production welding.

شکل-۱۰۰ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME B31.3-2018

- پاراگراف K328.2 (Welding Qualifications) : تأیید صلاحیت های جوشکاری

- پاراگراف K328.2.1 (Qualification Requirements) : الزامات تأیید صلاحیت

تأیید صلاحیت دستورالعمل های جوشکاری که مورد استفاده قرار خواهد گرفت و توسط جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری انجام می شوند بایستی بطور کامل با الزامات کُد BPV, Section IX مطابقت داشته باشد. مگر اینکه در این مورد تغییری صورت گرفته باشد.

(b) – آزمایش قطعات جوش شده بایستی با استفاده از همان مشخصات و نوع و گرید فلز پایه انجام شود همچنین بایستی با همان مشخصات و دسته بندی های فیلر متال یا فیلر متال هایی که در جوشکاری تولید (ساخت) مورد استفاده قرار خ.اهند گرفت، انجام گردند.

(b) – متریالی که در PQR از آن استفاده شده است دارای یک P-Number/Group Number می باشد. در WPS و جوشکاری پروژه می توان از متریالی با همان مشخصه P-Number/Group Number استفاده نمود. هر چند که از لحاظ شکل متریال با هم متفاوت باشند.

بطور نمونه: با توجه به متریال PQR ما می توانیم در WPS متریال های ذکر شده در جدول زیر را داشته باشیم:

جدول-۱۹ : تطابق P-No. متریالهای WPS با P-No. های متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

P-No. in PQR	P-No. Qualified in WPS
(P-No.-1 Gr. 1) To (P-No.-1 Gr. 1) SA-516-Gr.-60 To SA-516-Gr.-60	(P-No.-1 Gr. 1) To (P-No.-1 Gr. 1) SA-516-Gr.-60 To SA-516-Gr.-60 SA-106-Gr.B To SA-106-Gr.B SA-283-Gr.C To SA-283-Gr.C SA-285-Gr.C To SA-285-Gr.C

یعنی در واقع ملاک تطابق مشخصه‌ی P-Number/Group Number متریالهای WPS با متریال PQR است که باید انتخاب ما مطابق با پاراگراف (b) از QW-403.5 باشد. به نمونه زیر دقت شود:

اگر در PQR برای یک اتصال غیر یکسان کربن استیل به استنلس استیل از متریالهایی با مشخصات SA106 Gr.B **To** SA312-Type 321 استفاده شده باشد در WPS می توان مشخصات زیر را نوشت:

جدول-۲۰ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

P-No. in PQR	P-No. Qualified in WPS
P-No.1, Gr.-1 To P-No.-8, Gr.-1 SA-106-Gr.B T0 SA-312-Type-321	P-No.1, Gr.-1 To P-No.-8, Gr.-1 SA-106-Gr.B T0 SA-312-Type-321 SA-333-Gr.6 T0 SA-312-Type-347 API-5L-Gr.B T0 SA-312-Type-316 SA-53-Gr.B T0 SA-312-Type-304

(c) – این پاراگراف به این شکل است: متریالهای غیر آهنی (Nonferrous) متریال هایی هستند که .Gr. No ندارند اما این متریالها .P-No. /UNS-No دارند. بنابراین متریالی که برای PQR انتخاب می شود با توجه به شماره‌ی .P-No. /UNS-No آن متریال، در WPS آن می توان از متریالهایی با همان .P-No. /UNS-No استفاده نمود.

با توجه به متریال PQR که غیر آهنی (Nonferrous) می باشد و نیز با توجه به مشخصه‌ی .P-No. /UNS-No آن متریال در WPS، متریال های ذکر شده در جدول زیر را می توانیم داشته باشیم.

جدول-۲۱ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

P-No. in PQR	P-No. Qualified in WPS
P-No.-23/UNS-No. A96061 To P-No.-23/UNS-No. A96061 SB-210 T0 SB-210	P-No.-23/UNS-No. A96061 To P-No.-23/UNS-No. A96061 SB-210 T0 SB-210 SB-211 To SB-211 SB-221 T0 SB-221 SB-234 To SB-234

در ادامه‌ی این پاراگراف چنین قید شده است که:

برای متریالهای آهنی (Ferrous) که در QW/QB-422 لیست شده اند بایستی برای هر اتصال ترکیبی از دو متریال با P-Number/Group Number مشخص یک PQR انجام شود حتی اگر برای جوشکاری هرکدام از این متریالها به خودشان PQR تهیه شده باشد. نمونه های زیر:

جدول-۲۲ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

PQR	Qualified WPSs
PQR #1 P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-1	WPS #1 (All) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-1
PQR #2 P-No.-8,Gr.-1 To P-No.-8,Gr.-1	WPS #2 (All) P-No.-8,Gr.-1 To P-No.-8,Gr.-1
PQR #3 P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-8,Gr.-1	WPS #3 (All) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-8,Gr.-1

به استثناء فلزات مبنایی که دارای P-Number یکسان ولی Group Number متفاوت باشند و متغیرهای اساسی و تکمیلی یکسانی داشته باشند جمع PQR های هر کدام به تنهایی، WPS ترکیبی از این دو متریال را نیز Qualify می کند. نمونه های زیر:

جدول-۲۳ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

PQR	Qualified WPSs
PQR #1 P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-1 PQR #2 P-No.-1,Gr.-2 To P-No.-1,Gr.-2	WPS #1 (All) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-1
	WPS #2 (All) P-No.-1,Gr.-2 To P-No.-1,Gr.-2
	WPS #3 (All) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-2

حالت دیگری از وضعیت PQR و WPS مطابق سطرهای آخر پاراگراف یعنی ...,In addition :

چنانچه در یک نمونه PQR ترکیبی از دو متریال با یک P-Number ولی با دو Group Number های متفاوت داشته باشیم این PQR می تواند اتصال آن متریالها را به خودشان نیز Qualify کند بشرطی که دیگر متغیرهای اساسی و تکمیلی را نیز Qualify کند. نمونه زیر:

جدول-۲۴ : تطابق متریالهای WPS با متریال PQR مطابق ASME Sec. IX-2019

PQR	Qualified WPSs
PQR #1 P-No.-1,Gr.-1 To P-No.1,Gr.-2	WPS #1 (Any) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-2
	WPS #2 (Any) P-No.-1,Gr.-2 To P-No.-1,Gr.-2
	WPS #3 (Any) P-No.-1,Gr.-1 To P-No.-1,Gr.-1

توجه: بر فرض مثال، چنانچه برای PQR #1 از الکترود E7018-A1 استفاده کرد، برای اینکه متغیرها را رعایت نمود می بایست از همین الکترود در WPS #1, WPS #2 & WPS #3 استفاده کرد.

نکته‌ی مهم: زمانی که تست ضربه بر روی ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) توسط سایر بخشها (منظور کُدها و استانداردها) لازم نباشد بکار برده نمی شود.

سؤال: در کجا تست ضربه بر روی ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) لازم نیست؟ در استاندارد API-650-2020 پاراگراف 9.2.2.2 در مبحث تست ضربه چنین مطرح شده است که:

> **9.2.2.2** When impact testing of a material is required by 4.2.9, 4.2.10, or 4.5.4 impact tests of the heat-affected zone shall be made for all machine, automatic, and semiautomatic welding procedures.

شکل -۱۰۱ : نیاز به تست ضربه در منطقه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) مطابق API-650-2020-Para. 9.2.2.2

*- پاراگراف 9.2.2.2- زمانیکه طبق پاراگرافهای 4.2.9 و 4.2.10 و 4.5.4 تست ضربه متریال لازم الاجرا باشد، برای تمام فرآیند های جوشکاری ماشینی، اتوماتیک و نیمه اتوماتیک، از ناحیه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ) باید تست ضربه به عمل آید.

نتیجه: بنابراین: با توجه به پاراگراف فوق می توان اینطور نتیجه گرفت که در این استاندارد برای روش جوشکاری دستی لازم نیست که از ناحیه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ) تست ضربه به عمل آید.

پس در چنین شرایطی تغییر در Group Number نیاز به PQR جدید ندارد و از جهتی می توان اینطور نتیجه گرفت که، در مورد پاراگراف (QW-403.5- ø Group Number) وقتی PQR بویژه در ناحیه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ) نیاز به تست ضربه داشته باشد تغییر در Group Number نیاز به PQR مجدد دارد. برای درک بهتر پاراگراف QW-403.5 به سؤال هایی که در این زمینه استاندارد ASME Sec. IX پاسخ داده است توجه نمایید:

***- پرسش اول: Interpretation: IX-89-23-QW-403.5

Interpretation: IX-89-23
Subject: Section IX, QW-403.5
Date Issued: June 7, 1989
File: BC-89-096

Question (1): A welding procedure qualification is made using the following combination of base metals P- No.1 Gr-No.1 to P-No.1 Gr-No.2. The client specification requires impact testing only for P-No.1 Gr-No.1 materials (in the weld metal and heat affected zone). For procedure qualification purposes, is the impact testing only required in the weld metal and in the heat affected zone on the P-No.1 Gr-No.1 base metal side?

Reply (1): Impact tests are conducted when required by other ASME Sections.

Question (2): Does the procedure qualification test coupon qualify the welding of P-No.1 Gr-No.1 base metal to any other P-No.1 base metal not to be impact tested using the variables qualified?

Reply (2): Yes.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-89-23-QW-403.5
موضوع بخش IX و پاراگراف QW-403.5
شماره فایل: BC-89-096

سؤال ۱ : تأیید یک دستورالعمل جوشکاری (WPS) با استفاده از ترکیبی از فلزات مبنا P- No.1 Gr-1 to P-No.1 Gr-2 انجام شده است. بر اساس مشخصات فنی کارفرما فقط متریال های P- No.1 Gr-1 به تست ضربه نیاز دارد (در فلز جوش و منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت). برای تأیید این دستورالعمل آیا فقط فلز جوش و منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت مربوط به قسمت فلز پایه P- No.1 Gr-1 به تست ضربه نیاز دارد؟

جواب ۱ : تست ضربه هنگامی که بوسیله بخش های دیگر ASME نیاز می باشد، انجام می گردد.

سؤال ۲ : آیا تست کوپن تأیید صلاحیت دستورالعمل (PQR) با استفاده از متغیرات تأیید شده، جوشکاری فلز مبنا با مشخصه‌ی P- No.1 Gr-1 به همه‌ی فلزات پایه دیگر با P- No.1 که تست ضربه نشده اند را تأیید می کند؟

جواب ۲ : بله

***- پرسش دوم: Interpretation: IX-89-26-QW-403.5

Interpretation: IX-89-26
Subject: Section IX, 1987 Addenda, QW-403.5, and QW-424

Date Issued: June 7, 1989
File: BC-89-103
Question (1): A PQR has been qualified using a combination of SMAW and SAW on P-No.5 Gr-No.1 and P-No.4 Gr-No.l materials. Will a WPS be supported utilizing this PQR for P-No.5 Gr-No.1 to P-No.4 Gr-No.1, P-No.3, or P-No.1 materials if supplementary essential variables are required?
Reply (1): No, only P-No.5 Gr-No.1 to P-No.4 Gr-No.1 is qualified.
Question (2): Will a WPS be supported utilizing the above PQR for P-No.5 Gr-No.1 to P-No.5 Gr-No.1 or P-No.4, P-No.3, or P-No.1, if supplementary essential variables are not required?
Reply (2): The following combinations are qualified: P-No.5 to P-No.4, P-No.4 to P-No.4, P-No.4 to P-No.3, and P-No.4 to P-No.1

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-89-26
موضوع: بخش IX پاراگراف های QW-424 و QW-403.5
شماره فایل: BC-89-103
سؤال ۱ : یک PQR بر روی متریالهای P-No.5 Gr-No.1 و P-No.4 Gr-No.1 با استفاده از فرآیند ترکیبی SMAW و SAW تأیید شده است. آیا یک WPS با استفاده از این PQR برای متریالهای P-No.5 Gr-No.1 به متریالهای P-No.4 Gr-No.1 و P-No.3 یا P-No.1 ساپورت می شود اگر متغیرات ضروری تکمیلی نیاز باشد؟
جواب ۱ : خیر فقط P-No.5 Gr-No.1 به P-No.4 Gr-No.1 تأیید می شود.
سؤال ۲ : آیا یک WPS با استفاده از PQR بالا برای:
P-No.5 Gr-No.1 to P-No.5 Gr-No.1 or P-No.4, P-No.3, or P-No.1,
ساپورت می شود اگر متغیرات ضروری تکمیلی نیاز نباشد؟
جواب ۲ : ترکیب های زیر تأیید می شوند.
P-No.5 to P-No.4, P-No.4 to P-No. 4, P-No. 4 to P-No. 3, and P-No. 4 to P-No.1.

***- پرسش سوم: Interpretation: IX-89-75-QW-403.5

Interpretation: IX-89-75
Subject: Section IX; QW-403.5, QW-403.11, and QW-424
Date Issued: September 20, 1990
File: BC90-443
Question (1): A procedure qualification using the SMAW process in a V-groove joint has been qualified with acceptable bends, tensiles and charpy V-notch impact specimens, using P-No. 1 Gr. No. 2 material welded to a P-No. 3 Gr. No. 3 material. Does the procedure qualification support the welding of P-No. 1 Gr. No. 2 material together when notch toughness tests are required?
Reply (1): No.
Question (2): Does the procedure qualification support the welding of P-No. 1 Gr. No. 2 material to P-No. 3 Gr. No. 3 material?
Reply (2): Yes.
Question (3): Does the procedure qualification support the welding of P-No. 3 Gr. No. 3 material together?
Reply (3): No.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-89-75-QW-403.5
موضوع: بخش IX پاراگراف های QW-403.5 و QW-403.11 و QW-424
شماره فایل: BC90-443
سؤال ۱ : صلاحیت یک دستورالعمل با استفاده از فرآیند جوشکاری SMAW در یک اتصال شیاری V و با نمونه های خمش، کشش و تست ضربه‌ی قابل قبول تأیید شده است و در آن متریال P-No.1 Gr-No.2 به P-No.3 Gr-No.3 جوشکاری شده است. آیا وقتی آزمون چقرمگی نیاز می باشد دستورالعمل مذکور جوشکاری متریال P-No.1 Gr-No.2 به یکدیگر (خودش) را تأیید می کند؟
جواب ۱ : خیر
سؤال ۲ : آیا دستورالعمل مذکور جوشکاری متریال P-No.1 Gr-No.2 به P-No.3 Gr-No.3 را تأیید می کند؟
جواب ۲ : بله
سؤال ۳ : آیا دستورالعمل مذکور جوشکاری متریال P-No.3 Gr-No.3 به یکدیگر (خودش) را تأیید می کند؟
جواب ۳ : خیر
***- پرسش چهارم: Interpretation: IX-92-70R-QW-403.5

Interpretation: IX-92-70R
Subject: QW-403.5, Base Metals
Date Issued: June 4, 2001
File: BC00-470

Question (1): When a procedure qualification with supplemental notch toughness requirement is conducted with one P-Number material having multiple certifications in different Group Numbers, are WPSs qualified for all combinations of the Group Numbers?
Reply (1): Yes.

Question (2): In the above question, does one set of HAZ impact specimens, when required, satisfy the requirements of Section IX?
Reply (2): Yes.

Question (3): When a procedure qualification with supplemental notch toughness requirement is conducted with two materials of different P-Number each having multiple certifications in different Group Numbers, are WPSs qualified for all combinations of the multiple certified Group Number of the first P-Number material to the multiple certified Group Number of the second P-Number material?
Reply (3): Yes.

Question (4): In the above question, does one set of HAZ impact specimens from each P-Number material, when required, satisfy the requirement of Section IX?
Reply (4): Yes.

Question (5): In Question (3), are materials from the multiple certified Group Numbers qualified for welding a P-Number material to itself?
Reply (5): No.

Note: The term "multiple certifications" as used means any material for which a material test report indicates that the material meets all the requirements of two or more specifications, grades, types, or classes.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-92-70R-QW-403.5

موضوع: بخش IX پاراگراف QW-403.5 و فلز پایه

شماره فایل: BC00-470

سؤال ۱ : وقتی صلاحیت یک دستورالعمل با الزام تکمیلی تست چقرمگی بر روی یک .P-No که در .Gr.-No های متفاوت دارای تأییدیه های مختلف می باشند، انجام شده باشد، آیا WPS ها برای همه‌ی Gr.-No های ترکیبی قابل تأیید می باشد؟

جواب ۱ : بله

سؤال ۲ : در مورد سؤال فوق، آیا وقتی یک ست از نمونه های تحت تأثیر حرارت مربوط به تست ضربه نیاز باشد، الزامات Section IX رعایت شده است؟

جواب ۲ : بله

سؤال ۳ : وقتی صلاحیت یک دستورالعمل با الزام تکمیلی تست چقرمگی بر روی دو متریال با .P-No مختلف که هر کدام در .Gr.-No های متفاوت دارای تأییدیه های مختلف می باشند، انجام شده باشد، آیا WPS ها برای ترکیب همه‌ی .Gr.-No های متریال .P-No اول به .Gr.-No متریال .P-No دوم که دارای تأییدیه چندگانه است قابل تأیید می باشد؟

جواب ۳ : بله

سؤال ۴ : در خصوص سؤال فوق، آیا وقتی که یک ست از نمونه های منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت مربوط به تست ضربه از هر متریال مورد نیاز باشد، الزامات Section IX برآورده شده است؟

جواب ۴ : بله

سؤال ۵ : در خصوص سؤال (3)، آیا متریال های مربوط به.Gr.-No هایی که دارای تأییدیه چندگانه می باشند، برای جوشکاری متریال یک .P-No به خودش قابل تأیید می باشد؟

جواب ۵ : خیر

یادداشت: عبارت «تأییدیه های چندگانه» یعنی هر متریالی که گواهینامه تست آن (MTR: (Material Test Report نشان دهد که متریال با همه‌ی الزامات دو یا بیشتر مشخصات فنی ، گریدها، نوع ها یا کلاس ها مطابقت دارد.

***- پرسش پنجم: Interpretation: IX-95-21-QW-403.5

Interpretation: IX-95-21
Subject: Section IX, QW-403.5, Base Metals
Date Issued: October 19, 1995
File: BC95-318

Background: A PQR is qualified in accordance with Section IX, with supplementary essential variables, using a material from British Standard 1501-224-490A-LT50.

Question: May this PQR be used to support a WPS utilizing a P-Number 1, Group Number 2 material with supplementary essential variables?

Reply: No.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-95-21-QW-403.5

موضوع: بخش IX ، پاراگراف QW-403.5 و فلز پایه

شماره فایل: BC95-318

سابقه: یک PQR مطابق با Section IX ، با متغیرات اساسی تکمیلی با استفاده از یک استاندارد بریتانیایی (BS) تأیید شده است.

سؤال ۱ : آیا ممکن است این PQR برای پشتیبانی یک WPS با استفاده از متریال P-No. 1, Gr.-No. 2 با متغیرات اساسی تکمیلی مورد استفاده قرار گیرد؟

جواب ۱ : خیر

Interpretation: IX-15-15

Subject: QW-403.5, Procedure Qualification With Dissimilar Base Materials

Date Issued: December 1, 2014

File: 14-1656

Background: A test coupon has been welded using SA-333 Gr. 6 (P-No.1, Group 1) to SA-350 Gr. LF2 (P-No. 1, Group 2) resulting in an impact tested (weld and both heat-affected zones) Procedure Qualification Record.

Question: May a WPS be written, supported by this PQR using the variables qualified, for welding all P-No. 1, Group 2 materials to themselves, e.g., API 5L X65?

Reply: Yes.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-15-15

موضوع: بخش پاراگراف QW-403.5 صلاحیت رویه با متریالهای پایه غیر هم جنس

شماره فایل: 14-1656

سابقه: یک تست کوپن با استفاده از متریال SA-333 Gr. 6 (P-No.1, Group 1) جوش شده به متریال SA-350 Gr. LF2 (P-No. 1, Group 2) و صلاحیت رویه نتیجه تست ضربه از قسمتهای جوش و HAZ ثبت شد.

سؤال : آیا ممکن است این PQR برای پشتیبانی یک WPS با استفاده از متریال P-No. 1, Gr.-No. 2 با متغیرات اساسی تکمیلی مورد استفاده قرار گیرد؟

جواب : بله

* QW-403.6- (T Limits toughness)

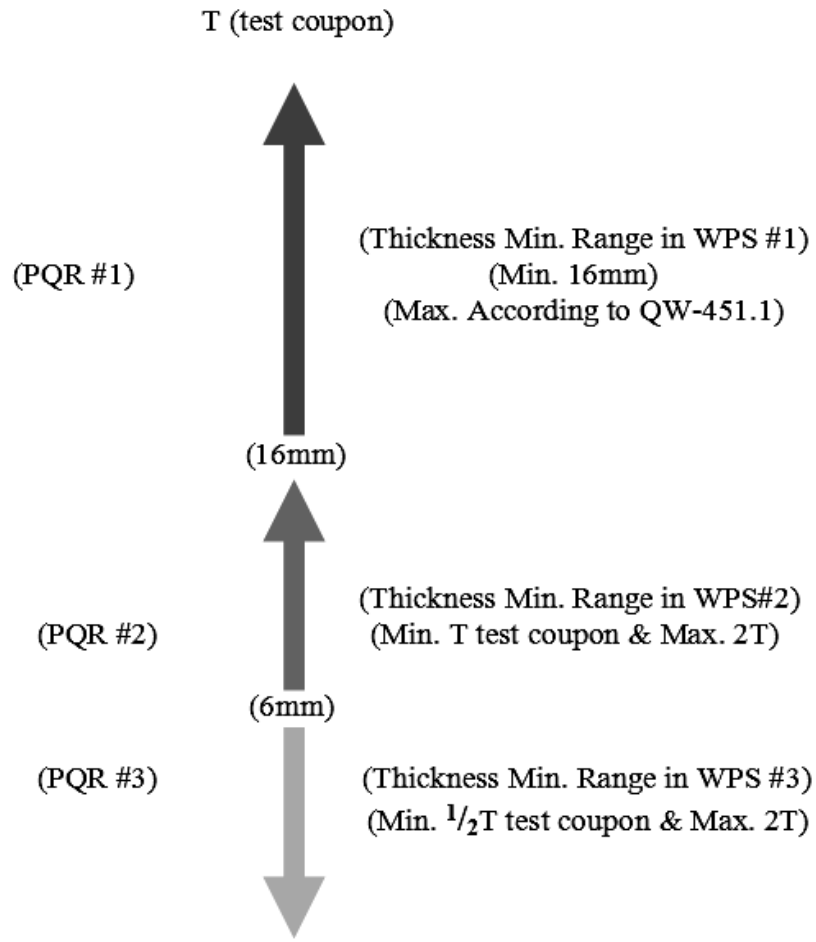
(جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

QW-403.6 The minimum base metal thickness qualified is the thickness of the test coupon T or $\frac{5}{8}$ in. (16 mm), whichever is less. However, where T is $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) or less, the minimum thickness qualified is $\frac{1}{2}T$. This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

شکل-۱۰۲ : پاراگراف QW-403.6 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-403.6 (T Limits toughness) : محدودیت های ضخامت (برای شرایط) چقرمگی (جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

ترجمه: حداقل ضخامت فلز مبنا که تأیید می گردد برابر است با ضخامت T=Test Coupon یا $^{5}/_{8}$ in. 16mm هر کدام که کوچکتر است. با اینحال اگر ضخامت *T*=Test Coupon برابر $^{1}/_{4}$ in. (6mm) یا کوچکتر باشد، حداقل ضخامت فلز مبنا که تأیید می گردد برابر است با نصف ضخامت *T*=Test Coupon ($^{1}/_{2}T$). وقتی WPS در شرایطی تأیید گردد که PWHT در درجه حرارتی بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی انجام شده باشد و یا زمانی که یک متریال آستنیتی یا P-No10H پس از جوشکاری Solution Annealing شده باشد، این متغیر بکار برده نمی شود.



شکل-۱۰۳ : نمودار پاراگراف (QW-403.6) مطابق ASME Sec. IX-2019

توضیح: پاراگراف: QW-403.6-*T* Limits toughness این پاراگراف جزء متغیرات تکمیلی اساسی است و زمانی کاربرد دارد که تست PQR نیاز به تست ضربه داشته باشد.

محدوده‌ی ضخامتی این پاراگراف را می توان در سه سطح ضخامتی تعریف کرد:

۱- بیشتر از 16mm ، حداقل ضخامت این محدوده 16mm است.

۲- کمتر از 16mm تا (6mm) حداقل ضخامت این محدوده T test coupon است.

۳- کمتر از 6mm حداقل ضخامت این محدوده $^{1}/_{2}$T test coupon است.

حداکثر ضخامت این سه سطح باید مطابق QW-451.1 باشد. به مثالهای زیر دقت شود:

(a) – اگر PQR دارای ضخامت 32mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 16mm است.

(b) – اگر PQR دارای ضخامت 12mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 12mm است.

(c) – اگر PQR دارای ضخامت 5mm باشد حداقل ضخامتی که برای این PQR تأیید می شود 2.5mm است.

نتیجه: هنگامی که PQR نیاز به تست ضربه دارد رعایت حداقل ضخامت بسیار مهم و قابل توجه می باشد. بنابراین با انتخاب محدوده های ضخامتی مناسب می توان تعداد PQR ها را کاهش داد.

این پاراگراف فقط در مورد حداقل ضخامت، محدودیتهایی تعیین کرده است اما در مورد حداکثر ضخامت، همان معیارهای جدول QW-451.1 لحاظ میگردد.

*- QW-403.8- (ø T Qualified)

QW-403.8 A change in base metal thickness beyond the range qualified in QW-451, except as otherwise permitted by QW-202.4(b).

شکل-۱۰۴ : پاراگراف (QW-403.8) مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-403.8 (ø T Qualified) : تغییر ضخامت تأیید شده (جزء متغیرات اساسی است)

ترجمه : تغییر در ضخامت فلز مبنا بیشتر ازمحدوده‌ی تأیید شده در جدول QW-451 به استثناء مواردی که بوسیله پاراگراف QW-202 (b) مجاز دانسته شده است.

جدول-۲۵ : جدول QW-450 مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW-451.1
Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests

Thickness T of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]		Maximum Thickness t of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than 1/16 (1.5)	T	$2T$	$2t$	2	...	2	2
1/16 to 3/8 (1.5 to 10), incl.	1/16 (1.5)	$2T$	$2t$	2	[Note (5)]	2	2
Over 3/8 (10), but less than 3/4 (19)	3/16 (5)	$2T$	$2t$	2	[Note (5)]	2	2
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2t$ when t < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2T$ when $t \geq$ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	$2t$ when t < 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when $t \geq$ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	$1.33T$	$2t$ when t < 3/4(19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	$1.33T$	$1.33T$ when $t \geq$ 3/4 (19)	2 [Note (4)]	4	...	...

NOTES:
(1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, and QW-404.32. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.
(3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, LLBW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or $2T$, or $2t$, whichever is applicable.
(4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).
(5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is 3/8 in. (10 mm) and over.
(6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

یادداشتهای جدول QW-451.1

(1)- وقتی برای فرآیندهای مورد نظر به متغیرهای زیر در QW-250 مراجعه می شود محدوده های نشان داده شده در این جدول را محدودتر می کند QW-403.10 ,QW-403.9 و QW-404.32 همچنین QW-202.2, QW-202.3 و QW-202.4 استثناء هایی را فراهم می کند که جایگزین حدود ذکر شده در این جدول می شوند.

(2)- برای ترکیبی از روشهای جوشکاری به QW-200.4 نگاه کنید.

(3)- تنها برای فرآیندهای جوشکاری GMAW, SAW, SMAW و GTAW در غیر اینصورت بر اساس Note (1) یا 2T یا 2t (هر کدام که قابل کاربرد است.)

(4)- برای جزئیات در مورد نمونه های چند تایی که ضخامت تست کوپن ها بیشتر از ۲۵میلیمتر است QW-151.1، QW-151.2، و QW-151.3 را نگاه کنید.

(5)- زمانیکه ضخامتT ۱۰ میلیمتر یا بیشتر است چهار Side-bend Test می تواند جایگزین تستهای Face-bend Test و Root-bend Test مورد نیاز گردد.

(6)- برای تست کوپن های با ضخامت بیشتر از (150 mm) .in 6 می بایست تست کوپن با ضخامت کامل جوشکاری شود.

توضیح : در جدول QW-451.1 از استاندارد ASME Section IX برای اینکه تعداد PQR ها کاهش یابد برای ضخامت قطعه‌ی PQR شش محدوده تعریف شده است و به ازای هر محدوده ضخامت قطعه‌ی PQR یک محدوده ضخامت قطعه‌ی کار در WPS تحت عنوان حداقل و حداکثر ضخامت مورد تأیید، مشخص شده است. در همین راستا برای هر محدوده ضخامت متریال یک محدوده‌ی ضخامت حداکثری برای فلز جوش تحت عنوان Max. t Deposited Weld metal نیز مشخص شده است. در این جدول حرف T برای ضخامت متریال و t برای ضخامت فلز جوش بکار برده شده است.

***- در جدول QW-451.1 محدوده‌ی حداقل ضخامت تأیید شده برای PQR ها سه ضخامت است.

الف)- برای ضخامتهای زیر 1.5mm حداقل ضخامت تأیید شده برای PQR ضخامت خود قطعه‌ی PQR است یعنی ضخامت قطعه‌ی PQR هر چه باشد همان ضخامت به عنوان حداقل ضخامت محسوب می شود.

ب)- برای ضخامتهای 1.5mm تا 10mm حداقل ضخامت تأیید شده برای PQR ضخامت 1.5mm می باشد.

پ)- برای ضخامتهای بیشتر از 10mm حداقل ضخامت تأیید شده برای PQR ضخامت 5mm می باشد.

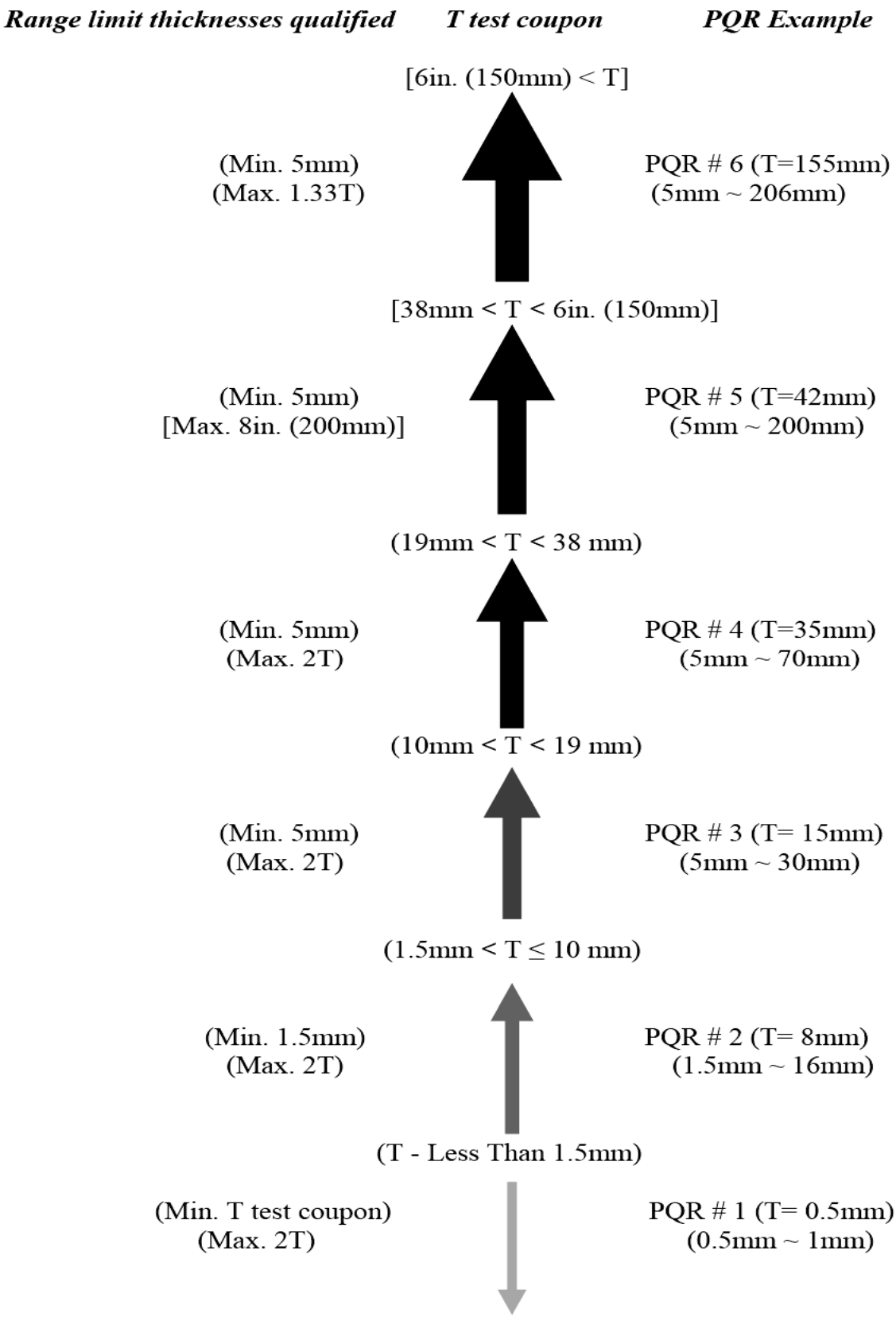
***- در جدول QW-451.1 محدوده‌ی حداکثر ضخامت تأیید شده برای PQR سه ضخامت است.

الف)- برای ضخامتهای زیر 38mm حداکثر ضخامت تأیید شده 2T ضخامت PQR است.

ب)- برای ضخامتهای بیشتر از 38mm تا (150mm).6in حداکثر ضخامت تأیید شده 200mm است.

پ)- برای ضخامتهای بیشتر از (150mm).6in حداکثر ضخامت تأیید شده 1.33T ضخامت PQR است.

بنابراین اگر در هر کدام از این محدوده ها، ضخامتی مورد تأیید قرار گیرد و در WPS ضخامتی بیشتر از این محدوده ها قید شود این WPS نیاز به PQR جدید دارد. در پاراگراف QW-403.8 ø ***T*** Qualified یک استثناء قائل شده است که آن پاراگراف QW-202.4-b می باشد.



شکل-۱۰۵ : نمودار جدول QW-451.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- QW-202.4-(b)

QW-202.4 Dissimilar Base Metal Thicknesses. WPS qualified on groove welds shall be applicable for production welds between dissimilar base metal thicknesses provided:

(a) the thickness of the thinner member shall be within the range permitted by QW-451

(b) the thickness of the thicker member shall be as follows:

(1) For P-No. 8, P-No. 41, P-No. 42, P-No. 43, P-No. 44, P-No. 45, P-No. 46, P-No. 49, P-No. 51, P-No. 52, P-No. 53, P-No. 61, and P-No. 62 metal, there shall be no limitation on the maximum thickness of the thicker production member in joints of similar P-Number materials provided qualification was made on base metal having a thickness of ¼ in. (6 mm) or greater.

(2) For all other metal, the thickness of the thicker member shall be within the range permitted by QW-451, except there need be no limitation on the maximum thickness of the thicker production member provided qualification was made on base metal having a thickness of 1½ in. (38 mm) or more.

More than one procedure qualification may be required to qualify for some dissimilar thickness combinations.

شکل-۱۰۶ : پاراگراف QW-202.4 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-202.4-(b) (Dissimilar Base Metal Thicknesses) : فلزات مبنا با ضخامتهای غیر یکسان

ترجمه: WPSs هایی که برای جوشهای شیاری مورد ارزیابی کیفی قرار می گیرند باید برای جوشهای فلزات مبنای غیر یکسان بکار برده شوند مشروط بر آنکه:

(a) – ضخامت عضو نازکتر باید در محدوده‌ی مجاز شناخته شده بوسیله QW-451 باشد.

(b) – ضخامت عضو ضخیم تر باید به شرح زیر باشد:

(1) - برای فلزات P No. 8, P No. 41, P No. 42, P No. 43, P No. 44, P No. 45, P No. 46, P No. 49, P No. 51, P No. 52, P No.53, P No. 61, P No. 62, به شرط آنکه ارزیابی کیفی بر روی فلز مبنا با ضخامت 6mm یا بیشتر انجام شده باشد، محدودیتی در مورد حداکثر ضخامت عضو ضخیم تر در اتصالاتی که بین فلزات با P- No مشابه ایجاد می شوند نباید وجود داشته باشد.

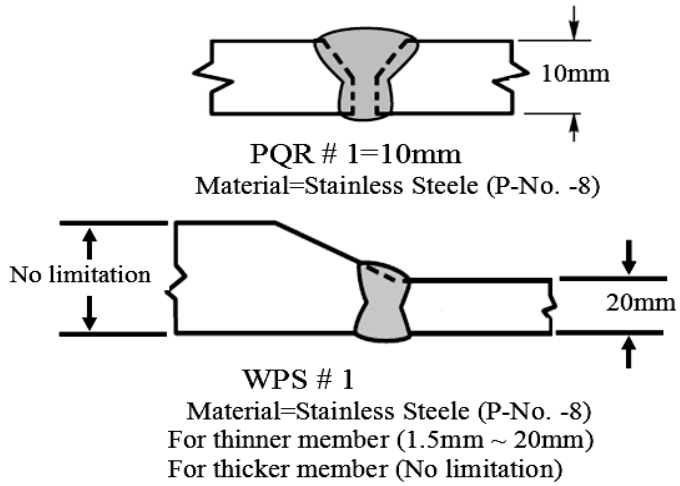
(2) - برای سایر فلزات، ضخامت عضو ضخیم تر باید در محدوده‌ی مجاز در جدول QW-451 باشد با این استثناء که چنانچه ارزیابی کیفی بر روی فلز با ضخامت 38mm انجام شده باشد برای جوشکاری عضو ضخیم تر دیگر محدودیتی از نظر ضخامت وجود ندارد. ممکن است برای ارزیابی کیفی بعضی مجموعه ها با ضخامتهای غیر هم اندازه لازم باشد بیشتر از یک PQR تهیه گردد.

توضیح پاراگراف QW-202.4-(b)

در پاراگراف Qualified ø ***T*** QW-403.8 اشاره گردید که حداکثر ضخامت تأیید شده بوسیله یک PQR مطابق جدول QW-451.1 بر اساس محدوده ضخامتی که در آن قرار دارد، مشخص می شود. اما برای این پاراگراف یک استثناء تعریف شده است که آن پاراگراف QW-202.4-(b) می باشد. این پاراگراف مربوط به اتصالاتی است که دارای یک.P-No اما با دو ضخامت متفاوت می باشند. این پاراگراف وضعیت محدوده ضخامت جزء نازکتر و جزء ضخیم تر را مشخص می کند. برای درک بهتر این پاراگراف به مثالهای زیر دقت شود.

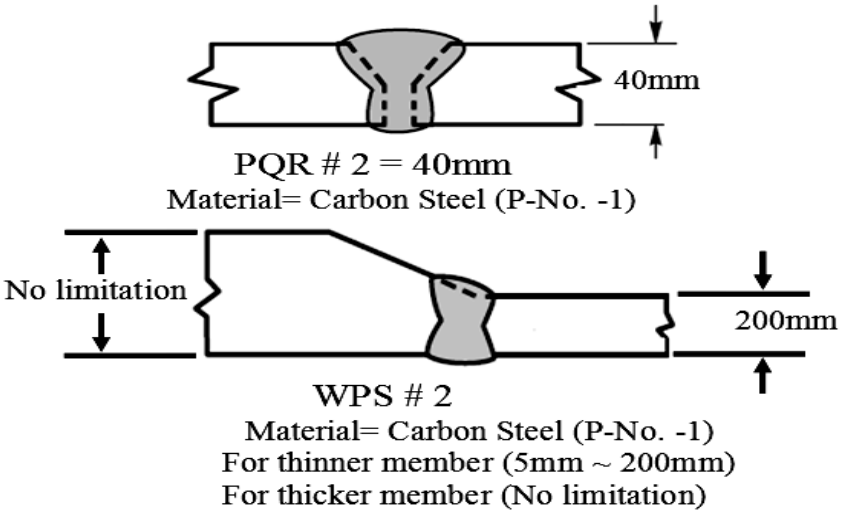
در قسمت (1) پاراگراف QW-202.4-(b) تعدادی .P-No مشخص شده است. چنانچه PQR این متریال ها با ضخامت 6mm یا بیشتر تهیه شده باشد محدوده ضخامت مورد تأیید برای ضخامت جزء نازکتر باید مطابق جدول QW-451.1 باشد ولی برای جزء ضخیم تر محدودیتی وجود ندارد.

مثال (a) : یک PQR با ضخامت 10mm از جنس استنلس استیل می تواند WPS مربوط به یک اتصال نابرابر را با شرایط زیر تأیید کند.



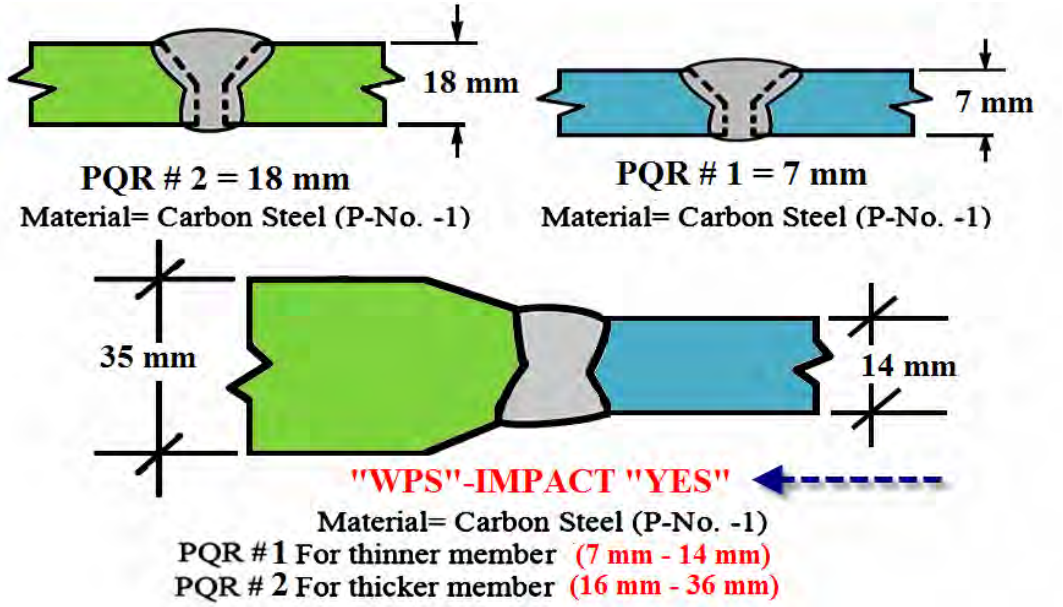
شکل-۱۰۷ : وضعیت جزء ضخیم تر در اتصال نابرابر در متریال استنلس استیل مطابق ASME Sec. IX-2019 قسمت (2) پاراگراف QW-202.4-(b) مربوط به مابقی متریال ها به جزء متریالهایی که P-No. آنها در قسمت (1) مشخص شده اند، می باشد مانند P-No-1 یعنی متریال های کربن استیل. چنانچه PQR این متریال ها با ضخامت 38mm یا بیشتر تهیه شده باشند محدوده ضخامت مورد تأیید برای ضخامت جزء نازکتر باید مطابق جدول QW-451.1 باشد ولی برای جزء ضخیم تر محدودیتی وجود ندارد.

مثال (b) : یک PQR با ضخامت 40mm از جنس کربن استیل می تواند WPS مربوط به یک اتصال نابرابر را با شرایط زیر تأیید کند.



شکل-۱۰۸ : وضعیت جزء ضخیم تر در اتصال نابرابر در متریال کربن استیل مطابق ASME Sec. IX-2019

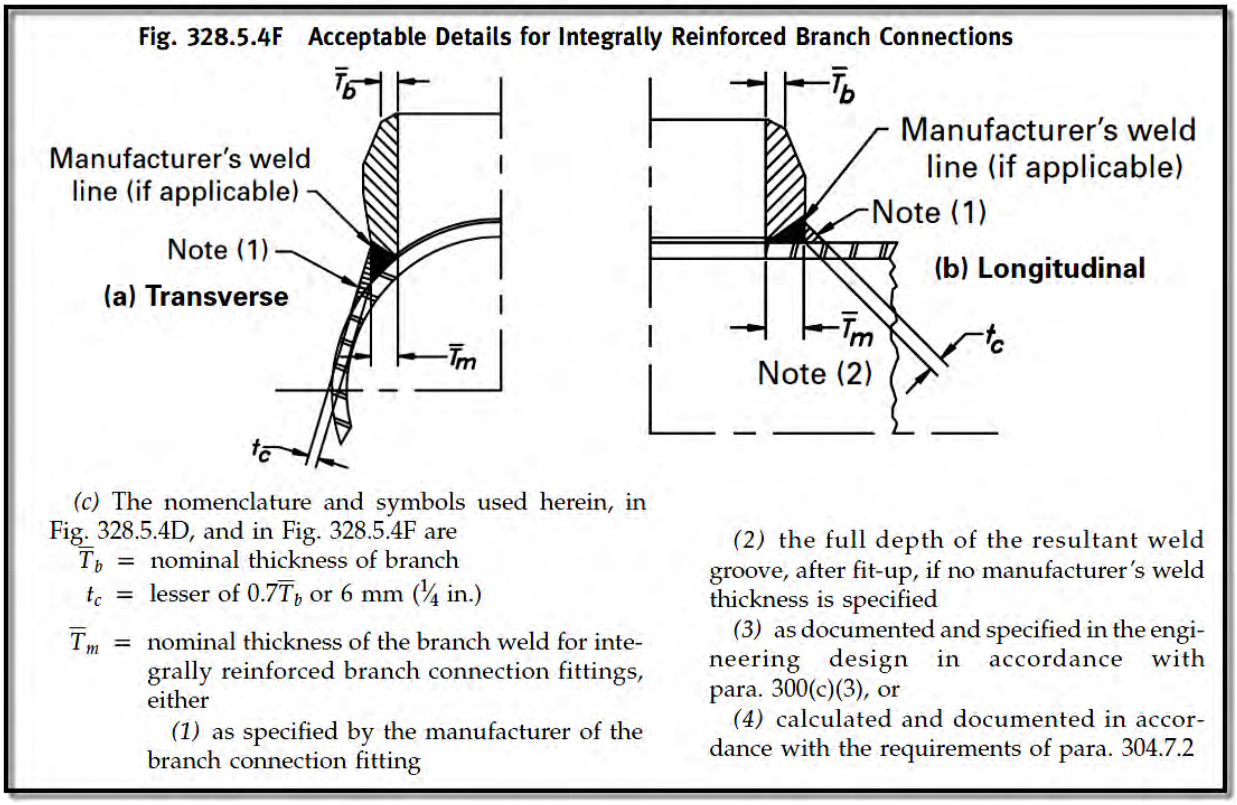
مثال (c) : یک PQR با ضخامت 20mm از جنس کربن استیل نمی تواند WPS مربوط به یک اتصال نابرابر با ضخامتهای 35mm و 45mm را تأیید کند، بدلیل اینکه مطابق قسمت (2) پاراگراف QW-202.4-(b) چنانچه ضخامت PQR کمتر از 38mm باشد محدوده‌ی ضخامت مورد تأیید باید مطابق جدول QW-451.1 باشد و در این مورد چون ضخامت PQR برابر با 20mm است بنابراین بیشتر از دو برابر خود را نمی تواند تأیید کند.



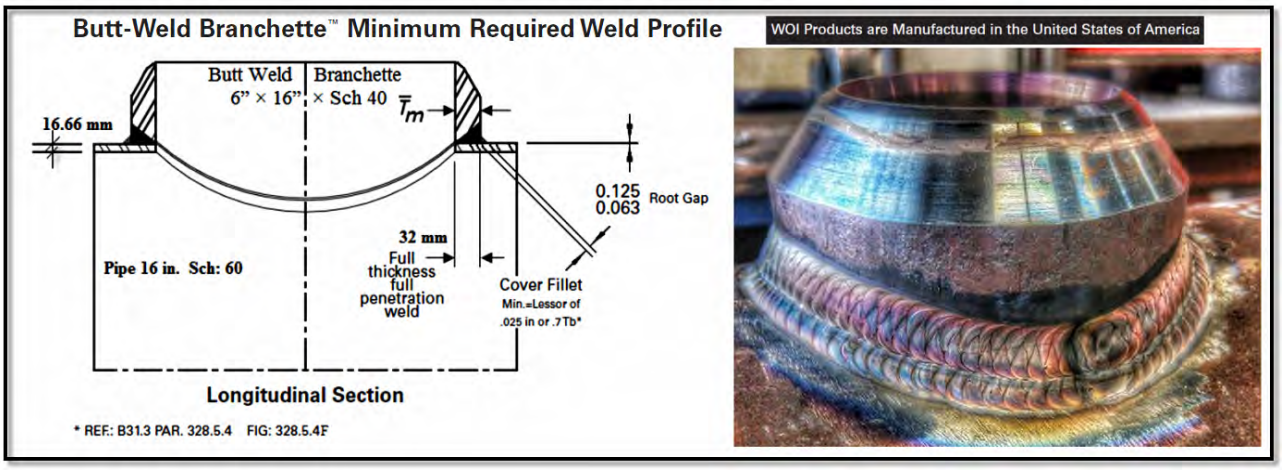
شکل-۱۰۹ : وضعیت جزء ضخیم تر در اتصال نابرابر در متریال کربن استیل مطابق ASME Sec. IX-2019

مثال (d) : یک PQR با ضخامت 10 mm از جنس کربن استیل با P-No.-1 تهیه شده است. از این PQR برای تأیید WPS جوش لوله "16 با ضخامت 16.66mm با متریال دارای P-No.-1 استفاده می شود. چنانچه بر روی این Piping اتصالاتی (Fittings) از نوع Outlet با سایز 4 in. نصب شود. با توجه به ضخامت این اتصال آیا PQR با ضخامت 10mm می تواند این جوش را تأیید کند؟ به موارد زیر دقت شود:

*- اول اینکه آیا جوش این اتصال از نوع Fillet است یا Groove باید بررسی می شود.



شکل-۱۱۰ : وضعیت جوش های اتصالات مطابق ASME B31.3-2018-Feg. 328.5.4F



شکل-۱۱۱ : وضعیت جوش های اتصالات (Fittings) از نوع Outlet در Piping از نظر PQR

*- استاندارد ASME B31.3 مطابق شکل Fig. 328.5.4F این اتصال را ترکیبی از جوش Groove و Fillet می داند .
لطفاً به شکل های این نوع فیتینگ و ضخامت قسمت T_m جوش Groove آن توجه شود.

Butt Weld Branchette - 6" × 16" × Sch 40

شکل-۱۱۲ : نمایی از یک انشعابات جوشی در خطوط Piping مطابق ASME Sec. IX-2019

شکل-۱۱۳ : وضعیت جوش های انشعابات جوشی در خطوط Piping مطابق ASME Sec. IX-2019

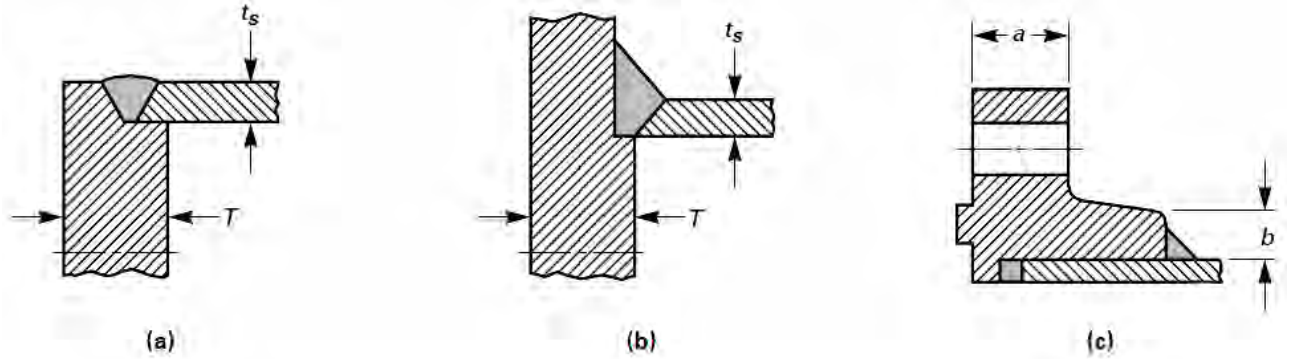
در شکل Fig. 328.5.4(F) جوش Groove بوسیله‌ی یک جوش Cover fillet weld تقویت شده است. بنابراین، قوانین جوش Butt welde بر این اتصال حاکم است. با توجه به اتصال Fitting از نوع Outlet با سایز 4 in. مطابق قسمت (2) پاراگراف QW-202.4-(b) چنانچه ضخامت PQR کمتر از 38mm باشد محدوده‌ی ضخامت مورد تأیید باید مطابق جدول QW-451.1 باشد و در این مورد چون ضخامت PQR= 10 mm می باشد پس نمی تواند بیشتر از دو برابر خود را تأیید کند. بنابراین، این PQR **نمی تواند** مربوط به یک اتصال نابرابر با ضخامتهای 16.6 mm و 32 mm را تأیید کند.

در مورد پاراگراف QW-202.4(b) به پرسش هایی که در این زمینه از استاندارد ASME Sec. IX شده توجه شود:

Interpretation: IX-98-20R
Subject: QW-202.4(b), Dissimilar Base Metal Thickness
Date Issued: June 8, 2000
File: BC99-539*

Question: When welding a corner joint with dissimilar base metal thickness, the thickness of both members must be within the qualified thickness range of the WPS(s) being used. How is the thickness for the thicker member defined in sketches (a), (b), and (c) below?

Reply: For sketch (a), the thicker of *T* or t_s. For sketch (b), the thicker of *T* or t_s. for sketch (c), the thicker of flange *a* or hub *b*.



شکل-۱۱۴ : پرسش از استاندارد ASME درمورد پاراگراف QW-202.4(b)

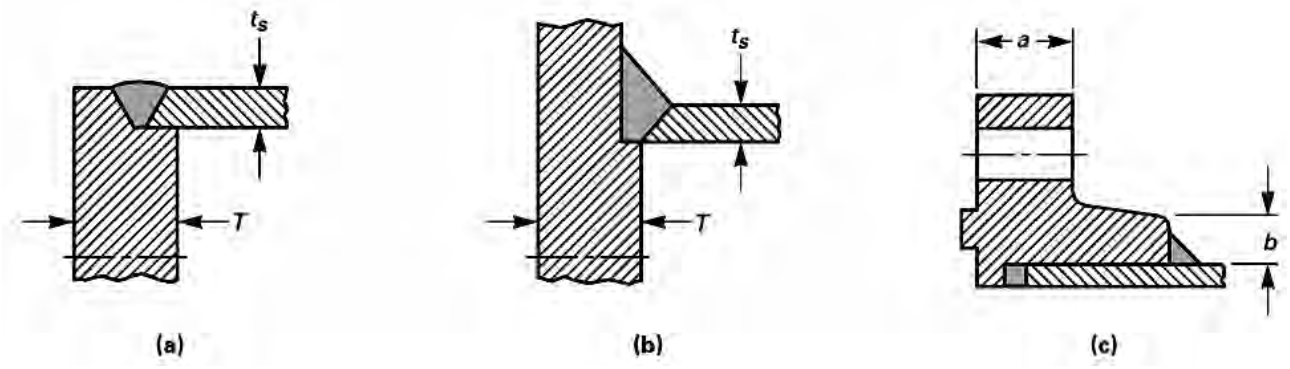
ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-98-20R

موضوع: پاراگراف QW-202.4(b) و ضخامتهای غیر همسان

شماره فایل: *BC99-539

سؤال : وقتی جوشکاری یک اتصال گوشه ای با ضخامت غیر همسان فلز پایه انجام شود. ضخامت هر دو قسمت بایستی در محدوده ضخامت تأیید شده در WPS مورد استفاده باشد. ضخامت قسمت ضخیم تر نشان داده شده در شکل (a), (b) و (c) زیر چگونه است؟

جواب : (در شکل-۱۱۵) برای شکل (a) بین T و t_s آنکه ضخیمتر است. برای شکل (b) بین T و t_s آنکه ضخیمتر است. برای شکل (d) بین فلنج a یا b در hub آنکه ضخیمتر است.



شکل-۱۱۵ : پرسش از استاندارد ASME درمورد پاراگراف QW-202.4(b)

نتیجه : وقتی یک PQR مطابق جدول QW-451.1 تهیه می شود محدوده ای از یک ضخامت را تأیید می کند. این محدوده شامل یک حداقل ضخامت و یک حداکثر ضخامت می باشد. بنابراین ضخامت قید شده در WPS که بوسیله‌ی این PQR تأیید یا پشتیبانی می شود نباید از محدوده‌ی حداقل و حداکثر ضخامت تعیین شده، تجاوز کند در غیر اینصورت به PQR جدید نیاز می باشد. البته استثناء پاراگراف QW-202.4-(b) را در جای خود باید در نظر داشت.

لازم به ذکر است عواملی هستند که این محدوده ضخامت مشخص شده در جدول QW-451.1 را تحت تأثیر قرار می دهند و یک محدوده جدیدی را معین می کنند مثل پارامتر تنش زدایی، پارامتر تست ضربه، پارامتر افزایش ضخامت هر پاس جوش بیشتر از 13 mm و غیره ...

مثالی برای انجام عملیات تنش زدایی PWHT: در استاندارد ASME B31.3-2018 متریال های دارای P-No. 4 با ضخامت بیشتر از 16mm نیاز به عملیات حرارتی (PWHT) دارند بنابراین؛ اگر PQR متریال P-No. 4 دارای ضخامت 20mm باشد، این PQR چون نیاز به عملیات حرارتی دارد بنابراین نمی تواند محدوده‌ی 5mm ~ 16mm را که نیازی به عملیات حرارتی (PWHT) ندارد تأیید کند زیرا انجام دادن یا انجام ندادن عملیات PWHT جزء متغیرات اساسی است. پس محدوده ایی که این PQR ساپورت می کند، محدوده‌ی $16mm < T \leq 40mm$ است به همراه عملیات تنش زدایی.

مثالی برای انجام تست ضربه: اگر یک PQR با ضخامت 18 mm داشته باشیم و این PQR دارای تست ضربه می باشد و به فرض اینکه نیازی به عملیات تنش زدایی نداشته باشد. در اینصورت محدوده ایی که این PQR ساپورت می کند، محدوده‌ی $16mm < T \leq 36mm$ است به همراه تست ضربه.

⁎- QW-403.9- t Pass > ½ in. (13 mm)

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-403.9 For single-pass or multipass welding in which any pass is greater than ½ in. (13 mm) thick, an increase in base metal thickness beyond 1.1 times that of the qualification test coupon.

شکل-۱۱۶ : پاراگراف (QW-403.9) مطابق ASME Sec. IX-2019

⁎- پاراگراف QW-403.9 [t Pass > ½ in. (13 mm)] :

ضخامت هر پاس جوش بیشتر از ۱۳ میلیمتر، (جزء متغیرات اساسی است)

ترجمه : برای جوشکاری های تک پاس یا چند پاس که هر پاس بیشتر از ½ in. (13mm) ضخامت دارد، افزایش ضخامت فلز مبنا بیشتر از 1.1 برابر ضخامت تست کوپن PQR.

توضیح : همانطور که قبلاً توضیح داده شد هر PQR می تواند حداکثر ضخامت مورد تأیید را مطابق جدول QW-451.1 پوشش دهد و این حداکثر بنا به ضخامت PQR می تواند متغیر باشد پس بطور کلی سه محدوده ضخامت برای همه‌ی PQR ها تعریف شده است. (قبلاً بطور کامل توضیح داده شده است):

الف)- 2T (دو برابر ضخامت نمونه PQR)

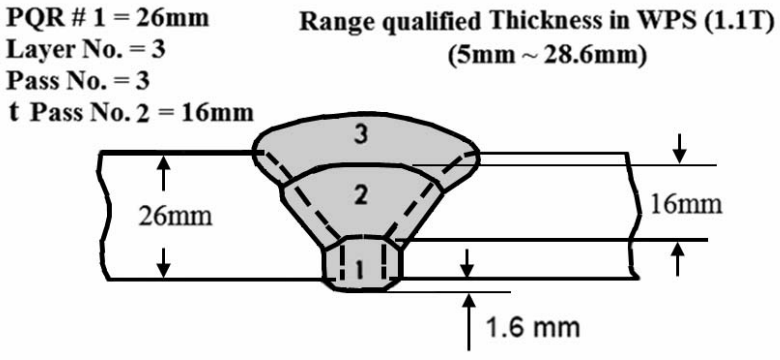
ب)- 200mm

پ)- 1.33T

اما مطابق پاراگراف QW-403.9 t Pass > ½ in. (13 mm) چنانچه در یک PQR که از یک پاس جوش یا از چند پاس جوش تشکیل شده باشد و ضخامت هر پاس جوش بیشتر از 13mm باشد حداکثر ضخامتی که این PQR تأیید می کند 1.1 ضخامت نمونه‌ی PQR است.

در واقع یک محدوده‌ی جدید، جدا از محدوده های تعریف شده در جدول QW-451.1 می باشد.

مثال(a) : در این مثال PQR دارای 26mm ضخامت می باشد، چون ضخامت پاس دوم بیشتر از 13mm است بنابراین، این PQR حداکثر تا 1.1 ضخامت قطعه‌ی PQR در یک WPS را تأیید می کند یعنی 28.6 mm

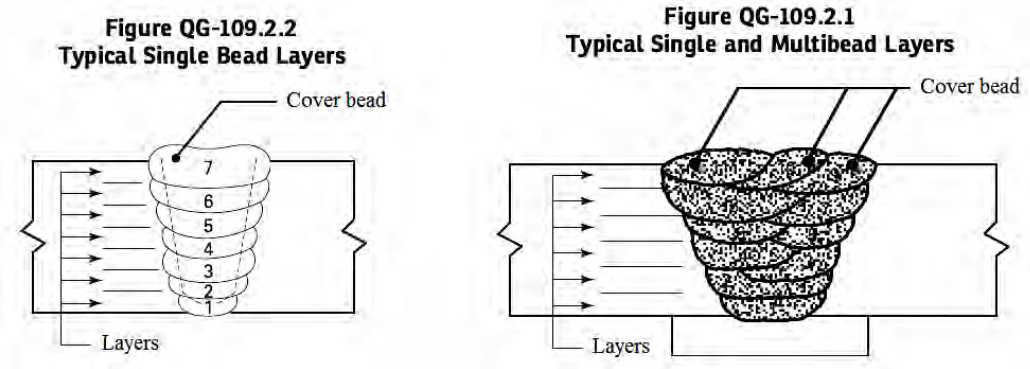


شکل-۱۱۷ : مثال برای پاراگراف (QW-403.9) مطابق ASME Sec. IX-2019

نتیجه : اگر ضخامت پاس جوش در PQR بیشتر از 13mm باشد تا 1.1 ضخامت تست کوپن PQR مورد تأیید است. باید دقت کرد که بین واژه Pass و Layer تفاوت وجود دارد و در این پاراگراف منظور ضخامت هر پاس جوش است.

پاس جوش (Pass) عبارت است از مهره های جوش که در یک امتداد پشت سر هم قرار می گیرند یا مقدار رسوب فلز جوش که جوشکار در یک مرحله بر روی فلز مبنا باقی می گذارد.

لایه‌ی جوش (Layer) ردیف های جوشی هستند که روی هم چیده می شوند. هر لایه ممکن است از یک پاس یا از چند پاس تشکیل شده باشد.



شکل-۱۱۸ : مثال برای پاس و لایه‌ی جوش مطابق ASME Sec. IX-2019

* - QW-403.11 - ø P-No. Qualified

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-403.11 Base metals specified in the WPS shall be qualified by a procedure qualification test that was made using base metals in accordance with QW-424.

شکل-۱۱۹ : پاراگراف (QW-403.11) مطابق ASME Sec. IX-2019

* - پاراگراف QW-403.11 (- ø P-No. Qualified) : تغییر در P-No. تأیید شده. (جزء متغیرات اساسی است)

ترجمه : فلزات پایه ای که در WPS مشخص شده اند باید بوسیله‌ی تست PQR که با استفاده از فلزات پایه منطبق بر QW-424 تهیه شده اند، تأیید شده باشند.

توضیح : فلزاتی که در یک WPS مشخص می شوند اساس آنها فلز یا فلزاتی است که در PQR استفاده شده است. گاهی فقط مشخصات فلز در PQR مشخص می شود مثلاً نوشته می شود SA106-Gr.B To SA106-Gr.B اما در بیشتر موارد اشاره به P-No. فلز مبنا می شود مثلاً P-No. 1 Gr.-1 To P-No. 1 Gr.-1 در هر دو حالت در WPS می توان اینطور نوشت که Any P-No.1-Gr.1 To P-No.1 Gr.1 اما اینکه از لحاظ متریال هر PQR چه متریالی را در WPS تأیید میکند یک قاعده کلی برای این منظور تعریف شده است که بر همه‌ی PQR ها و WPS ها حاکم است.این قاعده کلی در پاراگراف QW-424 قید شده است.

QW-424 - Base Metals used for Procedure Qualification

QW-424 BASE METALS USED FOR PROCEDURE QUALIFICATION

QW-424.1 Base metals are assigned P-Numbers in Table QW/QB-422; metals that do not appear in Table QW/QB-422 are considered to be unassigned metals except as otherwise defined for base metals having the same UNS numbers. Unassigned metals shall be identified in the WPS and on the PQR by specification, type, and grade, or by chemical analysis and mechanical properties. The minimum tensile strength shall be defined by the organization that specified the unassigned metal if the tensile strength of that metal is not defined by the material specification.

شکل-۱۲۰ : پاراگراف (QW-424) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : پاراگراف QW-424 فلزات مبنای بکار رفته در تهیه‌ی PQR

*- پاراگراف QW-424.1 - فلزات مبنا در جدول QW/QB-422 با P-Number نامگذاری شده اند. فلزاتی که در جدول QW/QB-422 دیده نمی شوند به عنوان فلزات نامگذاری نشده در نظر گرفته شده اند مگر در مواردی که در QW-420.1 برای فلزات مبنا با UNS-No. یکسان تعریف شده باشند.

فلزات نامگذاری نشده باید در WPS & PQR با درج Specification، Type و Grade یا بوسیله‌ی آنالیزشیمیایی و خواص مکانیکی مشخص گردند. اگر استحکام کششی فلزی در Material Specification مشخص نشده باشد حداقل استحکام کششی آن فلز باید توسط سازمانی که آن فلز نامگذاری نشده را مشخص کرده، تعیین گردد.

توضیح : پاراگراف QW-424 متریالهایی که در جدول QW/QB-422 لیست شده اند همگی با یک P-No. معین، مشخص شده اند که به همه‌ی این متریالها واژه Assigned اطلاق می شود. متریالهایی که در جدول QW/QB-422 مشخص نمی باشند، در واقع بعنوان متریالهای نا معین یا نا مشخص شناخته میشوند و به این متریالها واژه Unassigned اطلاق می شود بجز متریالهایی که شماره‌ی UNS No. آنها با UNS No. هر کدام از متریالهای لیست شده در جدول QW/QB-422 مطابقت داشته باشند که در این صورت باید P-No. همان متریال را برای آنها در نظر گرفت.

جدول-۲۶ : ادامه‌ی پاراگراف (QW-424) مطابق ASME Sec. IX-2019

Base Metal(s) Used for Procedure Qualification Coupon	Base Metals Qualified
One metal from a P-Number to any metal from the same P-Number	Any metals assigned that P-Number
One metal from a P-Number to any metal from any other P-Number	Any metal assigned the first P-Number to any metal assigned the second P-Number
One metal from P-No. 15E to any metal from P-No. 15E	Any P-No. 15E or 5B metal to any metal assigned P-No. 15E or 5B
One metal from P-No. 15E to any metal from any other P-Number	Any P-No. 15E or 5B metal to any metal assigned the second P-Number
One metal from P-No. 3 to any metal from P-No. 3	Any P-No. 3 metal to any metal assigned P-No. 3 or 1
One metal from P-No. 4 to any metal from P-No. 4	Any P-No. 4 metal to any metal assigned P-No. 4, 3, or 1
One metal from P-No. 5A to any metal from P-No. 5A	Any P-No. 5A metal to any metal assigned P-No. 5A, 4, 3, or 1
One metal from P-No. 5A to a metal from P-No. 4, or P-No. 3, or P-No. 1	Any P-No. 5A metal to any metal assigned to P-No. 4, 3, or 1
One metal from P-No. 4 to a metal from P-No. 3 or P-No. 1	Any P-No. 4 metal to any metal assigned to P-No. 3 or 1
Any unassigned metal to the same unassigned metal	The unassigned metal to itself
Any unassigned metal to any P-Number metal	The unassigned metal to any metal assigned to the same P-Number as the qualified metal
Any unassigned metal to any metal from P-No. 15E	The unassigned metal to any metal assigned P-No. 15E or 5B
Any unassigned metal to any other unassigned metal	The first unassigned metal to the second unassigned metal

در WPS وضعیت Type و Grade یا آنالیز شیمیایی و خواص مکانیکی متریال Unassigned باید مشخص گردد و چنانچه حداقل استحکام کششی آن مشخص نباشد یک سازمان ذیصلاح باید حداقل استحکام کششی آن را مشخص نماید.

*- چند متریال Unassigned را می توان در زیر نام برد:

St-37/ RSt-37-2/ St-37F/ St 42-3/ St 52 (S355GT)/ USt-37-2 (فولادهای ساختمانی بدون آلیاژ)

Ck 10/ Ck 20/ Ck 35/ Ck 40/ Ck-45/ Ck 46 (فولادهای کم کربن و کربن متوسط ساختمانی)

WStE 255, W51E 285, WStE 315, WStE355 (فولادهای دیگ سازی)

StE255, StE285, StE315, StE355 (فولادهای ساختمانی دانه ریز)

HI,HII, 17 Mn 4, 19Mn 5 (فولادهای لوله)

جدول-۲۷ : ترجمه پاراگراف QW-424 مطابق ASME Sec. IX-2019

فلزات تایید شده	فلزات مبنای استفاده شده برای تهیه PQR
اتصال هر فلزی با همان (P-No.) مشخص شده	اتصال یک فلز از یک (P-No.) به هر فلزی با مشخصه همان (P-No.)
اتصال هر فلز مشخص از (P-No.) اول به هر فلز مشخص از (P-No.) دوم	اتصال یک فلز از یک (P-No.) به هر فلزی با مشخصه (P-No.) دیگری
اتصال هر فلزی با (P-No. 15E) یا (P-No. 5B) به هر فلز مشخص از (P-No. 15E) یا (P-No. 5B)	اتصال یک فلز از یک (P-No. 15E) به هر فلزی با مشخصه (P-No. 15E)
اتصال هر فلزی با (P-No. 15E) یا (P-No. 5B) به هر فلز مشخص از (P-No.) دومی	اتصال یک فلز از یک (P-No. 15E) به هر فلزی با مشخصه (P-No.) دیگری
اتصال هر فلزی با (P-No. 3) به هر فلزی با مشخصه (P-No. 3) یا (P-No. 1)	اتصال یک فلز از (P-No. 3) به هر فلزی با مشخصه همان (P-No. 3)
اتصال هر فلزی با (P-No. 4) به هر فلزی با مشخصه (P-No. 4) ؛ (P-No. 3) یا (P-No. 1)	اتصال یک فلز از (P-No. 4) به هر فلزی با مشخصه همان (P-No. 4)
اتصال هر فلزی با (P-No. 5A) به هر فلزی با (P-No. 5A) ؛ (P-No. 4) ، (P-No. 3) یا (P-No. 1)	اتصال یک فلز از (P-No. 5A) به هر فلزی با مشخصه همان (P-No. 5A)
اتصال هر فلزی با (P-No. 5A) به هر فلز مشخص از (P-No. 4) یا (P-No. 3) یا (P-No. 1)	اتصال یک فلز از (P-No. 5A) به یک فلزی از (P-No. 4) یا (P-No. 3) یا (P-No. 1)
اتصال هر فلزی با (P-No. 4) به هر فلز مشخص از (P-No. 3) یا (P-No. 1)	اتصال یک فلز از (P-No. 4) به یک فلزی از (P-No. 3) یا (P-No. 1)
اتصال فلز نامشخص (Unassigned) به خودش	اتصال هر فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز نامشخصی (Unassigned) مثل خودش
اتصال فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز مشخص که دارای (P-No.) تایید صلاحیت شده است	اتصال هر فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز دارای (P-No.)
اتصال فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز مشخص که دارای (P-No. 15E) یا (P-No. 5B)	اتصال هر فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز دارای (P-No. 15E)
اتصال فلز نامشخص (Unassigned) اول به فلز نامشخص (Unassigned) دوم	اتصال هر فلز نامشخص (Unassigned) به هر فلز نامشخصی (Unassigned) دیگری

جدول-۲۸ : مثالهایی برای پاراگراف QW-424

(QW-424)	
PQR (Examples)	**WPS (Examples)**
A (P-No.-1) to Any (P-No.-1)	Any (P-No.-1) To (P-No.-1)
A (P-No.-15E) to Any (P-No.-15E)	Any (P-No.-15E or 5B) to Any (P-No.-15E or 5B)
A (P-No.-1) to Any (P-No.-3)	Any (P-No.-1) to Any (P-No.-3)
A (P-No.-15E) to Any (P-No.-1)	Any (P-No.-15E or 5B) to Any (P-No.-1)
A (P-No.-3) to Any (P-No.-3)	Any (P-No.-3) to Any (P-No.-3 or 1)
A (P-No.-4) to Any (P-No.-4)	Any (P-No.-4) to Any (P-No.-4 or 3 or 1)
A (P-No.-5A) to Any (P-No.-5A)	Any (P-No.-5A) to Any (P-No.-5A or 4 or 3 or 1)
A (P-No.-5A) to A (P-No.-4) or (P-No.-3) or (P-No.-1)	Any (P-No.-5A) to Any (P-No.-4) or (P-No.-3) or (P-No.-1)
A (P-No.-4) to A (P-No.-3) or (P-No.-1)	Any (P-No.-4) to Any (P-No.-3) or (P-No.-1)
Any (Unassigned Such as St-37) to Same (Unassigned - St-37)	(Unassigned Such as St-37) to (Itself)
Any (Unassigned Such as St-37) to (P-No.-1)	(St-37) to Any (P-No.-1)
Any (Unassigned Such as St-37) to (P-No.-15E)	(St-37) to Any (P-No.-15E or 5B)
Any (Unassigned Such as St-37) to Any Other (Unassigned Such as Ck-45)	(St-37) to (Ck-45)

نتیجه : در هنگام تهیه PQR & WPS برای شناخت متریالها باید به جدول QW/QB-422 مراجعه نمود و برای دانستن محدوده‌ی پوشش دهی هر .P-No باید به پاراگراف QW-424 دقت شود. مثلاً در خصوص یک متریال Unassign چنانچه شماره .UNS No آن متریال در جدول QW/QB-422 به دقت بررسی شود و با .UNS No هر کدام از متریالها تطابق داشته باشد لازم است .P-No آن متریال را برای او در نظر گرفت زیرا شرایط یک متریال دارای .P-No به مراتب بهتر از یک متریال Unassigned است.

*- توجه ویژه: قوانین پاراگراف QW-424 برای شرایطی صدق می کند که PQR نیاز به تست ضربه نداشته باشد. برای تأیید این موضوع به پرسش و پاسخ سؤالاتی که از استاندارد شده توجه شود.

Interpretation: IX-89-26
Subject: Section IX, 1987 Addenda, QW-403.5, and QW-424
Date Issued: June 7, 1989
File: BC-89-103

Question (1): A PQR has been qualified using a combination of SMAW and SAW on P-No.5 Gr-No.1 and P-No.4 Gr-No.l materials. Will a WPS be supported utilizing this PQR for P-No.5 Gr-No.1 to P-No.4 Gr-No.1, P-No.3, or P-No.1 materials if supplementary essential variables are required?

Reply (1): No, only P-No.5 Gr-No.1 to P-No.4 Gr-No.1 is qualified.

نکته‌ی مهم: در اینجا لازم است اطلاعاتی درمورد جدول QW/QB-422 ارائه شود تا با این جدول بیشتر آشنا شد.

جدول QW/QB-422 که در استاندارد ASME Section IX وجود دارد مربوط به لیست متریالها می باشد. این متریالها به دو دسته متریال آهنی و غیر آهنی تقسیم شده اند.

در این جدول اطلاعاتی درمورد متریالهای مذکور قید شده است از جمله شماره‌ی P-No./ Gr. No. ، مقدار حداقل استحکام کششی در دو واحد اندازه گیری Ksi و MPa، درصد آنالیز شیمیایی، نوع تولید (لوله، ورق، فلنج، تسمه و اتصالات، ریخته گری و غیره) و همچنین شماره‌ی UNS No. متریالهای موجود در جدول.

در این جدول متریالهای آهنی با دو حرف پیشوند SA و یا A معرفی شده اند در صورتیکه متریالهای غیر آهنی با دو حرف پیشوند SB و یا B معرفی شده اند. در این رابطه استثنائاتی وجود دارد که بشرح زیر است.

در جدول ASME Sec IX -QW-422 در مورد متریال ها یک اختلاف وجود دارد و آن این است که حروف پیشوند "SA" که برای متریالهای آهنی یا Ferrous مشخص شده اند، مانند "SA106 Gr B" جزء تقسیمات استاندارد ASME می باشد و دارای P-No./ Gr.-No. هستند اما حرف پیشوند "A" برای همین منظور مشخص شده ولی جزء تقسیمات استاندارد ASTM می باشد همچنین حروف پیشوند "SB" که برای متریالهای غیر آهنی یا Nonferrous مشخص شده اند مانند"SB-42" جزء تقسیمات استاندارد ASME هستند و دارای P-No. می باشند اما حرف پیشوند "B" برای همین منظور مشخص شده ولی جزء تقسیمات استاندارد ASTM می باشد. البته در این مورد، موارد استثناء در جدول QW-422 در قسمت Nonferrous ها وجود دارد که متریال های غیر آهنی با حروف پیشوند "A/SA" که مخصوص متریال های آهنی می باشد استفاده شده است که لیست آنها در شکل زیر آمده است:

جدول-۲۹ : متریالهای غیر آهنی با حروف پیشوند "A/SA" در جدول (QW-422) مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
						Nonferrous		
A/SA-182	F58	S31266	109 (750)	45	102	8.2	24Cr-22Ni-6Mo-3Mn-Cu-W-N	Forgings
A/SA-240	...	S31266	109 (750)	45	102	8.2	24Cr-22Ni-6Mo-3Mn-Cu-W-N	Plate, sheet & strip
A/SA-240	...	S31277	112 (770)	45	111	8.2	27Ni-22Cr-7Mo-Mn-Cu	Plate, sheet & strip
A/SA-351	CN3MN	J94651	80 (550)	45	111	8.2	46Fe-24Ni-21Cr-6Mo-Cu-N	Castings
A/SA-351	CN7M	N08007	62 (425)	45	111	8.2	28Ni-19Cr-Cu-Mo	Castings
A/SA-351	CT15C	N08151	63 (435)	45	111	45	32Ni-45Fe-20Cr-Cb	Castings
A/SA-351	HT30	N08603	65 (450)	45	111	45	35Ni-15Cr-0.5Mo	Castings
A/SA-358	...	S31266	109 (750)	45	102	8.2	24Cr-22Ni-6Mo-3Mn-Cu-W-N	Fusion welded pipe
A/SA-494	M35-2	N04020	65 (450)	42	110	42	67Ni-30Cu-Fe-Si	Castings
A/SA-494	CY40	N06040	70 (485)	43	111	43	72Ni-15Cr-8Fe-Si	Castings
A/SA-494	CU5MCuC	N08826	75 (515)	45	111	45	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu	Castings
A/SA-494	M30C	N24130	65 (450)	42	110	42	67Ni-30Cu-2Fe-Cb	Castings
A/SA-494	M35-1	N24135	65 (450)	42	110	42	67Ni-30Cu-2Fe-Cb	Castings
A/SA-494	CX2MW	N26022	80 (550)	43	111	44	59Ni-22Cr-14Mo-4Fe-3W	Castings
A/SA-494	CW2M	N26455	72 (495)	43	111	43	66Ni-16Mo-16Cr-Fe-W	Castings
A/SA-494	CW6MC	N26625	70 (485)	43	111	43	60Ni-21.5Cr-9Mo-4Cb-Fe	Castings
A/SA-494	N7M	N30007	76 (525)	44	112	44	65Ni-31.5Mo-1.5Fe-Cr	Castings
A/SA-494	CW6M	N30107	72 (495)	44	112	44	56Ni-19Mo-18Cr-2Fe	Castings
B16	...	C36000	40 (275)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Bar > 1 in. (25 mm)
B16	...	C36000	44 (305)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Bar ≤ 1 in. (25 mm)
B16	...	C36000	40 (275)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod > 2 in. (51 mm)
B16	...	C36000	44 (305)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod > 1 in. – 2 in. (25 mm – 51 mm), incl.
B16	...	C36000	48 (330)	...	107	NA	65Cu-Zn-3Pb	Rod ≤ 1 in. (25 mm)

*- **سؤال: دلیل این خلاف رویه چیست** ؟ دلیل این موضوع میزان در صد آهن در یک فلز است. چنانچه در صد آهن موجود در یک فلز برابر یا بیشتر از 50% باشد طبق استاندارد ASTM آن فلز آهنی تلقی می شود و با حرف پیشوند "A" نامگذاری می شود در غیر اینصورت غیر آهنی می باشد.

ولی در استاندارد ASME ملاک آهنی یا غیر آهنی بودن یک متریال مقدار عنصر غالب (Predominant element) می باشد. چنانچه در صد آهن موجود در آلیاژ غالب باشد آن آلیاژ آهنی تلقی می شود در غیر اینصورت غیر آهنی می باشد. البته در ویرایش سال 2015 در جدول QW-422 استاندارد ASME Section IX تعدادی متریال موجود بود که متاسفانه با این دیدگاه مغایرت داشت که با مکاتبه با استاندارد ASME Section IX در سال 2017 اصلاح شدند اما هنوز هم از این موارد هست برای نمونه در جدول QW-422 در قسمت متریالهای غیر آهنی به متریال زیر دقت شود:

جدول-۳۰ : متریالی غیر آهنی ولی با درصد بالای آهن؛ در جدول (QW-422) مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
						Nonferrous		
A/SA-351	CN3MN	J94651	80 (550)	45	111	8.2	46Fe-24Ni-21Cr-6Mo-Cu-N	Castings

طبق دیدگاه استاندارد ASME می بایست متریال (A/SA–351-CN3MN-UNS NO.-J94651) با داشتن 46 درصد آهن که عنصر غالب است، می بایست در گروه متریالهای آهنی قرار می گرفت نه در گروه متریالهای غیر آهنی.

مثال (a): در این مثال: PQR دارای 14mm ضخامت می باشد و به تست ضربه (IMPACT) نیاز ندارد. این PQR برای جوشکاری یک مخزن بر اساس استاندارد ASME Section VIII Div.-1 تهیه شده است. در این استاندارد برای متریالهای P-No.-1 چنانچه ضخامت آنها بیشتر از 38mm باشد نیاز به عملیات حرارتی (PWHT) دارند.

بنابراین در مورد مثال (a) نیاز به عملیات حرارتی (PWHT) نمی باشد.

بنابراین WPS بصورت زیر نوشته می شود:

جدول-۳۱ : مثال برای پاراگراف QW-403

QW-403 BASE METAL

P - No. : 1 GROUP No. : 2 To
P - No. : 1 GROUP No. : 2
SPECIFICATION TYPE AND GRADE :
SA516 Gr.70 To SA516 Gr.70
(QW-403.9): Max. t PASS
NOT GREATER THAN 13mm IN EACH PASS
BASE METAL THICKNESS RANGE : **5mm ~ 28mm**

مثال (b): طبق مثال (a) اگر این PQR نیاز به تست ضربه (IMPACT) داشته باشد نوشتن محدوده ضخامت آن مطابق QW-403.6 T Limits impact تغییر می کند و این محدوده باید در WPS چنین نوشته شود:

BASE METAL THICKNESS RANGE : 14mm ~ 28mm

۳-۲- QW-404- Filler Metals

جدول-۳۲ : پاراگراف QW-404-Filler Metals از جدول QW-253 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-404 Filler Metals	.4	ø F-Number	X		
	.5	ø A-Number	X		
	.6	ø Diameter			X
	.7	ø Diameter > 1/4 in. (6 mm)		X	
	.12	ø Classification		X	
	.30	ø t	X		
	.33	ø Classification			X

٭- QW-404.4- ø F-Number

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-404.4 A change from one F-Number in Table QW-432 to any other F-Number or to any other filler metal not listed in Table QW-432.

شکل-۱۲۱ : پاراگراف (QW-404.4) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر از یک F-Number مندرج در جدول QW-432 به هر F-Number دیگر یا هر فیلر متال دیگری که در QW-432 لیست شده است.

توضیح : در استاندارد ASME Section IX در جدول QW-432 لیست F-Numbers ها برای فلزات مختلف از جمله فلزات آهنی و غیر آهنی مانند مس، نیکل، آلومینیوم، تیتانیوم، زیرکونیوم و آلیاژهای مربوط به آنها همراه با SFA-No. و AWS Classification مشخص شده است

در جدول QW-432 شماره SFA-No. چیست؟

شماره SFA-No. از ASME Specification گرفته شده است. در استاندارد ASME Section II-C همه‌ی الکترود و فیلر متالها بر اساس فلز مبنای آنها دسته بندی شده اند. هر دسته شامل یک شماره SFA-No. می باشد. این شماره ها از SFA-5.1 شروع می شوند و به SFA-5.36 ختم می شوند.

در جدول QW-432 برای بعضی از SFA-No. ها فقط یک F-No. تعریف شده است که آن نیز برای تمام فیلر متالها می باشد. بطور مثال، برای تمام فیلر متالهای SFA-No. 5.9, 5.18, 5.28 شماره F-No.-6 تحت عنوان All Classifications مشخص شده است.

اما بر عکس موارد فوق، برای بعضی از SFA-No. ها چند F-No. تعریف شده است مثل:

F1	SFA5.1	EXX20
F2	SFA5.1	EXX12
F3	SFA5.1	EXX11
F4	SFA5.1	EXX18

جدول-۳۳ : جدول QW-432 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-432-F-Number-ASME Section IX

F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification	F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification
F6	SFA-5.2	All Classifications	F6	SFA-5.23	All Classifications
F6	SFA-5.9	All Classifications	F6	SFA-5.25	All Classifications
F6	SFA-5.17	All Classifications	F6	SFA-5.26	All Classifications
F6	SFA-5.18	All Classifications	F6	SFA-5.28	All Classifications
F6	SFA-5.20	All Classifications	F6	SFA-5.29	All Classifications
F6	SFA-5.22	All Classifications	F6	SFA-5.36	All Classifications

در جدول QW-432 برای معرفی الکترودها و فیلر متالها از حروف استفاده شده است که هر حرف مشخص کننده‌ی موضوع و مطلبی است که در زیر به آنها اشاره می شود.

حرف E: این حرف به معنی Electrode است و از اجزاء شرکت کننده در فرآیند جوشکاری است که وظیفه‌ی اصلی آن انتقال Weld Metal و جریان و ایجاد قوس الکتریکی به منبع حرارتی جهت عملیات جوشکاری می باشد،

بطور مثال:

E بعنوان الکترود پوشش دار که پوشش آن خارجی است مانند: E7018, E7015, E7016
SFA-5.1: F-No.-4, for SMAW Process

E بعنوان الکترود پوشش دار که پوشش آن داخلی است مانند: E80C-G (OK Tubrod 14.02)
SFA-5.28: F-No.-6, for FCAW & GMAW Processes

E بعنوان الکترود تنگستن بدون پوشش در فرآیند GTAW مانند: SFA-5.12: EWG, EWTH-2

حرف R: این حرف به معنی Rod Welding بکار می رود. بطور مثال:

R بعنوان فیلر متال: R1100, R1188 (SFA-5.10: F-No.-21, for GTAW Process)

حروفER: این حرف به معنی Electrod/Rod است و بعنوان فیلر متال بکار می رود. بطور مثال:

ER بعنوان فیلر متال: ER1100, ER1188 (SFA-5.10: F-No.-21, for GMAW Process)
ER309, ER321, ER347, ER316, ER308L (SFA-5.9: F-No.-6, for GTAW Process)

حروف RB: این حرف به معنی Rod Brazing است و بعنوان فیلر متال بکار می رود. بطور مثال:

RB بعنوان فیلر متال: RBCuZn-A, RB CuZn-B, C (SFA-5.8: F-No.-35, for Brazing Process)

حروف ERC: این حروف به معنی Electrod/Rod Cored (Metal or Flux) است و بعنوان فیلر متال بکار می رود.

ERC بعنوان فیلر متال: ERCCoCr-A, ERCNiCr-A, ERCNiCrMo-5A
SFA-5.21: F-No.-72, for GTAW Process (Hard-Faceing Weld Metal Overlay)

جدول-۳۴ : لیست SFA-No. ها مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME SECTION-II-C- FILLER METAL SPECIFICATIONS	
ASME	**Title**
SFA-5.01M/SFA-5.01	Welding Consumables — Procurement of Filler Materials and Fluxes
SFA-5.02/SFA-5.02M	Specification for Filler Metal Standard Sizes, Packaging, and Physical Attributes
SFA-5.1/SFA-5.1M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.2/SFA-5.2M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding
SFA-5.3/SFA-5.3M	Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.4/SFA-5.4M	Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.5/SFA-5.5M	Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes
SFA-5.6/SFA-5.6M	Specification for Covered Copper and Copper Alloy Arc Welding Electrodes
SFA-5.7/SFA-5.7M	Specification for Copper and Copper Alloy Bare Welding Rods and Electrodes
SFA-5.8/SFA-5.8M	Specification for Filler Metals for Brazing and Braze Welding
SFA-5.9/SFA-5.9M	Specification for Bare Stainless Steel Welding Electrodes and Rods
SFA-5.10/SFA-5.10M	Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.11/SFA-5.11M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.12/SFA-5.12M	Specification for Tungsten and Tungsten Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting
SFA-5.13	Specification for Solid Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.14/SFA-5.14M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Bare Welding Electrodes and Rods
SFA-5.15	Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron
SFA-5.16/SFA-5.16M	Specification for Titanium and Titanium-Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.17/SFA-5.17M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.18/SFA-5.18M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.20/SFA-5.20M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.21	Specification for Composite Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.22/SFA-5.22M	Specification for Flux Cored Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Electrodes
SFA-5.23/SFA-5.23M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.24/SFA-5.24M	Specification for Zirconium and Zirconium Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.25/SFA-5.25M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding
SFA-5.26/SFA-5.26M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding
SFA-5.28/SFA-5.28M	Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.29/SFA-5.29M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.30/SFA-5.30M	Specification for Consumable Inserts
SFA-5.31	Specification for Fluxes for Brazing and Braze Welding
SFA-5.32/SFA-5.32M	Specification for Welding Shielding Gases
SFA-5.33/SFA-5.33M	Specification for NIckel-Alloy Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.36/SFA-5.36M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding

جدول-۳۵ : شماره F-Number 1 ~ 4 از جدول QW-432

QW-432-F-Number-ASME Section IX
Steel and Steel Alloys

F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification Electrods	F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification Electrods
F1	SFA-5.1	EXX2X	F3	SFA-5.1	EXX11
F2	SFA-5.1	EXX12	F4	SFA-5.1	EXX15
F2	SFA-5.1	EXX13	F4	SFA-5.1	EXX16
F2	SFA-5.1	EXX14	F4	SFA-5.1	EXX18
F2	SFA-5.1	EXX19	F4	SFA-5.1	EXX18M
F3	SFA-5.1	EXX10	F4	SFA-5.1	EXX48

F-Number 1~4 را بطور ساده می توان در جدول-۳۵ بررسی کرد.

اگر به جدول QW-432 دقت شود، برای F-No.-1 الی F-No.-5 شماره الکترود مشخصی معین نشده است بلکه بصورت یک عدد چند رقمی است مثلاً بصورت EXX18 نشان داده شده است که دو حرف XX نماینده‌ی حداقل استحکام کششی الکترود می باشد. مانندE7018، که وضعیت .F-No و .SFA- No مربوط به این الکترود در امتداد شماره الکترود مشخص شده است. چنانچه به جدول QW-432 مراجعه گردد مشخصات زیر برای الکترود E7018 قید شده است:

F-No.-4, SFA-No.-5.1 AWS Classification EXX18

جدول-۳۶ : وضعیت .F-No و .SFA- No مربوط به الکترود E7018 در جدول QW-432

Table QW-432
F-Numbers
Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification	UNS No.
		Steel and Steel Alloys	
4	SFA-5.1	EXX18	...

نتیجه: برای مشخص کردن F-Number در WPS، می توان با مراجعه به QW-432 و تطبیق مشخصات الکترود انتخابی با مشخصات قید شده در این جدول F-Number الکترود مناسب را مشخص نمود. آیا تغییر در F-Number نیاز به تهیه PQR جدید دارد یعنی اگر PQR با الکترود E6013 با F-Number-2 تهیه شده باشد سپس در کار اجرایی از الکترود E7018 با F-Number-4 استفاده شود آیا این جوش نیاز به PQR جدید دارد؟ جواب بله است.

* QW-404.5- ø A-Number

(جزء متغیرات اساسی است)

ترجمه : (تنها برای فلزات آهنی کاربرد دارد) تغییر در ترکیب شیمیایی فلز جوش از یک A-Number به هر A-Number دیگری در جدول QW-442.

یک PQR با A-No.1 می تواند فلز جوش با A-No.2 را تأیید نماید و بالعکس.

ترکیب شیمیایی فلز جوش می تواند با هر یک از روشهای زیر تعیین شود:

a)- برای تمام فرآیندهای جوشکاری از آنالیز شیمیایی فلز جوش رسوب یافته در تست کوپن PQR .

QW-404.5 (Applicable only to ferrous metals.) A change in the chemical composition of the weld deposit from one A-Number to any other A-Number in Table QW-442. Qualification with A-No. 1 shall qualify for A-No. 2 and vice versa.

The weld metal chemical composition may be determined by any of the following:

(a) For all welding processes — from the chemical analysis of the weld deposit taken from the procedure qualification test coupon.

(b) For SMAW, GTAW, LBW, and PAW — from the chemical analysis of the weld deposit prepared according to the filler metal specification, or from the chemical composition as reported either in the filler metal specification or the manufacturer's or supplier's certificate of compliance.

(c) For GMAW and EGW — from the chemical analysis of the weld deposit prepared according to the filler metal specification or the manufacturer's or supplier's certificate of compliance when the shielding gas used was the same as that used to weld the procedure qualification test coupon.

(d) For SAW — from the chemical analysis of the weld deposit prepared according to the filler metal specification or the manufacturer's or supplier's certificate of compliance when the flux used was the same as that used to weld the procedure qualification test coupon.

In lieu of an A-Number designation, the nominal chemical composition of the weld deposit shall be indicated on the WPS and on the PQR. Designation of nominal chemical composition may also be by reference to the AWS classification except for the "G" suffix classification, by the manufacturer's trade name, or by other established procurement documents.

شکل-۱۲۲ : پاراگراف QW-404.5 A-Number مطابق ASME Sec. IX-2019

b)- برای فرآیندهای GTAW, SMAW و PAW از آنالیز شیمیایی فلز جوش تهیه شده مطابق با مشخصات فنی فیلر متال یا از ترکیب شیمیایی گزارش شده در مشخصات فنی فیلر متال یا در گواهینامه‌ی کیفیت (Certificate) سازنده یا تامین کننده فیلر متال.

c) - برای فرآیندهای GMAW و EGW از آنالیز شیمیایی فلز جوش رسوب یافته مطابق با مشخصات فنی فیلر متال یا گواهینامه‌ی کیفیت (Certificate) سازنده یا تامین کننده فیلر متال البته وقتی که گاز محافظ بکار رفته در جوشکاری همان گاز مورد استفاده در تهیه‌ی PQR باشد.

d)- برای SAW از آنالیز شیمیایی فلز جوش رسوب یافته مطابق با مشخصات فنی فیلر متال یا گواهینامه‌ی کیفیت (Certificate) سازنده یا تامین کننده فیلر متال البته وقتی که فلاکس بکار رفته در جوشکاری همان فلاکس مورد استفاده در تهیه‌ی PQR باشد.

در WPS و PQR باید به جای A-Number، ترکیب شیمیایی اسمی فلز جوش نشان داده شود. تعیین ترکیب شیمیایی اسمی ممکن است با مراجعه به AWS Classification صورت گیرد البته بجز آنهایی که دارای پسوند G ، یا آنهایی که بر اساس نام تجاری تولید کننده یا سایر مدارک خرید تنظیم شده اند.

توضیح: الکترودها و فیلر متالهایی که برای متریالهای آهنی استفاده می شوند می توان عدد .A-No آنها را با توجه به آنالیز شیمیایی آنها و نیز مطابقت دادن با جدول QW-442 مشخص نمود.

آنالیز شیمیایی الکترودها و فیلر متالها را می توان بر اساس استاندارد ASME Section II-C و یا بر اساس مدرک فنی گواهینامه کیفیت (Certificate) ارائه شده از طرف سازنده های آنها مشخص نمود.

چند مثال در این زمینه:

مثال (a): با استفاده از استاندارد ASME Section II-C

۱- چنانچه در WPS از الکترود E7018 استفاده گردد چون .SFA-No این الکترود 5.1 می باشد می توان با مراجعه به این بخش از استاندارد ASME Section II-C آنالیز شیمیایی این الکترود را مشخص نمود و اگر آنالیز شیمیایی آن با جدول QW-442 مقایسه شود شماره .A-No این الکترود نیز مشخص می شود و در WPS شماره‌ی A-No آن که جزء متغیرات اساسی می باشد، قید می گردد.

جدول-۳۷ : آنالیز شیمیایی الکترود E7018 مطابق استاندارد ASME Section II-C-2019

SEC. II-PART-C - SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS, ELECTRODES, AND FILLER METALS **SFA-5.1**

TABLE 7

Chemical Composition Requirements for Weld Metal

AWS Classification		UNS[a]	Weight Percent[b]									Combined Limit for
A5.1	A5.1M	Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Mn + Ni + Cr + Mo + V
E7018	E4918	W07018	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	1.75

NOTES:

[a] SAE/ASTM Unified Numbering System for Metals and Alloys.

[b] Single values are maximum. N. S. means Not Specified.

[c] Analysis for boron is required to be reported if intentionally added, or if it is known to be present at levels greater than 0.0010%.

جدول-۳۸ : آنالیز شیمیایی جدول QW442 مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW-442
A-Numbers
Classification of Ferrous Weld Metal Analysis for Procedure Qualification

		Analysis, % [Note (1)] and [Note (2)]					
A-No.	Types of Weld Deposit	C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Mild Steel	0.20	0.20	0.30	0.50	1.60	1.0
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40–0.65	0.50	1.60	1.0
3	Chrome (0.4% to 2%)-Molybdenum	0.15	0.40–2.00	0.40–0.65	0.50	1.60	1.0
4	Chrome (2% to 4%)-Molybdenum	0.15	2.00–4.00	0.40–1.50	0.50	1.60	2.0
5	Chrome (4% to 10.5%)-Molybdenum	0.15	4.00–10.5	0.40–1.50	0.80	1.20	2.0
6	Chrome-Martensitic	0.15	11.0–15.0	0.70	0.80	2.00	1.0
7	Chrome-Ferritic	0.15	11.0–30.0	1.00	0.80	1.00	3.0
8	Chromium-Nickel	0.15	14.5–30.0	4.00	7.50–15.0	2.50	1.0
9	Chromium-Nickel	0.30	19.0–30.0	6.00	15.0–37.0	2.50	1.0
10	Nickel to 4%	0.15	0.50	0.55	0.80–4.00	1.70	1.0
11	Manganese-Molybdenum	0.17	0.50	0.25–0.75	0.85	1.25–2.25	1.0
12	Nickel–Chrome—Molybdenum	0.15	1.50	0.25–0.80	1.25–2.80	0.75–2.25	1.0

NOTES:
(1) Single values shown above are maximum.
(2) Only listed elements are used to determine A-numbers.

ابتدا باید در نظر داشت که در جدول QW-442 کروم زیر 0.5 درصد و همچنین مولیبدنیوم زیر 0.4 درصد ملاکی برای اندازه گیری نمی باشد و باید نادیده گرفته شود. بنابراین با مقایسه کردن آنالیز شیمیایی الکترود E7018 با جدول QW-442 می توان شماره .A-No مربوط به این الکترود را مشخص نمود و آن A-No.1 می باشد.

۲- چنانچه در WPS از فیلر ER80S-Ni1 استفاده شود چون .SFA-No این الکترود 5.28 می باشد می توان با مراجعه به این بخش از استاندارد ASME Section II-C آنالیز شیمیایی این الکترود را مشخص نمود و اگر این آنالیز شیمیایی با جدول QW-442 مقایسه شود شماره .A-No این الکترود نیر مشخص می شود و در WPS شماره A-No آن که جزء متغیرات اساسی می باشد، قید می شود.

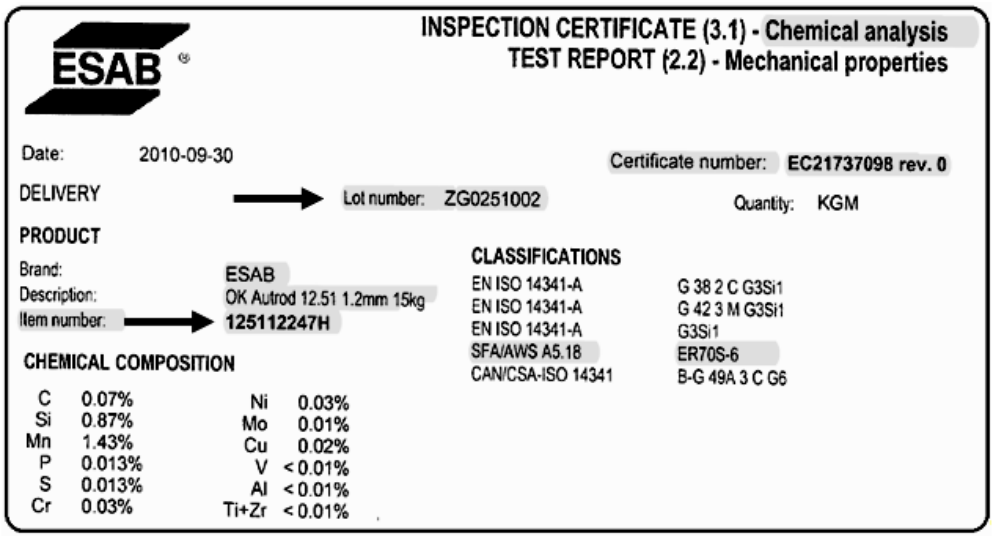
بنابراین با مقایسه کردن آنالیز شیمیایی فیلر متال ER80S-Ni1 با جدول QW-442 می توان با توجه به درصد نیکل، شماره‌ی.A-No مربوط به آن را مشخص نمود و آن A-No.10 است.

جدول-۳۹ : آنالیز شیمیایی فیلر متال ER80S-Ni1 مطابق استاندارد ASME Section II-C-2019

PART C - SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS, ELECTRODES, AND FILLER METALS **SFA-5.28** **TABLE 1** **CHEMICAL COMPOSITION REQUIREMENTS FOR SOLID ELECTRODES AND RODS**															
AWS Classification A5.28	**UNS Number**	**Weight Percent**													
		C	**Mn**	**Si**	**P**	**S**	**Ni**	**Cr**	**Mo**	**V**	**Ti**	**Zr**	**Al**	**Cu**	**Other Elment**
Nickel Steel Electrodes and Rods															
ER 80S-Ni1	**K11260**	**0.12**	**1.25**	**0.40-0.80**	**0.025**	**0.025**	**0.80-1.10**	**0.15**	**0.35**	**0.05**	**…**	**…**	**…**	**0.35**	**0.50**
SECTION II, PART C															

مثال (b): با استفاده از مدرک فنی گواهینامه کیفیت (Certificate) ارائه شده از طرف سازنده:

توجه مهم: هنگام کنترل مدرک فنی گواهینامه کیفیت (Certificate) ارائه شده از طرف سازنده بایستی دقت گردد که شماره Lot No. و همچنین شماره Item No. قید شده بر روی بسته الکترود یا فیلر متالها با شماره های قید شده در مدرک فنی گواهینامه کیفیت (Certificate) ارائه شده مطابقت داشته باشند.


ESAB

INSPECTION CERTIFICATE (3.1) - Chemical analysis
TEST REPORT (2.2) - Mechanical properties

Date: 2010-09-30
Certificate number: EC21737098 rev. 0
DELIVERY → Lot number: ZG0251002
Quantity: KGM

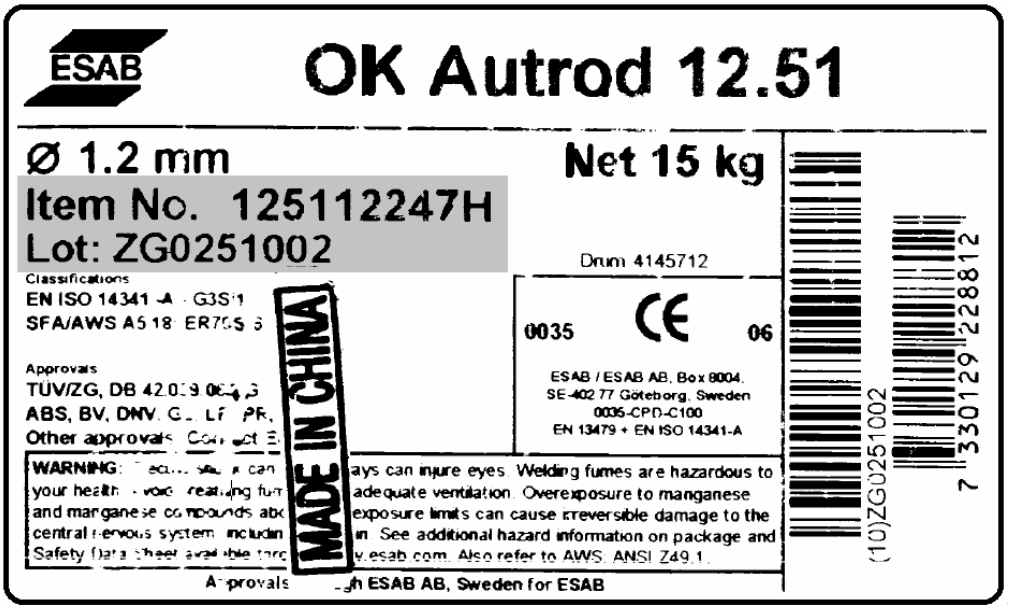
PRODUCT
Brand: ESAB
Description: OK Autrod 12.51 1.2mm 15kg
Item number: → 125112247H

CLASSIFICATIONS
EN ISO 14341-A G 38 2 C G3Si1
EN ISO 14341-A G 42 3 M G3Si1
EN ISO 14341-A G3Si1
SFA/AWS A5.18 ER70S-6
CAN/CSA-ISO 14341 B-G 49A 3 C G6

CHEMICAL COMPOSITION

C	0.07%	Ni	0.03%
Si	0.87%	Mo	0.01%
Mn	1.43%	Cu	0.02%
P	0.013%	V	< 0.01%
S	0.013%	Al	< 0.01%
Cr	0.03%	Ti+Zr	< 0.01%

شکل-۱۲۳ : آنالیز شیمیایی فیلر متال ER70S-6 مطابق گواهینامه کیفیت (Certificate)


ESAB

OK Autrod 12.51

Ø 1.2 mm
Net 15 kg
Item No. 125112247H
Lot: ZG0251002
Drum 4145712

Classifications
EN ISO 14341-A : G3Si1
SFA/AWS A5.18: ER70S-6

Approvals
TÜV/ZG, DB 42.013 0035
ABS, BV, DNV, GL, LR, PR,
Other approvals: Contact E

0035 CE 06

ESAB / ESAB AB, Box 8004,
SE-402 77 Göteborg, Sweden
0035-CPD-C100
EN 13479 + EN ISO 14341-A

MADE IN CHINA

WARNING: Fume... Yes, it can
your health - wor... creating fum
and manganese co...pounds abo
central nervous system, includin
Safety Data Sheet ava...ble fro

...ays can injure eyes. Welding fumes are hazardous to
...adequate ventilation. Overexposure to manganese
...exposure limits can cause irreversible damage to the
...n. See additional hazard information on package and
...v.esab.com. Also refer to AWS: ANSI Z49.1.

Approvals ...gh ESAB AB, Sweden for ESAB

(10)ZG0251002
7 330129 228812

شکل-۱۲۴ : شماره Lot و Item No. روی بسته فیلر متال ER70S-6

بنابراین آنالیز شیمیایی فیلر متال ER70S-6 که در مدرک فنی گواهینامه کیفیت (Certificate) ارائه شده است را می توان با جدول QW-442 مقایسه نمود و شماره .A-No مربوط به آن را که A-No.1 می باشد، مشخص نمود.
همان طور که قبلاً اشاره گردید باید توجه نمود که:
یک PQR مربوط به A-No.1 باید فلز جوش با A-No.2 را تأیید نماید و بالعکس.

نتیجه : .A-No جزء متغیرات اساسی است و تغییر در .A-No نیاز به تهیه‌ی PQR جدید دارد به استثناء A-No.1 و A-No.2 که همدیگر را تأیید می کنند.
طریقه‌ی نوشتن در WPS: در WPS می توان به شکل زیر نوشت:
مثال (c):

جدول-۴۰ : طریقه‌ی نوشتن .F-No و .A-No الکترود E7018 و فیلر متال ER70S-6

QW-404 FILLER METALS		
PROCESSES	GTAW	SMAW
SPECIFIVATION NO. (SFA) :	SFA-5.18	SFA-5.1
AWS NO. (CLASS) :	ER70S-6	E7018
F - NO. :	6	4
A - NO. :	1	1
SIZE OF FILLER METALS : (mm)	2.4	3.2, 4
ELECTRODE FLUX (CLASS) :	***	***
FLUX TRADE NAME :	***	***
MAX. t DEPOSIT WELD : (mm)	3	17
OTHER : ELECTRODE BAKING AT 250 - 300°C min 2hrs		

⁎- QW-404.6 ø Diameter
(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-404.6 A change in the nominal size of the electrode or electrodes specified in the WPS.

شکل-۱۲۵ : پاراگراف QW-404.6 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در اندازه‌ی اسمی الکترودهای مشخص شده در WPS.

توضیح: قطر الکترود از متغیرات غیر اساسی می باشد یعنی تغییر آن نیاز به PQR مجدد ندارد.
مثلاً اگر در PQR از الکترود با قطر 3.2mm استفاده گردد ولی در WPS از الکترود با قطر 4mm استفاده شود این تغییر نیاز به PQR مجدد ندارد فقط باید WPS را ویرایش نمود و یک WPS جدید با این قطر الکترود تهیه و جهت تأیید به کارفرما ارائه شود.
نکته‌ی مهم: منظور از قطر اسمی در واقع قطر سیم جوش بدون روکش الکترود است.

شکل-۱۲۶ : قطر اسمی الکترود

*- QW-404.7- ø Diameter > $\frac{1}{4}$ in. (6 mm)

(جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

QW-404.7 A change in the nominal diameter of the electrode to over $\frac{1}{4}$ in. (6 mm). This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic material is solution annealed after welding.

شکل-۱۲۷ : پاراگراف QW-404.7 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در قطر اسمی الکترود بیشتر از $\frac{1}{4}$ in. (6mm). این مورد وقتی که WPS با PWHT در بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی تأیید شده یا وقتی که متریال آستنیتی پس از جوشکاری مورد عملیات Solution Annealed قرار گرفته باشد کاربرد ندارد.

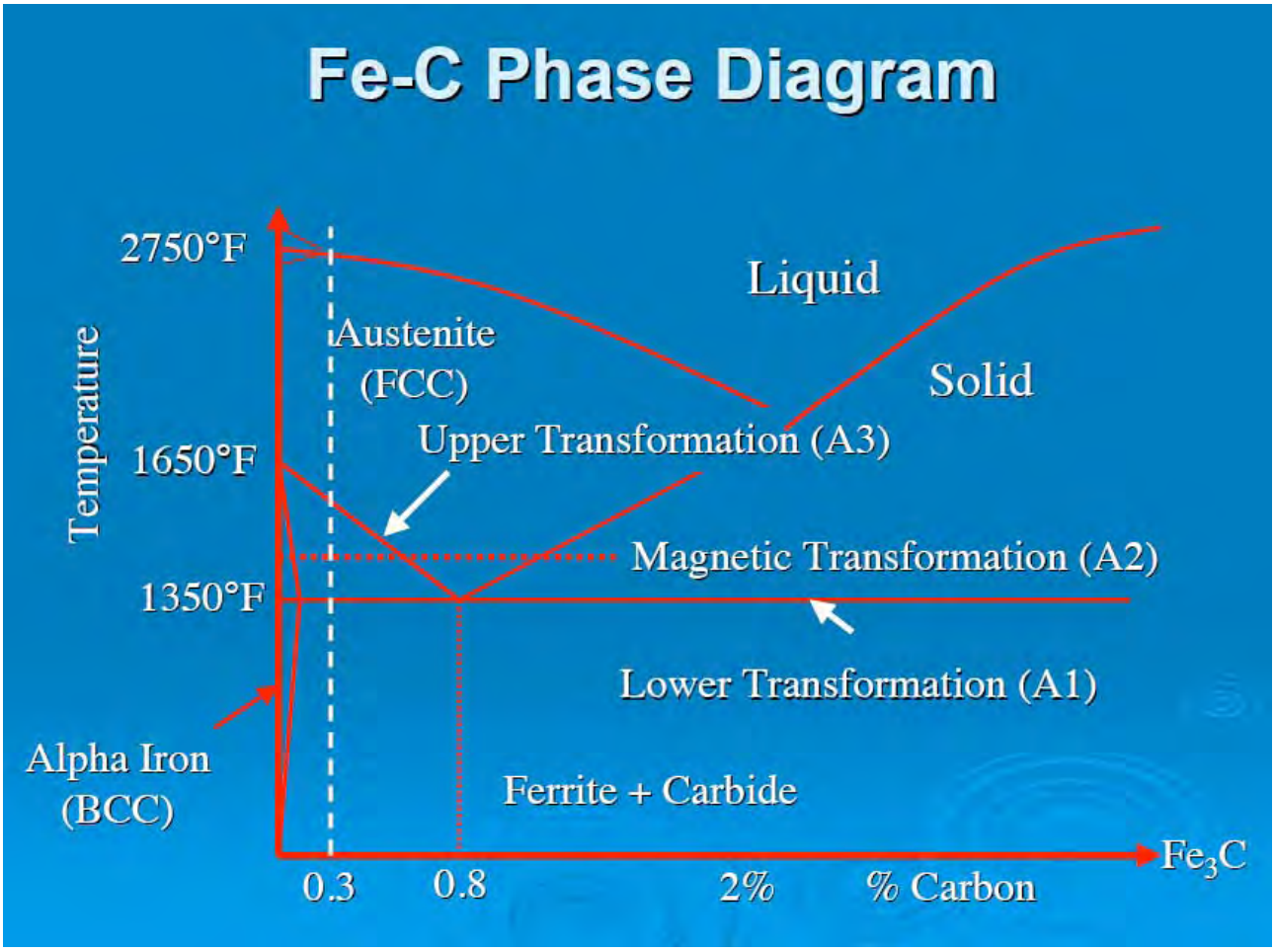
توضیح : وقتی قطعه‌ی PQR دارای تست ضربه (IMPACT) باشد تغییر در اندازه‌ی اسمی قطر الکترودهای بیشتر از 6mm نیاز به تهیه PQR جدید دارند زیرا این پارامتر جزء متغیرات تکمیلی اساسی می باشد.

مثلاً اگر در PQR که تست ضربه دارد از الکترود 3.2mm استفاده شده باشد و در WPS از الکترود با قطر اسمی 8mm استفاده شود PQR مذکور این WPS را تأیید نمی کند و برای این WPS با این سایز الکترود می بایست PQR جدید انجام شود.

البته باید دقت نمود وقتی که WPS با PWHT که در درجه حرارت بالاتر از استحاله‌ی فازی تأیید شده باشد یا وقتی که متریال آستنیتی پس از جوشکاری مورد عملیات Solution Annealed قرار گرفته باشد این موضوع کاربرد ندارد.

PWHT Above The Upper Transformation Temperature

(*) عملیات حرارتی بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی و عملیات Solution Annealed چیست؟



شکل-۱۲۸ : دیاگرام فاز آهن – کربن

مطابق دیاگرام فاز آهن-کربن، انجام عملیات حرارتی بالاتر از دمای استحاله‌ی فازی یعنی خط A3 (Upper Transformation) **برای فولادهای کربنی هیپو یوتکتوئید و بالای خط ACM برای فولادهای هایپریوتکتوئید منجر به تغییر فاز فریت و پرلیت و یا سمنتیت و پرلیت به فاز آستنیت خواهد شد و در اثر این استحاله‌ی فازی که در دمای نرماله کردن رخ می دهد در حین سرد شدن تمام تاثیرات حرارتی ناشی از جوش بدلیل تغییر ساختار و تبدیل مجدد آن به فازهای جدید از بین می رود.**

Solution Annealed after welding for Austenitic Materials

عملیات حرارتی Solution annealing برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی رسوب کاربید یا حساسیت کاربیدی است. در زمان گرم شدن فلز تا دمای جوشکاری، قسمتی از فلز به محدوده دمای (800ºF - 1600ºF) می رسد. در این بازه‌ی دمایی، کروم و کربن موجود در فلز ترکیب شده و تشکیل کاربید کروم می دهند.

حساس ترین دما برای شکل گیری چنین ترکیبی دمای [1250ºF (675ºC)] می باشد. در زمان جوشکاری قسمت های متأثر از حرارت جوش دو بار تحت تاثیر این دما قرار می گیرند یکبار در حین گرم شدن و یکبار در حین سرد شدن. کاربیدهای کروم عموماً در مرز بین دانه ها شکل می گیرند.

(*) توضیحات مربوط به دمای استحاله‌ی فازی (Upper Transformation) و همچنین عملیات حرارتی برای متریالهای آستنیتی Solution annealing توسط آقای مهندس سام (عقیل) اشرفی کارشناس ارشد متالورژی ارائه شده است که در اینجا از زحمات ایشان کمال تشکر را دارم.

در اثر شکل گیری آنها در مرز بین دانه ها، کروم موجود در دانه های مجاور مرز دانه ها کاهش می یابد. کاهش یافتن کروم از مقدار مورد نیاز برای مقاومت در برابر خوردگی را فقر کروم می نامند. بنابراین به دلیل فقر کروم، مقاومت به خوردگی دانه ها کاهش می یابد و در نتیجه در محیطهای خورنده‌ی شدید لبه ی دانه هایی که فقر کروم بیشتری دارند با سرعت بالایی خورده می شوند که به آن حمله‌ی خوردگی بین دانه ای گفته می شود،

(IGA= Intergranular Corrosion Attack).

با روشهای متعددی می توان از این حساسیت کاربیدی (Sensitization) جلوگیری کرد. اولین روش عملیات حرارتی است. آنیل کردن فولاد زنگ نزن آستنیتی تا دمای (1950ºF - 2000ºF) معروف به Solution annealing، کاربیدهای کروم را در هم می شکند و به کربن اجازه می دهد تا مجدداً در ساختار حل شود. البته این عملیات حرارتی می تواند سبب اعوجاج یا پیچیدگی شدیدی در اتصالات جوش گردد و در ادامه‌ی عملیات حرارتی، ساختار بایستی سریعاً در آب کوئینچ (سرد) گردد تا از شکل گیری مجدد کاربید کروم جلوگیری شود.

شکل-۱۲۹ : شماتیکی از عملیات حرارتی Solution annealing

لذا طبق پاراگراف QW-404.7 محدودیت اشاره شده در این بند از استاندارد Section IX برای فولادهای زیر نباید اعمال گردد.

۱- فولادهایی که عملیات حرارتی بعد از جوشکاری در آنها در دمایی بالاتر از دمای استحاله فازی بالایی انجام می شود.

۲- فولادهای زنگ نزن آستنیتی که بعد از جوشکاری بر روی آنها عملیات حرارتی Solution annealing انجام می شود.

* - QW-404.12 - ø Classification

(جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

QW-404.12 A change in the filler metal classification within an SFA specification, or for a filler metal not covered by an SFA specification or a filler metal with a "G" suffix within an SFA specification, a change in the trade name of the filler metal.

When a filler metal conforms to a filler metal classification, within an SFA specification, except for the "G" suffix classification, requalification is not required if a change is made in any of the following:

(a) from a filler metal that is designated as moisture-resistant to one that is not designated as moisture-resistant and vice versa (i.e., from E7018R to E7018)

(b) from one diffusible hydrogen level to another (i.e., from E7018-H8 to E7018-H16)

(c) for carbon, low alloy, and stainless steel filler metals having the same minimum tensile strength and the same nominal chemical composition, a change from one low hydrogen coating type to another low hydrogen coating type (i.e., a change among EXX15, 16, or 18 or EXXX15, 16, or 17 classifications)

(d) from one position-usability designation to another for flux-cored electrodes (i.e., a change from E70T-1 to E71T-1 or vice versa)

(e) from a classification that requires toughness testing to the same classification which has a suffix which indicates that toughness testing was performed at a lower temperature or exhibited greater toughness at the required temperature or both, as compared to the classification which was used during procedure qualification (i.e., a change from E7018 to E7018-1)

(f) from the classification qualified to another filler metal within the same SFA specification when the weld metal is exempt from toughness testing by other Sections

This exemption does not apply to hard-facing and corrosion-resistant overlays

شکل-۱۳۰ : پاراگراف QW-404.12 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر Classification در یک SFA Specification، یا تغییر Classification برای فیلر متالی که دارای SFA Specification نمی باشد یا تغییر Classification فیلر متالی که دارای SFA Specification می باشد ولی دارای پسوند "G" می باشد و همچنین تغییر در نام تجارتی فیلر متال.

وقتی که Classification یک فیلر متال با SFA Specification یک فیلر متال دیگر مطابقت دارد به استثناء فیلر متالهایی که دارای پسوند "G" می باشند، چنانچه تغییری در هر یک از موارد زیر رخ بدهد نیاز به تهیه PQR مجدد نمی باشد.

a) – از فیلر متالی که مقاوم در برابر رطوبت شناخته شده به فیلر متالی که مقاوم در برابر رطوبت نمی باشد و بالعکس (مثلاً از الکترود E7018R به الکترود E7018)

b) – از یک سطح قابلیت نفوذ هیدروژن به سطح دیگر (مثلاً از E7018-H8 به E7018-H16)

c) – برای فیلر متالهای فولادهای کربنی، کم آلیاژی و ضد زنگ که دارای حداقل استحکام کششی و ترکیب شیمیایی یکسان می باشند تغییر از یک نوع روکش کم هیدروژن به نوع دیگر روکش کم هیدروژن (مثلاً تغییر در میان Classification های EXX15, 16, 18 یا EXXX15, 16, 17)

d) – برای الکترودهای Flux-Cored از یک وضعیت قابل کاربرد تعیین شده به وضعیت دیگری (برای مثال تغییر از E70T-1 به E71T-1 یا بالعکس)

e) – از یک Classification که نیاز به تست ضربه دارد به همان Classification که دارای پسوندی است که نشان می دهد تست ضربه در درجه حرارت پایین تری انجام شده است یا اینکه در مقایسه با Classification بکار رفته در تهیه‌ی PQR چقرمگی (Thoughness) بیشتری را در درجه حرارت مورد نیاز از خود نشان داده یا هر دو در مقایسه با طبقه بندی که در مرحله صلاحیت روش استفاده شده است (مثلاً تغییر از E7018 به E7018-1)

f) – تغییر فیلر متال تأیید شده در PQR از یک Classification به فیلر متال دیگر در همان SFA Specification وقتی که فلز جوش بوسیله ی سایر بخش ها از تست ضربه معاف شده باشد، نیازی به Requalification ندارد،

این معافیت در مورد Hard-Facing و Corrosion Resistant Overlays بکار برده نمی شود.

توضیح : پاراگراف QW-404.12 ø Classification جزء متغیرات تکمیلی اساسی می باشد. این پاراگراف وقتی که PQR با تست ضربه تأیید می شود، تغییر در Classification الکترود و فیلر متالها را بررسی می کند.

موضوع اول- تغییر Classification در یک SFA Specification است. در یک .SFA-No مثل SFA-No.5.5 الکترودهای متفاوتی دیده می شود.

جدول-۴۱ : لیست الکترودهای SFA-No.5.5 مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

PART C - SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS, ELECTRODES, AND FILLER METALS **SFA-5.5**									
TABLE 1 (CONT'D)									
ELECTRODE CLASSIFICATION									
Carbon-Molybdenum Steel Electrdes									
ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification
1	E7010-A1	3	E7015-A1	5	E7018-A1	7	E7027-A1		
2	E7011-A1	4	E7016-A1	6	E7020-A1	8			
Chromium-Molybenum Steel Electrodes									
ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification
1	E8016-B1	8	E9015-B3	15	E8015-B6	22	E8018-B7	29	E8015-B8L
2	E8018-B1	9	E9016-B3	16	E8016-B6	23	E8015-B7L	30	E8016-B8L
3	E8016-B2	10	E9018-B3	17	E8018-B6	24	E8016-B7L	31	E8018-B8L
4	E8018-B2	11	E8015-B3L	18	E8016-B6L	25	E8018-B7L	32	E9015-B9
5	E7015-B2L	12	E8018-B3L	19	E8018-B6L	26	E8015-B8	33	E9016-B9
6	E7016-B2L	13	E8015-B4L	20	E8015-B7	27	E8016-B8	34	E9018-B9
7	E7018-B2L	14	E8016-B5	21	E8016-B7	28	E8018-B8	35	

جدول-۴۲ : ادامه لیست الکترودهای SFA-No.5.5 مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

PART C - SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS, ELECTRODES, AND FILLER METALS **SFA-5.5**									
TABLE 1 (CONT'D)									
ELECTRODE CLASSIFICATION									
Nickel Steel Electrodes									
ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification
1	E8016-C1	5	E7018-C1L	9	E7016-C2L	13	E7018-C3L	17	
2	E8018-C1	6	E8016-C2	10	E7018-C2L	14	E8016-C4	18	
3	E7015-C1L	7	E8018-C2	11	E8016-C3	15	E8018-C4	19	
4	E7016-C1L	8	E7015-C2L	12	E8018-C3	16	E9015-C5L	20	
Manganese-Molybdenum Steel Electrodes									
ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification	ROW	AWS Classification
1	E8018-D1	8	E10015-D2	15	E8016-D3	22		29	
2	E9015-D1	9	E10016-D2	16	E8018-D3	23		30	
3	E9018-D1	10	E10018-D2	17	E9018-D3	24		31	

تغییر در Classification هایی که در SFA-No.5.5 می باشند نیاز به PQR مجدد دارند یا به عبارتی دیگر به Requalification نیاز دارند.

موضوع دوم- اگر از فیلر متالی که دارای SFA Specification نمی باشد (یعنی در هیچکدام از دسته بندی SFA-No. ها قرار ندارد) استفاده شود. چنانچه پس از استفاده آنرا تغییر دهیم این تغییر به PQR جدید نیاز دارد.

موضوع سوم- فیلر متالی که دارای SFA Specification است ولی دارای پسوند "G" می باشد تغییر در نام تجارتی چنین فیلر متالی (و یا الکترودی) به PQR جدید نیاز دارد.

لطفاً به این مثالها دقت شود:

در شرکت "ESAB" الکترود E7018-G با دو شماره تجاری متفاوت تولید و به بازار ارائه شده است.

OK 73.05 SMAW
Type Basic E7018-G

Description

Welds in offshore flowlines welded with standard 1% Ni consumables have demonstrated corrosion resistance that is considerably lower than that of the base material. OK 73.05 has been alloyed with Cr/Cu to provide increased corrosion resistance at the level of the base material. It is a basic electrode with very good welding characteristics, specially designed for pipe welding.

Recovery

Welding current
DC+ - AC OCV 65 V

Classifications

SFA/AWS A5.5	E7018-G

Typical all weld metal composition, %

C	Si	Mn	Cr	Cu
0.04	0.5	0.6	0.6	0.3

Typical mech. properties all weld metal

Yield stress, MPa	480
Tensile strength, MPa	550
Elongation, %	26

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
-20	155
-40	60

شکل-۱۳۱ : الکترود OK73.05 E7018-G - SFA-No.5.5

OK 48.08 SMAW
Type Lime-basic E7018-G

Description

OK 48.08 is an LMA electrode with very good mechanical properties suitable for demanding applications, such as offshore. The weld metal contains approximately 1% Ni for high impact values down to -40°C. The coating is of the latest LMA type for optimum resistance to porosity and hydrogen cracking. OK 48.08 is CTOD tested.

Recovery
125%

Welding current
AC, DC+(-) OCV 65 V

Classifications

SFA/AWS A5.5	E7018-G
EN 499	E 46 5 1Ni B 32 H5
ISO 2560	E 51 5 B 120 24 H

Typical all weld metal composition, %

C	Si	Mn	Ni
0.06	0.4	1.2	0.8

Typical mech. properties all weld metal

Yield stress, MPa	540
Tensile strength, MPa	600
Elongation, %	26

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
-20	160
-40	130
-50	100
-60	60

شکل-۱۳۲ : الکترود OK73.05 E7018-G - SFA-No.5.5

۱)- الکترود E7018-G از شرکت "ESAB" با شماره تجاری OK73.05 (دارای Cr = 0.6%)

۲)- الکترود E7018-G از شرکت "ESAB" با نام تجاری OK48.08 (دارای Ni = 0.8%)

با مراجعه به مشخصات آنالیز شیمیایی این دو الکترود مشخص می شود که الکترود با نام تجاری OK73.05 دارای 0.6 درصد کروم و الکترود با نام تجاری OK48.08 دارای 0.8 درصد نیکل است. که باعث تغییر در A-No. می شوند.

موضوع چهارم- مطابق این پاراگراف وقتی که PQR با تست ضربه تأیید می شود در برخی از موارد تغییر در Classification الکترود و فیلر متالها بدون نیاز به PQR مجدد، امکان پذیر می باشد. این موارد در ترجمه پاراگراف آمده است. اما طبق بند (f) این پاراگراف وقتی که فلز جوش بوسیله‌ی سایر بخش ها از تست ضربه معاف گردد تغییر از Classification تأیید شده به فیلر متال دیگری در همان SFA Specification امکان پذیر می باشد (البته با رعایت سایر پارامترهای مؤثر در انتخاب الکترود مثل F-No. و A-No. و همچنین حداقل استحکام کششی) البته باید در نظر داشت که این معافیت برای حالت Hard-Facing و Corrosion Resistant Overlays بکار برده نمی شود.

نتیجه : وقتی که یک PQR با تست ضربه تأیید می شود باید مراحل تهیه آن و همچنین تهیه مدرک فنی WPS مربوط به آن با دقت کامل انجام شود و همه‌ی جوانب تغییرات آن در نظر گرفته شود و از معافیتها و استثنائات مربوط به چنین شرایطی بخوبی استفاده شود. با دقت در نکات مربوط به متغیرات تکمیلی اساسی می توان تعداد PQR ها را کاهش داد و دامنه‌ی پوشش دهی PQR ها را به مراتب افزایش داد. با مشخص شدن PQR می توان WPS های متعددی را با توجه به شرایط تست ضربه تأیید کرد. طریقه‌ی نوشتن در WPS: در WPS می توان به شکل زیر نوشت: مثال (a):

جدول-۴۳ : محدوده‌ی تأیید یک PQR با تست IMPACT مطابق پاراگراف QW-404.12

PQR (With IMPACT)	**WPS** (With IMPACT)
SFA No. 5.1/ F-No. 4/ A-No. 1	SFA No. 5.1/ F-No. 4/ A-No. 1
PQR# 1 E7018	WPS# 1 E7018
	WPS# 2 E7018-R
	WPS# 3 E7018-1
PQR (With IMPACT)	**WPS** (With IMPACT)
SFA No. 5.4/ F-No. 5/ A-No. 8	SFA No. 5.4/ F-No. 5/ A-No. 8
PQR# 2 E308L-15	WPS# 1 E308L-15
	WPS# 2 E308L-16
	WPS# 3 E308L-17

* - ø t - QW-404.30

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

QW-404.30 A change in deposited weld metal thickness beyond that qualified in accordance with QW-451 for procedure qualification or QW-452 for performance qualification, except as otherwise permitted in QW-303.1 and QW-303.2. When a welder is qualified using volumetric examination, the maximum thickness stated in Table QW-452.1(b) applies.

شکل-۱۳۳ : پاراگراف QW-404.30 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در ضخامت فلز جوش رسوب یافته بیشتر از محدوده ای که در QW-451 برای PQR یا در QW-452 برای تست جوشکار تأیید شده است مگر به صورت دیگری که QW-303.1 و QW-303.2 مجاز دانسته شده است. وقتی که تست کوپن یک جوشکار با پرتونگاری تأیید شده باشد محدوده های مندرج در جدول QW-452.1(b) بکار برده می شوند.

توضیح : وقتی که یک PQR تهیه می شود همانطور که ضخامت تست کوپن، محدوده ای از ضخامتها را تأیید میکند، ضخامت فلز جوش رسوب داده شده نیز ضخامت محدودی از فلز جوش را تأیید می کند. با دقت در جدول QW-451.1 می توان این نکته را مشاهده نمود که ضخامت تست کوپن، دو محدوده‌ی حداقل و حداکثر را تأیید می کند در صورتی که ضخامت فلز جوش محدوده‌ی حداقل ندارد فقط حداکثر ضخامت مجاز فلز جوش رسوب یافته را مشخص می کند.

اگر PQR چند فرآیندی باشد هر فرآیند به میزان ضخامت فلز جوشی که در PQR رسوب داده شده است می تواند ضخامت جوش از آن فرآیند را مطابق جدول QW-451 تأیید کند.

در جدول QW-451.1 برای ضخامت فلز جوش رسوب شده چهار محدوده مشخص شده است:

جدول-۴۴ : بخشی از جدول QW-451 مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW-451.1
Groove-Weld Tension Tests and Transverse-Bend Tests

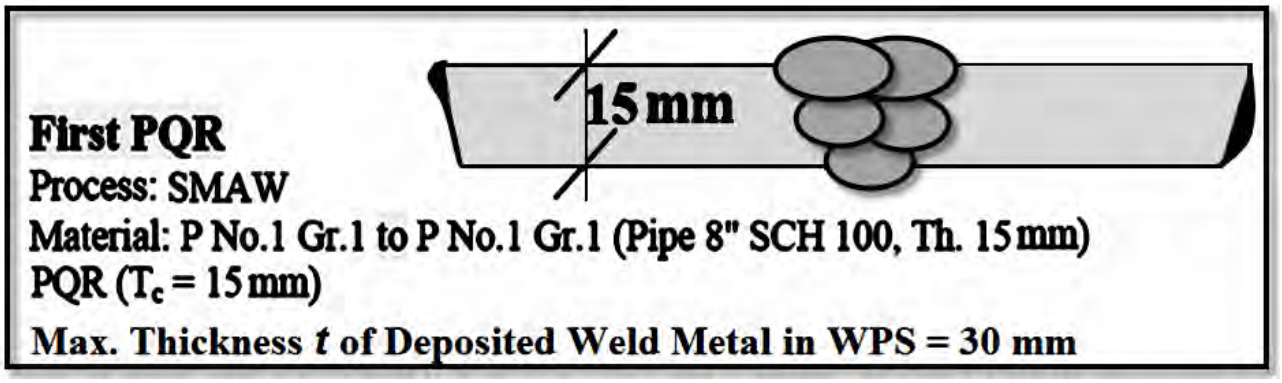
Thickness T of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)] Min.	Max.	Maximum Thickness t of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]
Less than 1/16 (1.5)	T	$2T$	$2t$
1/16 to 3/8 (1.5 to 10), incl.	1/16 (1.5)	$2T$	$2t$
Over 3/8 (10), but less than 3/4 (19)	3/16 (5)	$2T$	$2t$
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2t$ when $t <$ 3/4 (19)
3/4 (19) to less than 1 1/2 (38)	3/16 (5)	$2T$	$2T$ when $t \geq$ 3/4 (19)
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	$2t$ when $t <$ 3/4 (19)
1 1/2 (38) to 6 (150), incl.	3/16 (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when $t \geq$ 3/4 (19)
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	$1.33T$	$2t$ when $t <$ 3/4(19)
Over 6 (150) [Note (6)]	3/16 (5)	$1.33T$	$1.33T$ when $t \geq$ 3/4 (19)

NOTES:
(1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, and QW-404.32. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.
(3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, LLBW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or $2T$, or $2t$, whichever is applicable.
(4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).
(5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is 3/8 in. (10 mm) and over.
(6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

نکته‌ی مهم: برای روشن شدن رابطه‌ی بین محدوده‌ی ضخامت تست کوپن PQR و محدوده‌ی حداکثر ضخامت جوش رسوب داده شده مثالهایی در ادامه ذکر خواهد شد. باید توجه کرد در این مثالها محدوده های عملیات تنش زدایی و همچنین محدوده های تست ضربه لحاظ نشده است و در واقع با توجه به ضخامت PQR هدف بررسی محدوده‌ی حداکثری ضخامت جوش رسوب داده شده، می باشد.

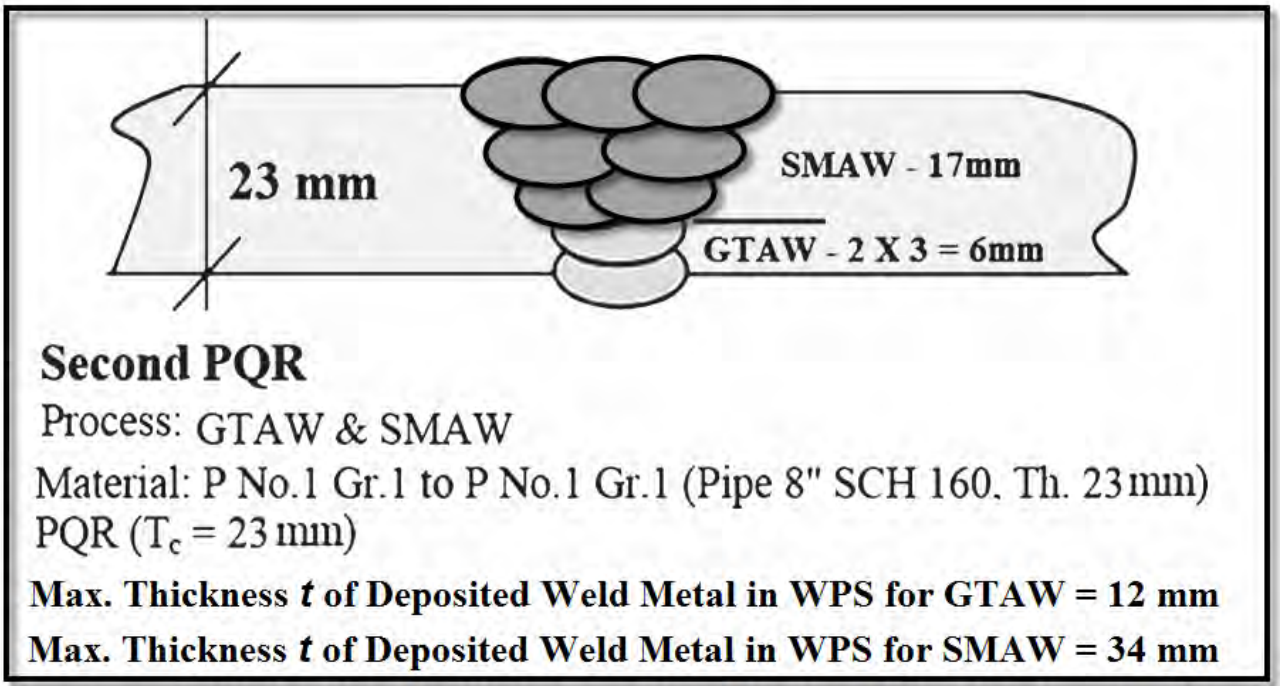
محدوده اول: 2t وقتی که ضخامت تست کوپن (PQR) کمتر از 19mm باشد یا وقتی که ضخامت فلز جوش رسوب داده شده کمتر از 19mm باشد. به مثالهای (a & b) دقت شود.

مثال (a):



شکل-۱۳۴ : میزان ضخامت جوش تأیید شده مطابق ضخامت جوش در PQR

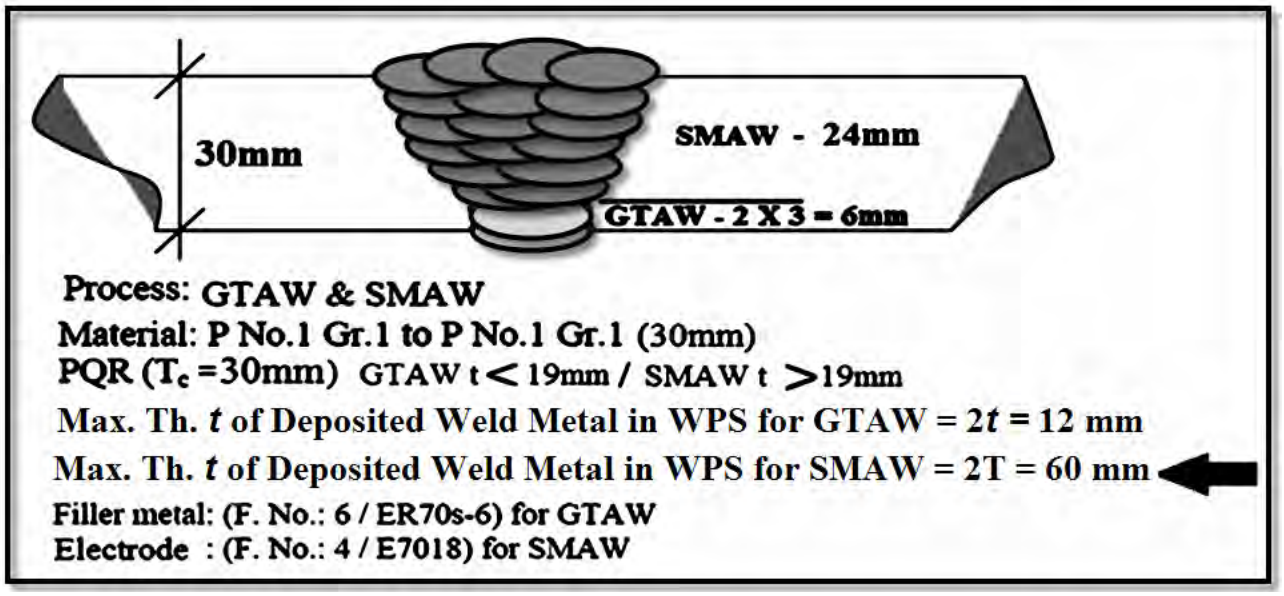
مثال (b):



شکل-۱۳۵ : میزان ضخامت جوش تأیید شده مطابق ضخامت جوش در PQR

محدوده دوم: 2T (T ضخامت تست کوپن PQR) وقتی که ضخامت فلز جوش رسوب داده شده برابر یا بیشتر از 19mm باشد (به مثال c دقت شود)

مثال (c):

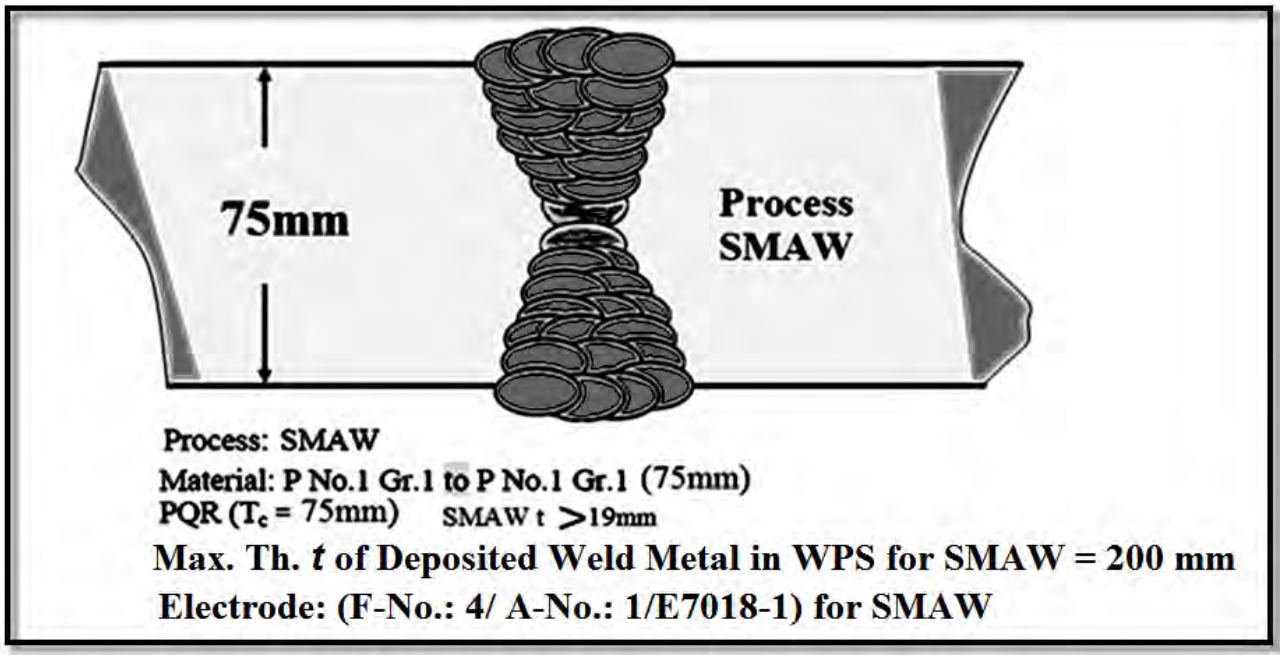


شکل-۱۳۶ : میزان ضخامت جوش تأیید شده مطابق ضخامت جوش در PQR

با دقت در مثال (c) بخوبی نشان داده شده است که وقتی ضخامت فلز جوش رسوب داده شده بیشتر از 19mm باشد حداکثر ضخامت فلز جوشی که می توان در همان فرآیند رسوب داد دو برابر ضخامت تست کوپن PQR می باشد.

محدوده سوم: 200mm وقتی که ضخامت تست کوپن PQR از 38mm تا 150mm باشد و ضخامت فلز جوش رسوب داده شده برای هر فرآیندی برابر یا بیشتر از 19mm باشد در چنین شرایطی ضخامت مورد تأیید برای ضخامت فلز رسوب داده شده‌ی آن فرآیند برابر با 200mm است.

مثال (d):

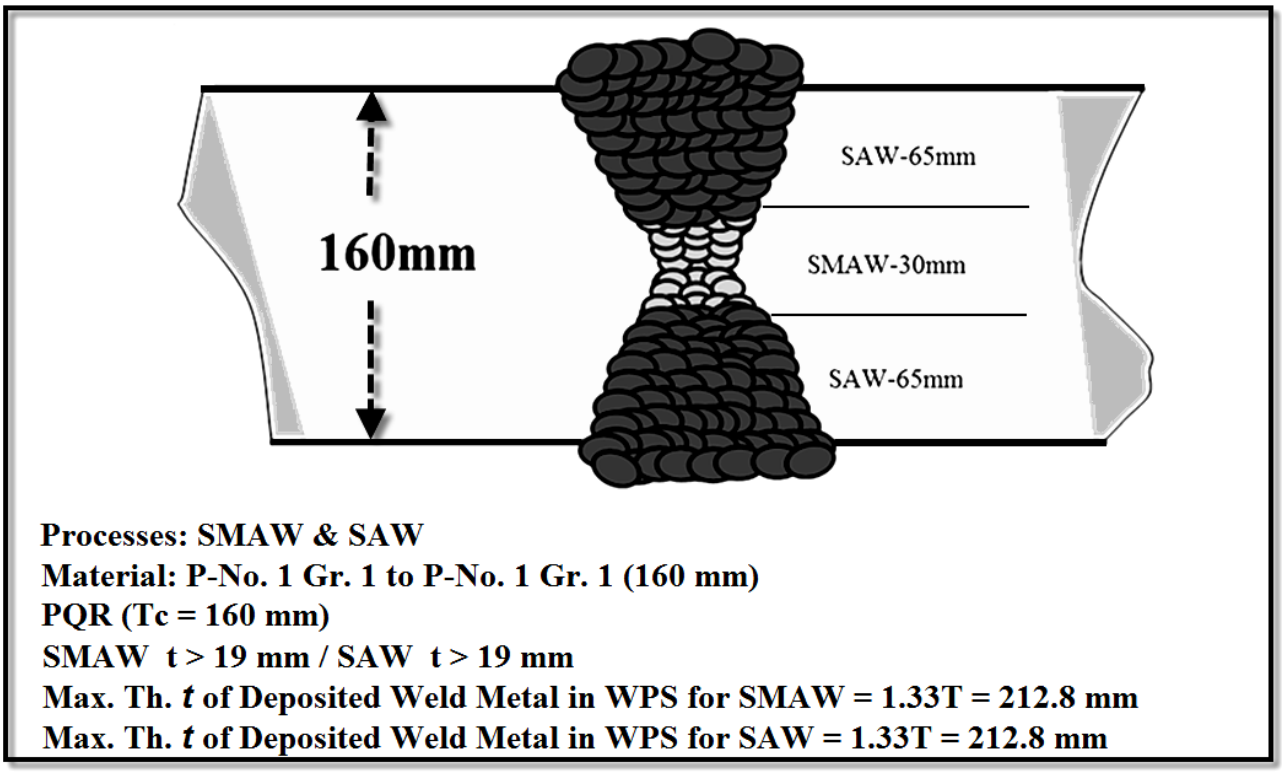


شکل-۱۳۷ : میزان ضخامت جوش تأیید شده مطابق ضخامت جوش در PQR

با دقت در مثال (d) بخوبی نشان داده شده است که هرگاه ضخامت تست کوپن PQR در محدوده‌ی از 38mm تا 150mm باشد (که در اینجا 75mm است) و ضخامت فلز جوش رسوب داده شده‌ی هر فرآیندی در این PQR بیشتر از 19mm باشد حداکثر ضخامت فلز جوشی که می توان بر اساس این PQR در همان فرآیند رسوب داده شود 200mm است.

محدوده چهارم: 1.33T وقتی که ضخامت تست کوپن (PQR) از 150mm بیشتر باشد و ضخامت فلز جوش رسوب داده شده بیشتر از 19mm باشد.

مثال (e):



شکل-۱۳۸ : میزان ضخامت جوش تأیید شده مطابق ضخامت جوش در PQR

با دقت در مثال (e) بخوبی نشان داده شده است که هرگاه ضخامت تست کوپن (PQR) بیشتر از 150mm باشد (که در اینجا 160mm است) و ضخامت فلز جوش رسوب داده شده‌ی هر فرآیندی در این PQR بیشتر از 19mm باشد حداکثر ضخامت فلز جوشی که می توان بر اساس این PQR در همان فرآیند رسوب داد برابر است با 1.33T (که در اینجا 212.8mm است).

نتیجه : هنگام انجام PQR مخصوصاً وقتی که از چند فرآیند استفاده می شود باید به ضخامتی که فلز جوش رسوب داده می شود و نیز ضخامت متریالی که برای PQR انتخاب شده است دقت نمود زیرا در نوشتن WPS ضخامت فلز جوش رسوب داده شده و ضخامت متریال بسیار مهم می باشند. بهمین منظور باید با دقت محدوده های جدول QW-451 را در نظر گرفت و رعایت کرد.

اگر ضخامت PQR برابر 10mm و از دو فرآیند GTAW & SMAW استفاده شده باشد و ضخامت هر فرآیند به ترتیب GTAW = 3mm & SMAW = 7mm باشد.

می توان در WPS بصورت زیر محدوده های هر دو فرآیند را نوشت:

جدول-۴۵ : میزان ضخامت جوش تأیید شده در WPS مطابق ضخامت جوش در PQR

QW-404 FILLER METALS		
PROCESSES	GTAW	SMAW
SPECIFIVATION NO. (SFA) :	SFA-5.18	SFA-5.1
AWS NO. (CLASS) :	ER70S-6	E7018
F - NO. :	6	4
A - NO. :	1	1
SIZE OF FILLER METALS : (mm)	2.4	3.2, 4
ELECTRODE FLUX (CLASS) :	***	***
FLUX TRADE NAME :	***	***
MAX. t DEPOSIT WELD : (mm)	6	14
OTHER : ELECTRODE BAKING AT 250 - 300°C min 2hrs		

* QW-404.33- ø Classification

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

QW-404.33 A change in the filler metal classification within an SFA specification, or, if not conforming to a filler metal classification within an SFA specification, a change in the manufacturer's trade name for the filler metal. When optional supplemental designators, such as those which indicate moisture resistance (i.e., XXXXR), diffusible hydrogen (i.e., XXXX H16, H8, etc.), and supplemental toughness testing (i.e., XXXX-1 or EXXXXM), are specified on the WPS, only filler metals which conform to the classification with the optional supplemental designator(s) specified on the WPS shall be used.

شکل-۱۳۹ : پاراگراف QW-404.33 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر Classification فیلر متال در یک SFA Specification یا عدم تطابق با Classification یک فیلر متال در یک SFA Specification، تغییر در نام تجارتی سازنده‌ی فیلر متال. وقتیکه گزینه های تکنیکیِ اختیاری مانند:

مقاومت در برابر رطوبت (مثل الکترود XXXXR)، قابلیت نفوذ هیدروژن (مثلاً XXXXH16, H8 و غیره) و تست ضربه تکمیلی (مثلاً XXXX-1 or EXXXXM) در WPS ذکر شده باشد تنها بایستی فیلر متال هایی با Classification مربوط به گزینه های تکمیلیِ اختیاری که در WPS آمده است، بکار برده شوند.

توضیح : قبلاً در پاراگراف QW-404.12 در مورد تغییر Classification توضیحاتی داده شد اما مطالبی که در آن پاراگراف عنوان گردید مربوط به زمانی است که PQR با تست ضربه (IMPACT) تأیید شده باشد.

اما در این پاراگراف این موضوع به این شکل مطرح می گردد که تغییر Classification فیلر متال یا الکترودی که در یک SFA Specification می باشد جزء متغیرات غیر اساسی می باشد، برای مثال:

- در SFA-5.1 الکترودهایی با Classification های متفاوت وجود دارند اما باید توجه نمود که این الکترودها هرچند که در یک SFA Specification می باشند اما دارای F-No. های متفاوتی هستند.

به جدول زیر توجه شود:

جدول-۴۶ : الکترودهای مربوط به SFA-5.1 مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

QW-432-F-Number-ASME Section IX
Steel and Steel Alloys

F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification Electrods		F-No.	ASME Specification SFA-No.	AWS Classification Electrods
F1	SFA-5.1	EXX2X		F3	SFA-5.1	EXX11
F2	SFA-5.1	EXX12		F4	SFA-5.1	EXX15
F2	SFA-5.1	EXX13		F4	SFA-5.1	EXX16
F2	SFA-5.1	EXX14		F4	SFA-5.1	EXX18
F2	SFA-5.1	EXX19		F4	SFA-5.1	EXX18M
F3	SFA-5.1	EXX10		F4	SFA-5.1	EXX48

در جدول فوق کاملاً مشخص شده است که همه‌ی الکترودهای موجود در جدول، از SFA-5.1 می باشند اما F-No. آنها متفاوت می باشند. بنابراین، در تغییر Classification الکترودهایی که در یک SFA می باشند باید دقت نمود زیرا باید پارامتری تحت عنوان F-No. را نیز مد نظر قرارداد چون تغییر این پارامتر در PQR جزء متغیرات اساسی می باشد.

پس تغییر Classification الکترودهایی که در یک SFA No. می باشند زمانی در PQR جزء متغیرات غیر اساسی محسوب می شوند که دارای یک F-No. باشند.

مثل: (EXX12, EXX13, EXX14) و (EXX15, EXX16, EXX18, EXX18M)

همین حالت در فیلر متالها نیز صادق است

مثل: (ER70S-2, ER70S-3, ER70S-4, ER70S-5, ER70S-6) که همگی دارای SFA-5.18 و F-No.-6 می باشند.

- تغییر نام تجاری سازنده الکترود جزء متغیرات غیر اساسی می باشد. یعنی اگر در PQR از الکترود ESAB استفاده شود ولی در WPS الکترود LINCOLN قید شود این تغییر به PQR مجدد نیاز ندارد.

- در SFA-5.1 الکترودهایی که دارای پسوند H می باشند (قابلیت نفوذ هیدروژن) در چند نوع تهیه شده اند مانند H4, H8, H16 که در جدول Table 11 مشخص شده است.

جدول-۴۷ : الکترودهای مربوط به SFA-5.1 که دارای پسوند H می باشند، مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.1/SFA-5.1M

Table 11
Diffusible Hydrogen Limits for Weld Metal[a]

AWS Classification			
A5.1	A5.1M	Diffusible Hydrogen Designator	Diffusible Hydrogen Content, Average mL/100g Deposited Metal, Max.[b]
E7018M	E4918M	None	4
E6018	E4318	H16	16
E7015	E4915		
E7016	E4916		
E7018	E4918	H8	8
E7028	E4928		
E7048	E4948	H4	4

[a] Diffusible hydrogen testing in Clause 18, Diffusible Hydrogen Test, is required for E7018M [E4918M]. Diffusible hydrogen testing of other low hydrogen electrodes is only required when the optional diffusible hydrogen designator is added.
[b] Some low hydrogen classifications may not meet the H4 and H8 requirements.

در این الکترودها مقدار متوسط هیدروژن قابل نفوذ بر اساس میلی لیتر بر 100 گرم فلز رسوب یافته آمده است یعنی برای E7018-H8 به ازاء هر 100 گرم فلز جوش رسوب یافته مقدار 8ppm هیدروژن قابل نفوذ مجاز می باشد (mL/100g)
(Note that a hydrogen content of 1 ppm is equivalent to 1.11 mL/100 g)
مقدار هر 1ppm هیدروژن ، معادل 1.11mL/100gr است.

تغییر این نوع الکترودها به همدیگر به PQR مجدد نیاز ندارند مثلاً اگر در PQR از الکترود E7018-H4 استفاده شده باشد در WPS می توان از نوع دیگر این دسته از الکترودها مانند E7018-H8 و یا از E7018-H16 استفاده نمود.

- بعضی از الکترودها در برابر جذب رطوبت مقاوم می باشند مانند الکترود EXXXXR درصد جذب رطوبت این الکترودها بسیار اندک است و در حدود 0.4 - 0.3 درصد وزنی می باشد. به جدول Table 10 دقت شود.

چنانچه در PQR از الکترود با Classification دارای پسوند R استفاده شده باشد در WPS تغییر این الکترود به نوع دیگری از الکترودهای دارای پسوند R با رعایت پارامترهای اساسی دیگر به PQR مجدد نیازی ندارد.

مثلاً در PQR از الکترود E7018R استفاده شده است اما در WPS الکترود E7016R قید شده باشد این تغییر نیاز به PQR مجدد ندارد.

- الکترودهایی که دارای پسوند 1- می باشند نسبت به الکترودهای بدون پسوند 1- بر روی آنها در دمای پایین تری تست ضربه (IMPACT) انجام شده است. به جدول Table 3 دقت شود.

چنانچه در PQR از الکترود با Classification دارای پسوند 1- که بایستی بصورت دش وان خوانده شود (Read as "Dash One") استفاده شده باشد در WPS تغییر این الکترود به نوع دیگری از این الکترود که دارای پسوند 1- می باشد با رعایت پارامترهای اساسی دیگر نیاز به PQR مجدد ندارد. مثلاً اگر در PQR از الکترود E7018-1 استفاده شده باشد اما در WPS الکترود E7016-1 قید شده باشد پس در این تغییر نیاز به PQR مجدد نمی باشد.

الکترودهایی که دارای پسوند 1- هستند در دمای پایین قابلیت انعطاف پذیری بیشتری نسبت به الکترودهای هم رده‌ی خود که بدون پسوند 1- می باشند، دارند. به تعبیری دیگر تست ضربه آنها نسبت به الکترودهای هم رده‌ی خود که بدون پسوند 1- می باشند در دمای پایین تری تأیید شده اند. مثلاً تست ضربه الکترود E7018 در دمای 30°C- انجام شده

است در صورتیکه تست ضربه الکترود E7018-1 در دمای 45°C- انجام شده است و ژول برابری را نیز جذب کرده اند. به جدول Table 3 دقت شود.

جدول-۴۸ : الکترودهای مربوط به SFA-5.1 که دارای پسوند R هستند، مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.1/SFA-5.1M

Table 10
Moisture Content Limits for Electrode Coverings

AWS Classification		Electrode Designation		Limit of Moisture Content, % by Wt, Max.	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	As-Received or Conditioned[a]	As-Exposed[b]
E6018	E4318	E6018	E4318	0.6	Not Specified
E7015	E4915	E7015	E4915		
E7016	E4916	E7016	E4916		
		E7016-1	E4916-1		
E7018	E4918	E7018	E4918		
		E7018-1	E4918-1		
E7028	E4928	E7028	E4928		
E7048	E4948	E7048	E4948		
E6018	E4318	E6018R	E4318R	0.3	0.4
E7015	E4915	E7015R	E4915R		
E7016	E4916	E7016R	E4916R		
		E7016-1R	E4916-1R		
E7018	E4918	E7018R	E4918R		
		E7018-1R	E4918-1R		
E7028	E4928	E7028R	E4928R		
E7048	E4948	E7048R	E4948R		
E7018M	E4918M	E7018M	E4918M	0.1	0.4

[a] As-received or conditioned electrode coverings shall be tested as specified in Clause 16, Moisture Test.
[b] As-exposed electrode coverings shall have been exposed to a moist environment as specified in Clause 17 before being tested as specified in Clause 16.

جدول-۴۹ : الکترودهای مربوط به SFA-5.1 که دارای پسوند 1- هستند، مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.1/SFA-5.1M

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens[a]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6018 E6027, E7015, E7016[b], E7018[b], E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4915, E4916[b], E4918[b], E4927, E4948	20 ft·lbf at –20°F [27 J at –30°C]	15 ft·lbf at –20°F [20 J at –30°C]
E6019 E7028	E4319 E4928	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024[b]	E4312, E4313 E4320, E4322 E4914, E4924[b]	Not Specified	Not Specified
AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens[c]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4918M	50 ft·lbf at –20°F [67 J at –30°C]	40 ft·lbf at –20°F [54 J at –30°C]

[a] Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J].
[b] Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

جدول-۵۰ : ادامه Table 3، مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.1/SFA-5.1M

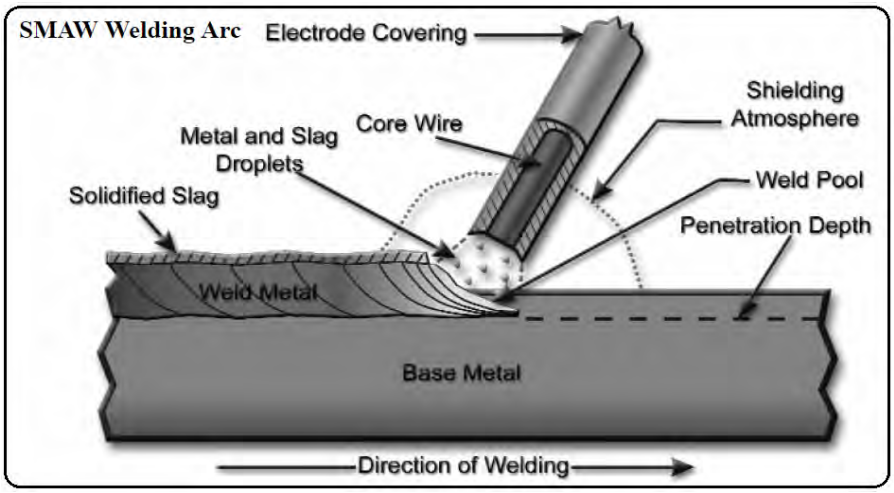
Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft·lbf at –50°F [27 J at –45°C]	15 ft·lbf at –50°F [20 J at –45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]

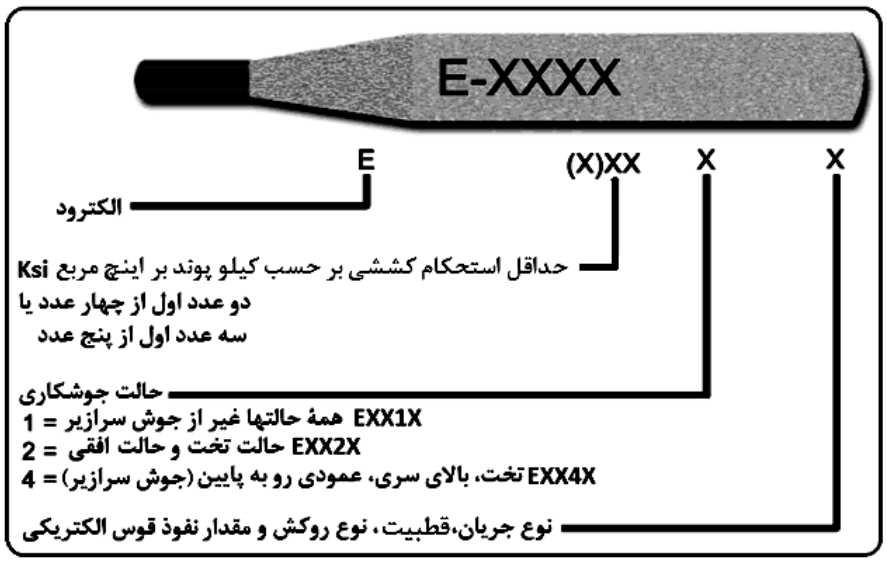
[c] All five values obtained shall be used in computing the average. Four of the five values shall equal, or exceed, 50 ft·lbf [67 J].

توضیحات تکمیلی : برای شناخت Classification الکترودها لازم است به مطالب زیر با دقت توجه شود:

روش جوش دستی SMAW در یک نگاه:



شکل-۱۴۰ : شماتیکی از جوشکاری به روش SMAW



شکل-۱۴۱ : مشخصات نوشته شده برروی الکترودهای مربوط به SFA-5.1

در مشخصات نوشته شده برروی الکترودهای مربوط به روش SMAW در SFA-5.1 رقم آخر، نوع پوشش روکش الکترود و همچنین نوع جریانی که باید استفاده شود یا قطبیت (Polarity) و مقدار نفوذ قوس الکتریکی را نشان می دهد. مطابق توضیحات زیر:

سلولزی

EXXX0: پوشش سلولزی سدیم دار و جریان DCEP

EXXX1: پوشش سلولزی پتاسیم دار و جریان AC/DCEP

روتیلی

EXXX2: پوشش اکسید تیتانیم، سدیم دار و جریان AC/DCEP

EXXX3: پوشش اکسید تیتانیم، پتاسیم دار و جریان AC/DCEP/DCEN

EXXX4: پوشش اکسید تیتانیم و محتوی پودر آهن و جریان AC/DCEP/DCEN

قلیایی

EXXX5: پوشش کم هیدروژن سدیم دار و جریان DCEP

EXXX6: پوشش کم هیدروژن پتاسیم دار و جریان AC/DCEP

اسیدی

EXXX7: پوشش اکسید آهن و شامل پودر آهن و جریان AC/DCEP/DCEN

قلیایی همراه پودر آهن

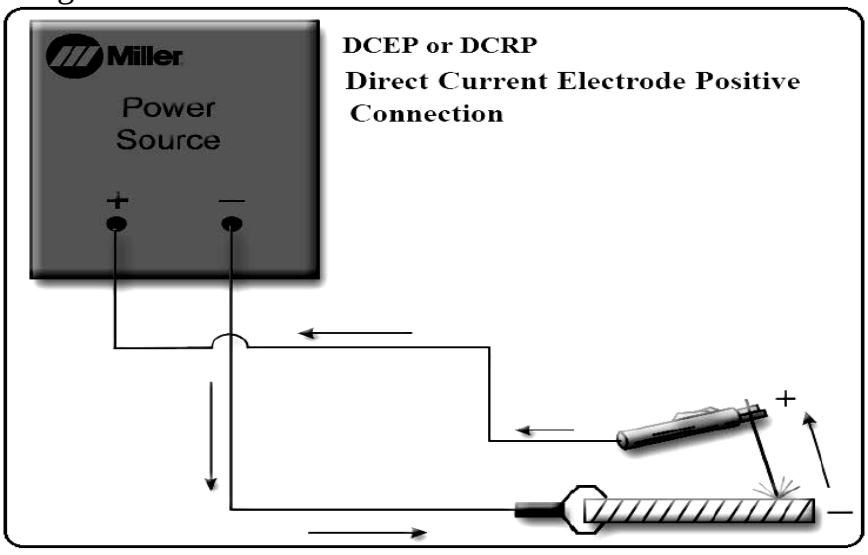
EXXX8: پوشش کم هیدروژن شامل پودر آهن و جریان AC/DCEP

قلیایی همراه تیتانیم و پتاسیم

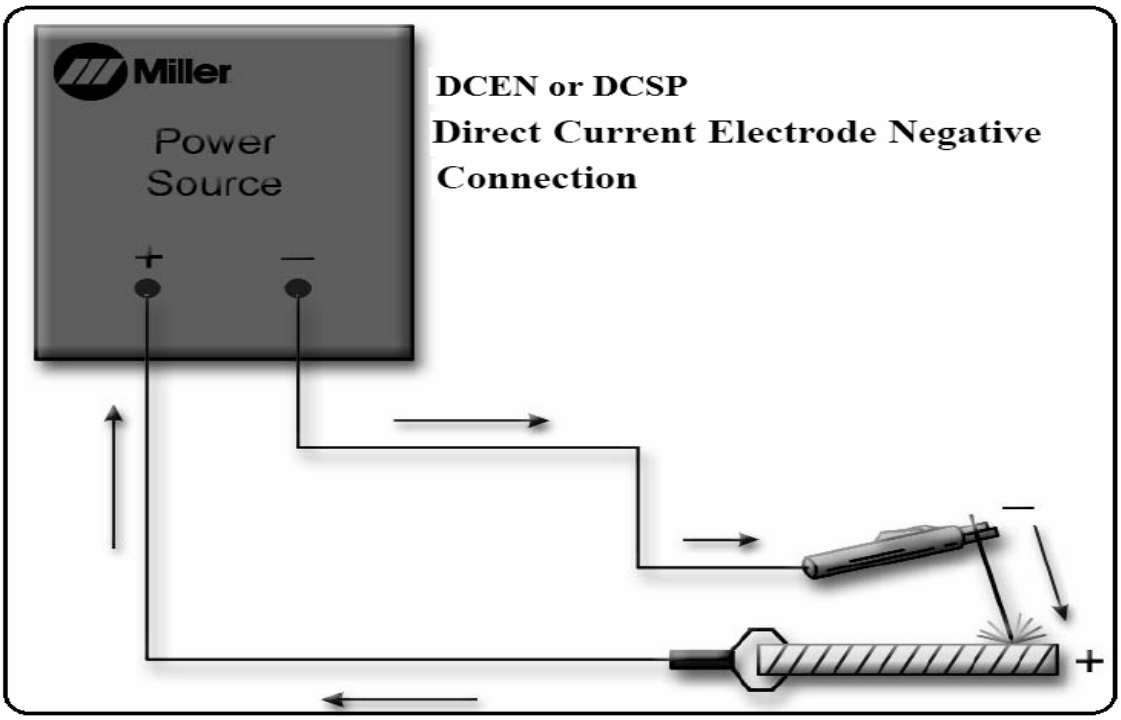
EXXX9: پوشش اکسید آهن و تیتانیم و پتاسیم و جریان AC/DCEP/DCEN

دسته بندی جریانهای برق مورد استفاده در جوشکاری SMAW:

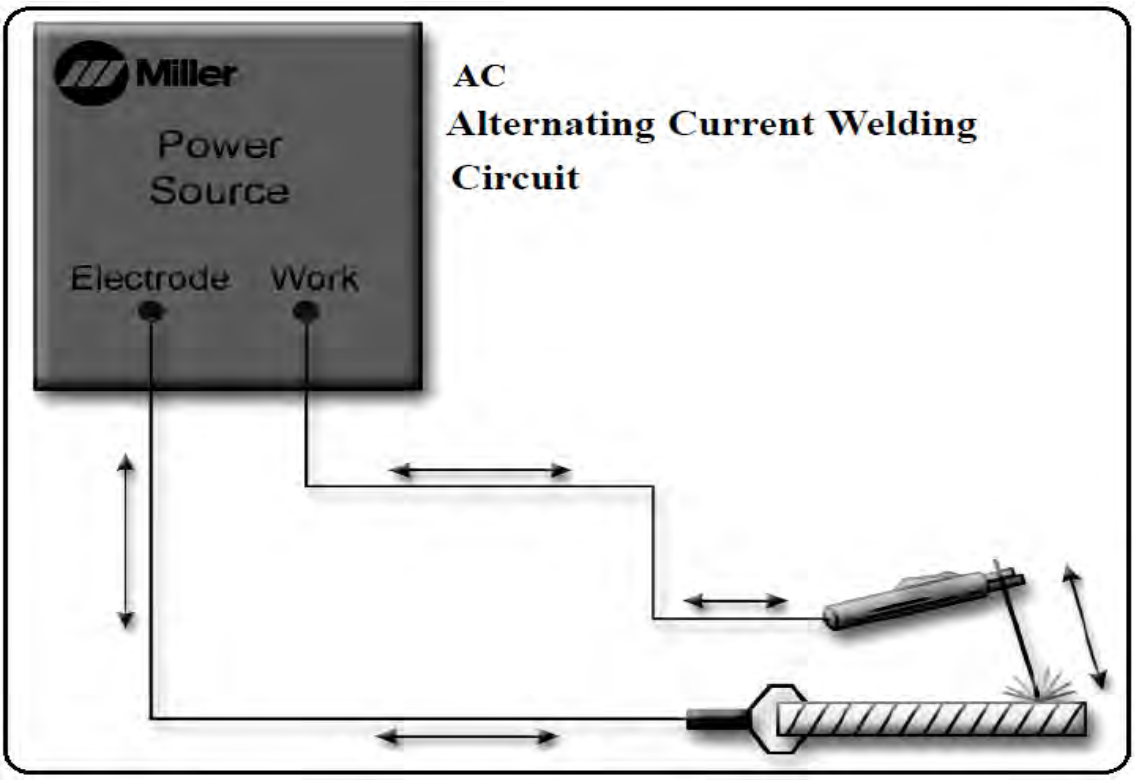
DCEP = Direct **C**urrent **E**lectrode **P**ositive
DCRP = Direct **C**urrent **R**everse **P**olarity
DCEN = Direct **C**urrent **E**lectrode **N**egative
DCSP = Direct **C**urrent **S**traight **P**olarity)
"**AC**" = **A**lternating **C**urrent



شکل-۱۴۲ : جریان DCEP مورد استفاده در جوشکاری SMAW



شکل-۱۴۳ : جریان DCEN مورد استفاده در جوشکاری SMAW



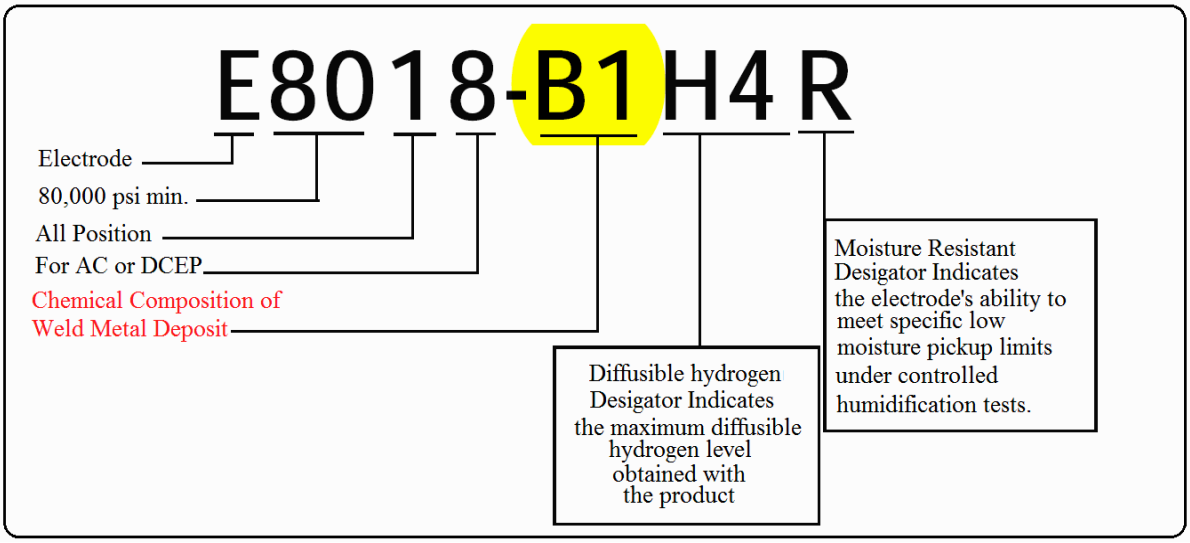
شکل-۱۴۴ : جریان AC مورد استفاده در جوشکاری SMAW

مشخصات نوشته شده برروی الکترودهای مربوط به روش SMAW در SFA-5.5 شامل همان مقرراتی است که برای SFA-5.1 قید شده اند اما چون الکترودها در SFA-5.5 آلیاژی می باشند در نتیجه دارای پسوند (Suffix) بوده که این پسوندها هر کدام معرف درصدی از آلیاژ خاصی می باشند.

معرفی آنالیز پسوند الکترودهای آلیاژی مربوط به SFA-5.5/SFA-5.5M:

جدول-۵۱ : درصد آنالیز عناصر معرفی شده در یک الکترود با حرف پسوند.

LOW ALLOY STEEL COATED ELECTRODES, CONT'D SUFFIX TABLE			
Suffix	Steel Alloy Type	Chemical Composition Weld Deposit	
-A1	Carbon-Molybdenum	0.40 - 0.65 Mo	
-B1	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.65 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2	Chromium-Molybdenum	1.00 - 1.50 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B2	
-B3	Chromium-Molybdenum	2.00 - 2.50 Cr	0.90 - 1.20 Mo
-B3L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B3	
-B4L	Chromium-Molybdenum	1.75 - 2.25 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B5	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.60 Cr	1.00 - 1.25 Mo
-B6	Chromium-Molybdenum	4.6 - 6.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B6L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B6	
-B7	Chromium-Molybdenum	6.0–8.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B7L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B7	
-B8	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.8 - 1.2 Mo
-B8L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B8	
-B23	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.3 Mo
-B24	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.8–1.20 Mo
-B91	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.85–1.20 Mo
-B92	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.0 Cr	0.3 – 0.7 Mo
-C1	Nickel Steel	2.00 - 2.75 Ni	
-C1L	Nickel Steel	Lower Carbon C1	
-C2	Nickel Steel	3.00 - 3.75 Ni	
-C2L	Nickel Steel	Lower Carbon C2	
-C3	Nickel Steel	0.80 - 1.10 Ni	
-C3L	Nickel Steel	Lower Carbon C3	
-C4	Nickel Steel	1.10 - 2.00 Ni	
-C5L	Nickel Steel	Lower Carbon C3	
-NM1	Nickel-Molybdenum	0.80 - 1.10 Ni	0.40 - 0.65 Mo
-NM2	Nickel-Molybdenum	1.40–2.10 Ni	0.20–0.50 Mo
-D1	Manganese-Molybdenum	1.00 - 1.75 Mn	0.25 - 0.45 Mo
-D2	Manganese-Molybdenum	1.65 - 2.00 Mn	0.25 - 0.45 Mo
-D3	Manganese-Molybdenum	1.00 - 1.80 Mn	0.40 - 0.65 Mo
-G		No required chemistry	
-M	Military grade	May have more requirements	
-P1	Pipeline Steel Electrodes	1.00 Ni	0.50 Mo
-P2	Pipeline Steel Electrodes	1.00 Ni	0.50 Mo
-W1	Weathering Steel	Ni, Cr, Mo, Cu	
-W2	Weathering Steel	Ni, Cr, Mo, Cu	



شکل-۱۴۵ : نشان دادن مشخصه‌ی الکترودهای آلیاژی

نتیجه : تغییر Classification الکترودها و همچنین تغییر نام تجاری سازنده ها، جزء متغیرات غیر اساسی می باشند. یعنی با رعایت پارامترهای مهم و اساسی، تغییر در Classification الکترود و نام سازنده‌ی الکترود نیاز به PQR جدید ندارد، مثلاً در PQR از الکترود E7018 از شرکت ESAB استفاده شده است اما در WPS الکترود E7016 از شرکت AMA ایران قید شده باشد این تغییر با رعایت پارامترهای مهم مانند مشخصات فنی پروژه نیاز به PQR جدید ندارد.

وقتی در PQR از الکترودهایی استفاده می شود که دارای ویژگیهای خاصی همچون مقاومت در برابر جذب رطوبت می باشند مانند(الکترود XXXXR)، یا قابلیت نفوذ هیدروژن برای آنها مشخص شده است (مثلاً XXXXH16, H8 و غیره) و یا بر روی آنها تست ضربه تکمیلی (مثلاً XXXX-1 or EXXXXM) انجام شده باشد تنها الکترودهایی با همان Classification مربوط به آن ویژگی خاص که در WPS مندرج شده است باید بکار برده شود، مثلاً اگر از الکترود با پسوند R استفاده شده است چنانچه تغییری صورت می گیرد باید در محدوده‌ی همین الکترودهای دارای پسوند R باشد البته با رعایت پارامترهای مهم دیگر از جمله مشخصات فنی پروژه.

۴-۲- Baking Electrodes :

پخت الکترود در قسمت QW-404- Filler Metal اطلاعات مربوط به الکترود مشخص می شود و در انتهای این اطلاعات معمولاً یک کلمه تحت عنوان Other قید می شود که منظور اطلاعات دیگر است یعنی چنانچه لازم است اطلاعات اضافی دیگری در مورد الکترود در WPS قید شود بایستی در اینجا ذکر شوند.

یکی از اطلاعات مهم که معمولاً در اینجا قید می شود دمای پخت الکترود و زمان نگهداری الکترودها در دمای مشخص می باشد. اطلاعات مربوط به پخت الکترود در استانداردهای ASME Section II-C و AWS D1.1 بیان شده است. در ضمن از طرف سازنده‌ی الکترودها ممکن است اطلاعاتی بر روی جعبه یا پاکت آنها قید شود.

الف)- دما و زمان پخت الکترود در استاندارد ASME Section II-C

در این استاندارد شرایط دما و زمان پخت الکترودها که تحت عنوان SFA-No. دسته بندی شده اند، مشخص شده است.

دما و زمان پخت الکترودهای پوشش دار با SFA-No.5.1 بر اساس جدول Table-A3:

جدول-۵۲ : دما و زمان مناسب جهت پخت الکترودها مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.1/SFA-5.1M

Table A.3
Typical Storage and Drying Conditions for Covered Arc Welding Electrodes

AWS Classification		Storage Conditions[a, b]		
A5.1	A5.1M	Ambient Air	Holding Ovens	Drying Conditions[c]
E6010, E6011	E4310, E4311	Ambient Temperature	Not recommended	Not recommended
E6012, E6013, E6019, E6020, E6022, E6027, E7014, E7024, E7027	E4312, E4313, E4319, E4320, E4322, E4327, E4914, E4924, E4927	80°F ± 20°F [30°C ± 10°C] 50% max. relative humidity	20°F to 40°F [10°C to 20°C] above ambient temperature	275°F ± 25°F [135°C ± 15°C] 1 hour at temperature
E6018, E7015, E7016, E7018, E7028, E7018M, E7048	E4318, E4915 E4916, E4918, E4928, E4918M, E4948	Not recommended	50°F to 250°F [30°C to 140°C] above ambient temperature	500°F to 800°F [260°C to 425°C] 1 to 2 hours at temperature

[a] After removal from manufacturer's packaging.
[b] Some of these electrode classifications may be designated as meeting low moisture absorbing requirements. This designation does not imply that storage in ambient air is recommended.
[c] Because of inherent differences in covering composition, the manufacturers should be consulted for the exact drying conditions.

یادداشتهای جدول Table-A3:

(a) – بعد از خارج کردن از بسته بندی سازنده

(b) – بعضی از این Classification ها ممکن است به عنوان الکترودهای با قابلیت جذب رطوبت کم نامگذاری شده باشند این نامگذاری به این معنی نیست که نگهداری این الکترودها در هوای محیط توصیه شده باشد.

(c) – به علت تفاوت ذاتی در ترکیب پوشش ها، در مورد خشک کردن باید با سازنده مشورت نمود.

دما و زمان پخت الکترودهای پوشش دار با SFA-No.5.5 بر اساس جدول Table-A2:

جدول-۵۳ : دما و زمان مناسب جهت پخت الکترود SFA-No.5.5 مطابق ASME Sec. II-Part-C-2019

SFA-5.5/SFA-5.5M ASME BPVC.II.C

Table A2
Typical Storage and Drying Conditions for Covered Arc Welding Electrodes

AWS Classifications		Storage Conditions[a]		
A5.5	A5.5M	Ambient Air	Holding Ovens	Drying Conditions[b]
E(X)XX10-X E(X)XX11-X	EXX10-X EXX11-X	Ambient temperature	Not recommended	Not recommended
E(X)XX13-G E7020-X E7027-X	EXX13-G E4920-X E4927-X	60°F–100°F [15°C–40°C] 50% max. relative humidity	100°F–120°F [40°C–50°C]	250°F–300°F [125°C–150°C] 1 hour at temperature
E(X)XX15-X E(X)XX16-X E(X)XX18M(1) E(X)XX18-X E(X)XX45-P2	EXX15-X EXX16-X EXX18M(1) EXX18-X EXX45-P2	Not recommended[c]	250°F–300°F [125°C–150°C]	500°F–800°F [250°C–425°C] 1 hour at temperature

[a] After removal from manufacturer's packaging.
[b] Because of inherent differences in covering compositions the manufacturer should be consulted for the exact drying conditions.
[c] Some of these electrode classifications may be designated as meeting low moisture absorbing requirements. This designation does not imply that storage in ambient air is recommended.

یادداشتهای جدول Table-A2

(a) – بعد از خارج کردن از بسته بندی سازنده

(b) – به علت تفاوت ذاتی در ترکیب پوشش ها، در مورد خشک کردن باید با سازنده مشورت نمود.

(c) – بعضی از این Classification ها ممکن است به عنوان الکترودهای با قابلیت جذب رطوبت کم نامگذاری شده باشند این نامگذاری به این معنی نیست که نگهداری این الکترودها در هوای محیط توصیه شده باشد.

ب)- دما و زمان پخت الکترود در استاندارد AWS D1.1-2020

در استاندارد AWS D1.1-2020 موضوع دما و زمان پخت الکترود در Clause 7-Fabrication توضیح داده شده است. در پاراگراف 7.3.2.1 این بخش آمده است:

*- پاراگراف 7.3.2.1 - شرایط نگهداری (انبار) الکترودهای کم هیدروژن: تمام الکترودهای دارای پوشش کم هیدروژن که از AWS A5.1 و AWS A5.5 تبعیت می کنند باید در ظروفی که بطور سربسته و محکم آب بندی شده اند خریداری گردند یا اینکه توسط استفاده کننده مطابق با پاراگراف 7.3.2.4 پخت گردند. بلافاصله بعد از باز شدن ظروف آب بندی شده، الکترودها باید در گرمکن ها (Oven) حداقل در درجه حرارت 250ºF یا 120ºC نگهداری شوند. الکترودها نباید بیشتر از یک بار پخت شوند. الکترودهایی که خیس هستند نباید استفاده شوند.

7.3.2 SMAW Electrodes. Electrodes for SMAW shall conform to the requirements of the latest edition of AWS A5.1/A5.1M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, or to the requirements of AWS A5.5/A5.5M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*.

7.3.2.1 Low-Hydrogen Electrode Storage Conditions. All electrodes having low-hydrogen coverings conforming to AWS A5.1 and AWS A5.5 shall be purchased in hermetically sealed containers or shall be baked by the user in conformance with 7.3.2.4 prior to use. After opening the hermetically sealed container, electrodes not immediately issued for use shall be stored in ovens held at a temperature of at least 250°F [120°C]. Electrodes shall be rebaked no more than once. Electrodes that have been wet shall not be used.

شکل-۱۴۶ : دما و زمان مناسب جهت پخت الکترود AWS D1.1-2020

7.3.2.4 Baking Electrodes. Electrodes exposed to the atmosphere for periods greater than those allowed in Table 7.1 shall be baked as follows:

(1) All electrodes having low-hydrogen coverings conforming to AWS A5.1 shall be baked for at least two hours between 500°F and 800°F [260°C and 430°C], or

(2) All electrodes having low-hydrogen coverings conforming to AWS A5.5 shall be baked for at least one hour at temperatures between 700°F and 800°F [370°C and 430°C].

All electrodes shall be placed in a suitable oven at a temperature not exceeding one half the final baking temperature for a minimum of one half hour prior to increasing the oven temperature to the final baking temperature. Final baking time shall start after the oven reaches final baking temperature.

شکل-۱۴۷ : دمای پیشنهادی برای پخت الکترود در استاندارد AWS D1.1-2020

*- پاراگراف 7.3.2.4 - پخت الکترودها : الکترودهایی که بیشتر از آنچه که در جدول 7.1 اجازه داده شده در معرض اتمسفر قرار گرفته اند باید به شرح زیر پخت شوند:

(1)- تمام الکترودهای دارای پوشش کم هیدروژن که از AWS A5.1 تبعیت می کنند باید برای مدت حداقل دو ساعت و در درجه حرارت بین [500ºF and 800ºF (260ºC and 430ºC)] پخت شوند.

(2)- تمام الکترودهای دارای پوشش کم هیدروژن که از AWS A5.5 تبعیت می کنند باید برای مدت حداقل یک ساعت و در درجه حرارت بین [700ºF and 800ºF (370ºC and 430ºC)] پخت شوند.

تمام الکترودها باید در گرمکن (Oven) مناسبی که درجه حرارت آن از نصف درجه حرارت پخت نهایی تجاوز نمی کند، به مدت نیم ساعت قبل از اینکه درجه حرارت Oven تا درجه حرارت پخت نهایی افزایش یابد قرار داده شوند. زمان پخت نهایی بعد از رسیدن به درجه حرارت پخت نهایی شروع می گردد.

جدول-۵۴ : زمان پیشنهادی برای نگهداری الکترودهای کم هیدروژن در معرض اتمسفر در استاندارد AWS D1.1-2020

Table 7.1
Allowable Atmospheric Exposure of Low-Hydrogen Electrodes
(See 7.3.2.2 and 7.3.2.3)

Electrode	Column A (hours)	Column B (hours)
A5.1		
E70XX	4 max.	
E70XXR	9 max.	Over 4 to 10 max.
E70XXHZR	9 max.	
E7018M	9 max.	
A5.5		
E70XX-X	4 max.	Over 4 to 10 max.
E80XX-X	2 max.	Over 2 to 10 max.
E90XX-X	1 max.	Over 1 to 5 max.
E100XX-X	1/2 max.	Over 1/2 to 4 max.
E110XX-X	1/2 max.	Over 1/2 to 4 max.

Notes:
1. Column A: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than shown shall be baked before use.
2. Column B: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than those established by testing shall be baked before use.
3. Electrodes shall be issued and held in quivers, or other small open containers. Heated containers are not mandatory.
4. The optional supplemental designator, R, designates a low-hydrogen electrode which has been tested for covering moisture content after exposure to a moist environment for 9 hours and has met the maximum level allowed in AWS A5.1/A5.1M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*.

جدول AWS-D1.1-2020-Table 7.1:

در معرض اتمسفر قرار گرفتن مجاز الکترودهای کم هیدروژن:

وقتی که الکترودهای کم هیدروژن مجازند در معرض اتمسفر قرار گیرند.

یادداشتهای جدول 7.1:

۱- ستون A – الکترودهایی که برای مدت طولانی تر از آنچه نشان داده شده در معرض اتمسفر قرار گیرند باید قبل از استفاده باز پخت شوند.

۲- ستون B - الکترودهایی که برای مدت طولانی تر از آنچه که در تست مقرر شده در معرض اتمسفر قرار گیرند باید قبل از استفاده باز پخت شوند.

۳- الکترودها باید در ظروف سرباز توزیع و نگهداری شوند. گرم بودن این ظروف اجباری نیست.

۴- حرف تکمیلی اختیاری R، برای الکترود کم هیدروژنی که مقدار رطوبت پوشش آن بعد از اینکه برای مدت ۹ ساعت در محیط مرطوب قرار گرفت اندازه گیری شده و حداکثر سطح مجاز در AWS A5.1 را برآورده نموده است.

در استاندارد ASME Section II-C-SFA-5.4-2019و همچنین استاندارد AWS D1.1-2020 دما و زمان مشخصی برای پخت الکترودهای استنلس استیل با مشخصه SFA-5.4 مشخص نشده است اما اینگونه اطلاعات در Data Sheet ارائه شده از طرف سازنده های الکترود مشخص شده است.

پ)- دما و زمان پخت الکترود از نظر سازنده الکترود:

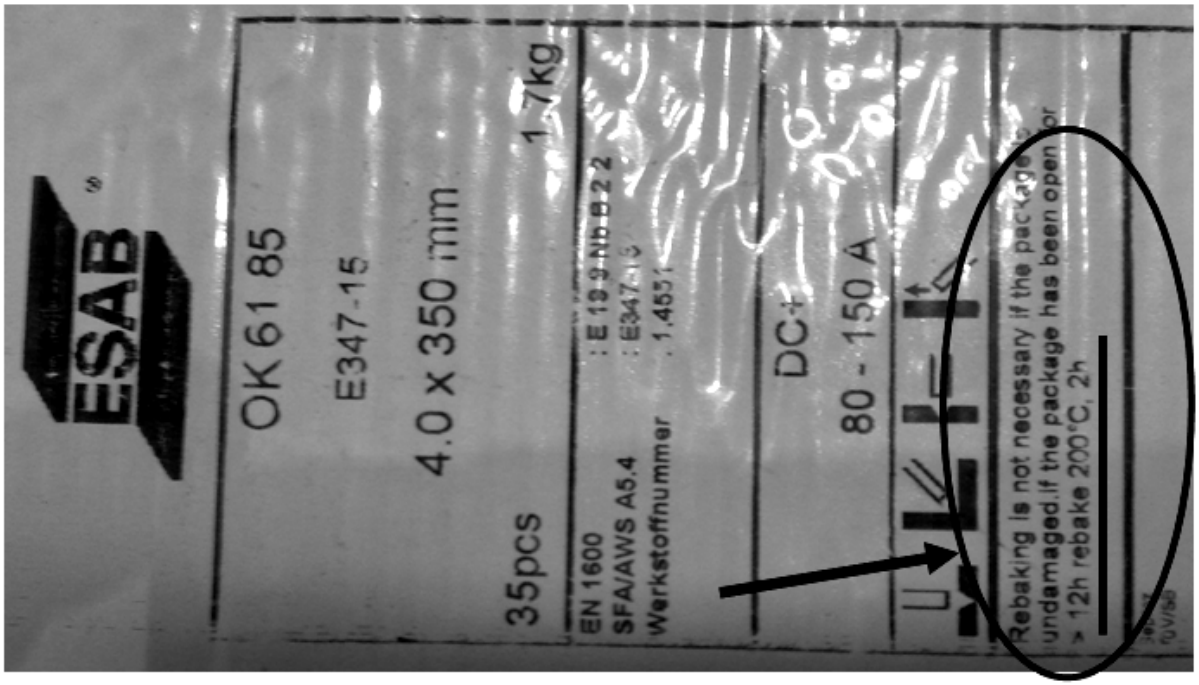
- راه دیگر مشخص کردن دما و زمان پخت الکترودها، استفاده از اطلاعات داده شده از طرف سازنده های الکترود مورد نظر است که در این اطلاعات دماها و زمانهای پخت، مشخص شده اند.

علاوه بر اطلاعات موجود در Data Sheet ارائه شده ممکن است از طرف سازندگان الکترودها دما و زمان مورد نیاز بر روی جعبه الکترودها درج شوند. به مثال زیر توجه شود:

*- شرکت "ESAB"سوئد

شکل-۱۴۸ : دمای پخت الکترودهای کم هیدروژن مطابق با ESAB Information

شرکت ESAB دمای پخت برای الکترودهای E7018 با نام تجاری OK 48.00 به محض خارج کردن از بسته هایشان را 350ºC به مدت دو ساعت قبل از استفاده پیشنهاد کرده است.



شکل-۱۴۹ : دمای پخت الکترودهای استنلس استیل مطابق با ESAB Information

شرکت ESAB برای الکترود E347-15 با نام تجاری OK 61.85 دمای بازپخت را تا وقتی که بسته بندی باز نشده باشد لازم نمی داند اما وقتی بسته بندی باز گردید و بیشتر از ۱۲ ساعت در معرض هوا و اتمسفر قرار گرفت در چنین شرایطی باز پخت الکترودها را در دمای 200ºC به مدت دو ساعت پیشنهاد کرده است.

رعایت این اطلاعات که از طرف سازنده ها ارائه می شود کمک مهمی به ارتقاء سطح کیفی عملیات جوشکاری می کند. دما و زمان پخت پیشنهادی الکترودها از طرف سازنده ها ممکن است با یکدیگر متفاوت باشند که این بدلیل اختلاف در آنالیز پوشش الکترودها می باشد.

دمای پخت الکترود کم هیدروژن E7018 و الکترود استنلس استیل E347-16 را مطابق اطلاعات چند سازنده مقایسه می کنیم:

*- شرکت بُهلر (BÖHLER) آلمان دمای پخت الکترود E7018 را 300~350ºC در حداقل ۲ ساعت پیشنهاد داده است.

Mild Steel Filler Metals – SMAW stick electrodes

EN 499:1994: E 42 3 RB 3 2 H10
AWS A5.1-04: E7018(mod.)
AWS A5.1M-04: E4918(mod.)

BÖHLER FOX EV 50-AK

SMAW stick electrode, mild steel, rutile-basic-coated

Operating Data

re-drying if necessary:
300 - 350 °C, min. 2 h
Electrode identification:
FOX EV 50-AK E 42 3 RB

ø mm	L mm	amps A
2.5	250	70 - 90
3.2	350	100 - 140
4.0	450	150 - 210

شکل-۱۵۰ : دمای پخت الکترودهای کم هیدروژن مطابق با BOHLER- Information

*- شرکت هیوندایی (HYUNDAI) کشور کره جنوبی: دمای پخت را 300~350ºC برای مدت ۶۰ دقیقه قبل از استفاده مشخص نموده است.

SMAW STICK ELECTRODES

S-7018.G

AWS A5.1 / ASME SFA5.1 E7018
JIS Z3211 E4918
EN ISO 2560-A - E42 3 B 3 2

Notes on Usage

① Dry the electrodes at 300~350℃ (572~662˚F) for 60 minutes before use.
② Keep the arc as short as possible.
③ Use wind screen against strong wind.

Welding Position

Current

AC or DC +

شکل-۱۵۱ : دمای پخت الکترود کم هیدروژن E7018 مطابق با HYUNDAI- Information

*- شرکت لینکلن (LINCOLN) امریکا: دمای پخت را 350ºC برای مدت ۲ تا ۴ ساعت مشخص نموده است.

Baso® 48 SP

Basic electrode

Classification

AWS A5.1 : E7018-1 H8
ISO 2560-A : E 46 3 B 32 H10

Application Advice

Electrodes after removal from cardboard boxes redry 2-4h 350 ± 25°C

LINCOLN ELECTRIC

شکل-۱۵۲ : دمای پخت الکترود کم هیدروژن E7018-1 H8 مطابق با LINCOLN - Information

*- شرکت KISWEL کشور کره جنوبی: برای الکترود استنلس استیل E347-16 دمای 150~200ºC را در مدت زمان 1 ساعت پیشنهاد نموده اند.

FOR STAINLESS STEEL

AWS E347-16
JIS D347-16
KS D347-16

KST-347

Typical applications

Welding of AISI(SUS)304L, 321, 347 stainless steel and the place where heat treatment after welding is impossible.

Coating

Lime titania type.

Characteristics on Usage

① Excellent intergranular corrosion resistance.
② Redry the electrode at 150~200℃ for 60 minutes prior to use.

شکل-۱۵۳ : دمای پخت الکترود استنلس استیل E347-16 مطابق با KISWEL

*- شرکت KOBELCO از کشور ژاپن: برای الکترود استنلس استیل E347-16 دمای پخت 150~200ºC را در مدت زمان ۳۰ تا ۶۰ دقیقه پیشنهاد کرده است.

Shielded Metal Arc Welding

KOBELCO WELDING HANDBOOK

Covered Electrodes for Stainless Steel PREMIARC

Trade designation	ASME AWS Class.	Type of cov-ering	Pol.	Features	WP		Chemical composition of all-weld metal (%) C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Others		Mechanical properties of all-weld metal 0.2%OS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	IV (J)
NC-37	A5.4 E347 -16	Lime titania	AC DC-EP	•Suitable for 18%Cr-8%Ni-Nb stailess steel •RC: 150~200℃ x0.5~1h	F HF H VU OH	Ex	0.060	0.60	1.66	0.018	0.002	9.82	20.22	Nb : 0.67	Ex	470	670	34	-
						Gt	≦0.08	≦0.90	0.5~ 2.5	≦0.04	≦0.03	9.0~ 11.0	18.0~ 21.0	8xC%~ 1.00	Gt	-	≧520	≧30	-

شکل-۱۵۴ : دمای پخت الکترود استنلس استیل E347-16 مطابق با KOBELCO

*- دما و زمان پیشنهادی لازم برای پخت الکترودهای متفاوت از جمله استنلس استیل سری EXXX-15, 16:

جدول-۵۵ : دما و زمان لازم برای پخت الکترودهای متفاوت از سایت ***www.phx-international.com***

GUIDE TO ELECTRODE & FLUX STABILIZATION

Eliminate expensive rework and protect welding profits!

- Recondition/rebake procedures for electrode coatings exposed to moisture are included.
- Remove electrodes from cardboard containers before placing in ovens.
- Electrode coatings should not be exposed to the re-baking temperature without first being reconditioned at a lower temperature. Failure to do so may result in breakdown of electrode coatings. After re-baking, lower temperature to holding level until reissued.

AWS (TYPE)	Air Conditioned Storage Before Opening (RH=Relative Humidity)	DryRod Oven Holding Temp After Opening	After Exposure to Moisture, Sufficient Amount of Time to Affect Weld Quality	
			Recondition Step #1	Rebake Step #2
Cellulose EXX10, EX11, EXX20	70°–120°F (21°–49°C) 50% Max RH	100°–120°F (38°–49°C)	Not Recommended	Not Recommended
Titania EXX12, EX13, EXX14	70°–120°F (21°–49°C) 50% Max RH	100°–120°F (38°–49°C)	180°–230°F (82°–110°C) ½ Hour	250°–300°F (121°–149°C) 1 Hour
Iron Powder M.S. EXX24, EX27	70°–120°F (21°–49°C) 50% Max RH	100°–120°F (38°–49°C)	180°–230°F (82°–110°C) ½ Hour	400°–500°F (204°–260°C) ½ Hour
Iron Powder Low Hydrogen EXX18, EX28 *Low Hydrogen* EXX15, EX16 *Low Hydrogen High Tensile* EXXX15, EXX16, EXXX18	70°–120°F (21°–49°C) 50% Max RH	250°–300°F (121°–149°C)	180°–220°F (82°–104°C) 1½ Hour	650°–750°F (343°–399°C) 1 Hour
Stainless EXXX-15, EXXX-16	40°–120°F (4.5°–49°C) 60% (+/-10) Max RH	250°–300°F (121°–149°C)	180°–220°F (82°–104°C) 1½ Hour	500°–600°F (260°–316°C) 1 Hour
Inconnel Monel Kickel Hard-Surfacing	40°–120°F (4.5°–49°C) 60% (+/-10) Max RH	150°–200°F (66°–93°C)	180°–230°F (82°–110°C) ½ Hour	Not Recommended
Brasses Bronzes	40°–120°F (4.5°–49°C) 60% (+/-10) Max RH	150°–200°F (66°–93°C)	Not Recommended	Not Recommended
Granulated Flux Agglomerated Flux	40°–120°F (4.5°–49°C) 60% (+/-10) Max RH	100°–200°F (38°–93°C)	Contact Manufacturer for Specific Temperatures	
Flux Cored Wire EXXT-1, EXXT-2, EXXT-5, EXXT-G	40°–120°F (4.5°–49°C) 60% (+/-10) Max RH	250°–300°F (121°–149°C)	Contact Manufacturer for Specific Temperatures	

NOTE: Proper redrying temperatures depend upon the electrode type and its condition. Contact your electrode manufacturer for specific instructions involving critical operations. Phoenix International, Inc. does not accept liability for damage to electrodes and/or welded products resulting from the use of this table. Temperatures and times shown are recommended and are not guaranteed to be correct.

*- حذف کردن دوباره کاری های گران و حفظ کردن پروفایل جوشکاری

- دستورالعمل پخت مجدد برای الکترودهای پوشش دار که در معرض رطوبت هستند شامل می باشد.
- برداشتن الکترودها از داخل پاکت قبل از قرار گرفتن در آون پخت.
- الکترود های پوشش دار نباید در معرض حرارت پخت مجدد قرار گیرد بدون اینکه برای بار اول در دمای کمتر پخت شده باشد ممکن است بدلیل تخریب الکترودهای پوشش دار در جوش شکست ایجاد گردد. پس از پخت مجدد بایستی در دمای کمتر نگه داشته شوند تا زمانی که از آون خارج شوند.

شکل-۱۵۵ : نمونه هایی از دستگاه های دستی و مرکزی پخت الکترود از شرکت فونیکس Phoenix

در WPS شرایط مربوط به پخت الکترودها معمولاً تحت عنوان Other قید می شود.

جدول-۵۶ : دمای و زمان لازم برای پخت الکترود در WPS

QW-404 FILLER METALS		
PROCESSES: 0	GTAW	SMAW
SPECIFIVATION NO. (SFA) :	5.18	5.1
AWS NO. (CLASS) :	ER70S-6	E7018
F - NO. :	6	4
A - NO. :	1	1
SIZE OF FILLER METALS :	2.4	2.5, 3.2
ELECTRODE FLUX (CLASS) :	N / A	N / A
FLUX TRADE NAME :	N / A	N / A
MAX. t DEPOSIT WELD	≤ 6mm	≤ 14mm
OTHERS : ELECTRODE BAKING AT 350°C Min. 2 hr		

۵-۲- QW-405- Position

جدول-۵۷ : پاراگراف QW-405 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-405- Positions	.1	+ Position			X
	.3	ø ↑↓ Vertical welding			X

* QW-405.1- + Position

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-405 POSITIONS

QW-405.1 The addition of other welding positions than those already qualified. see QW-120, QW-130, QW-203, and QW-303.

شکل-۱۵۶ : پاراگراف QW-405.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : اضافه شدن وضعیت های جوشکاری غیر از آنهایی که تأیید شده اند به QW-203, QW-120, QW-130, و QW-303 نگاه کنید.

توضیح : هر PQR در یکی از حالتهای جوشکاری تهیه می شود. اگر در WPS بغیر از حالتی که PQR تهیه شده است حالتهای دیگری اضافه شود این اضافه کردن نیاز به PQR مجدد ندارد زیرا در واقع هدف از تهیه PQR بررسی همگنی متریال با فلز جوش رسوب داده شده می باشد و هدف از انجام PQR، بررسی تست جوشکار نمی باشد تا اضافه شدن حالتی در WPS به PQR مجدد نیاز داشته باشد. شناخت حالتهای جوش در ورق و لوله ضروری می باشد. برای توضیح بیشتر به پاراگرافهایی که در این مورد ارائه شده اند توجه شود.

* QW-120 – Test positions for Groove Welds

QW-120 TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS

Groove welds may be made in test coupons oriented in any of the positions in Figure QW-461.3 or Figure QW-461.4 and as described in the following paragraphs, except that an angular deviation of ±15 deg from the specified horizontal and vertical planes, and an angular deviation of ±5 deg from the specified inclined plane are permitted during welding.

شکل-۱۵۷ : پاراگراف QW-120 مطابق ASME Sec. IX-2019

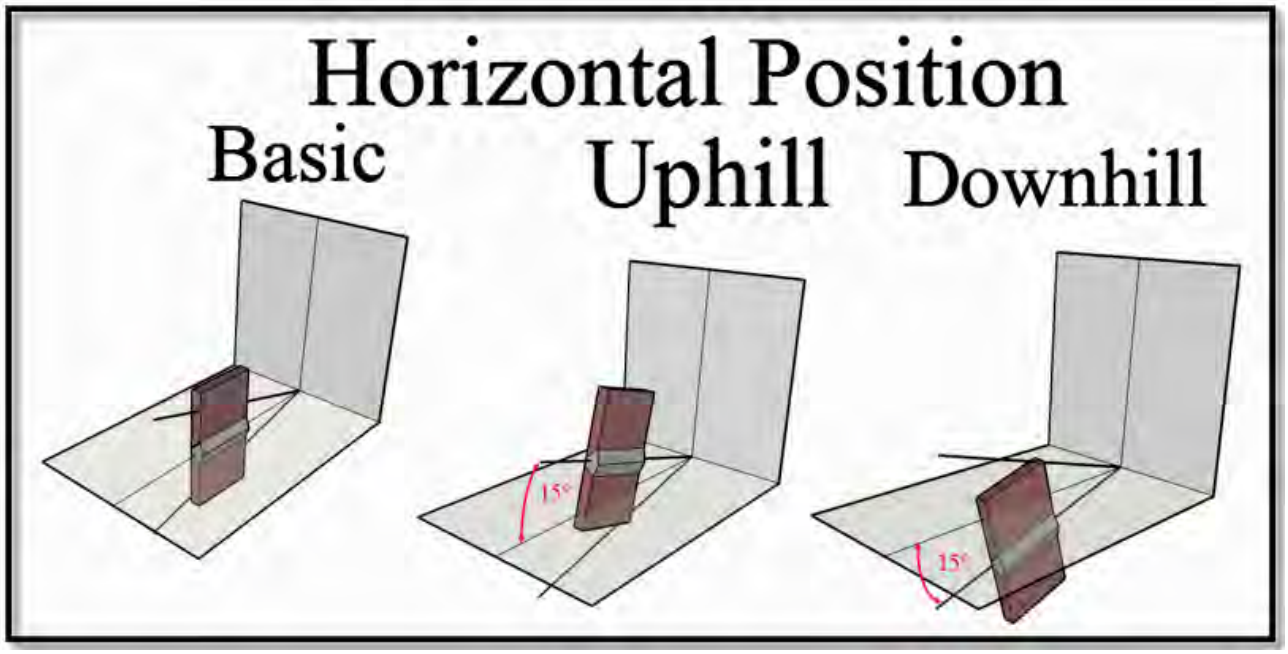
ترجمه : پاراگراف QW-120

وضعیت های تست برای جوشهای شیاری (Groove)

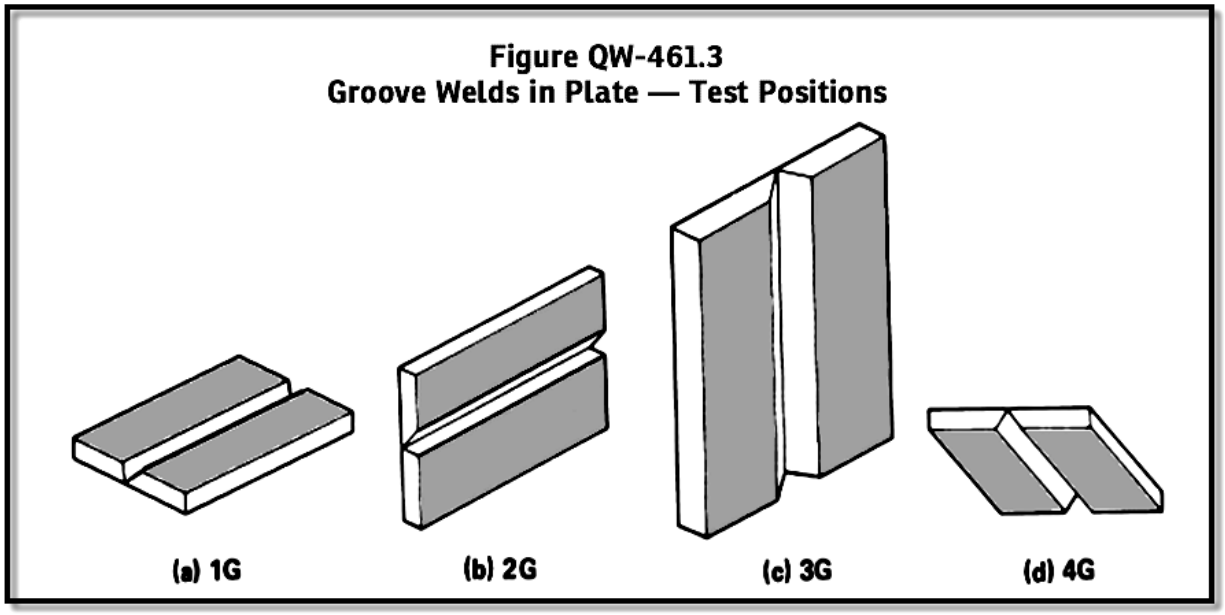
جوش های شیاری ممکن است در تست کوپن های مطابق با هر یک از وضعیت های ارائه شده در شکل های QW-461.3 یا QW-461.4 و به شرحی که در پاراگرافهای زیر آورده شده است، انجام شوند با این استثناء که به اندازه‌ی ±15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی و عمودی مشخص شده و ±5 درجه انحراف چرخش در هر یک از این صفحات مجاز می باشد.

مثال (a):

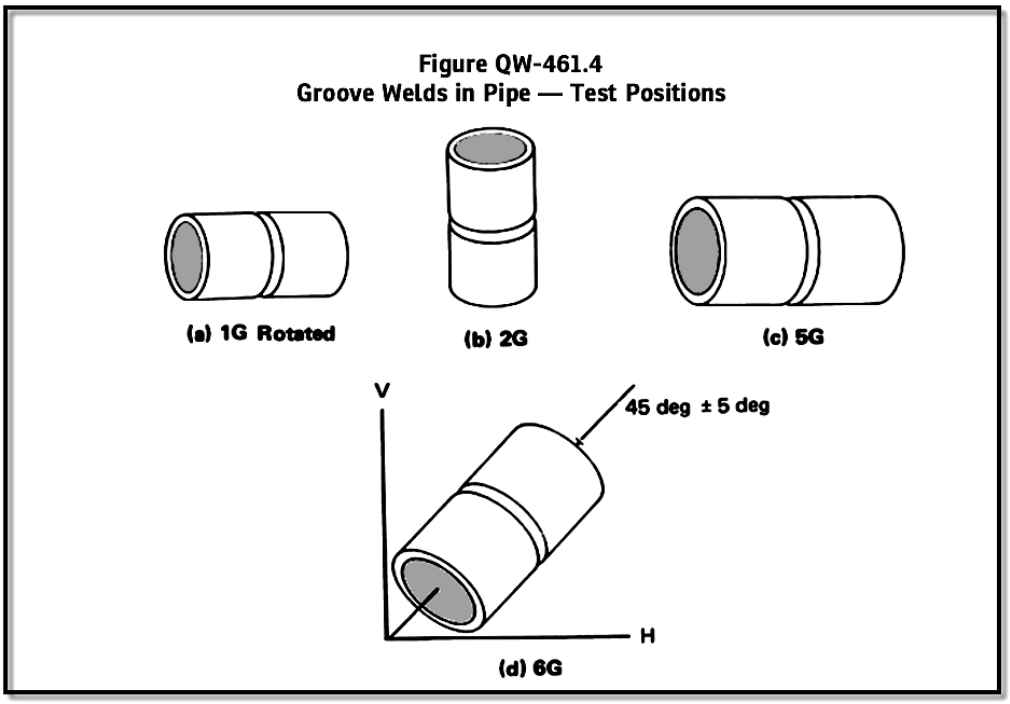
±15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی برای حالت جوش افقی Horizontal Position:



شکل-۱۵۸ : پاراگراف QW-120



شکل-۱۵۹ : حالتهای جوش شیاری (Groove) در ورق مربوط به QW-461.3 مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۱۶۰ : حالتهای جوش شیاری (Groove) در لوله مربوط به QW-461.4 مطابق ASME Sec. IX-2019

* QW-130 – Test positions for Fillet Welds

QW-130 TEST POSITIONS FOR FILLET WELDS

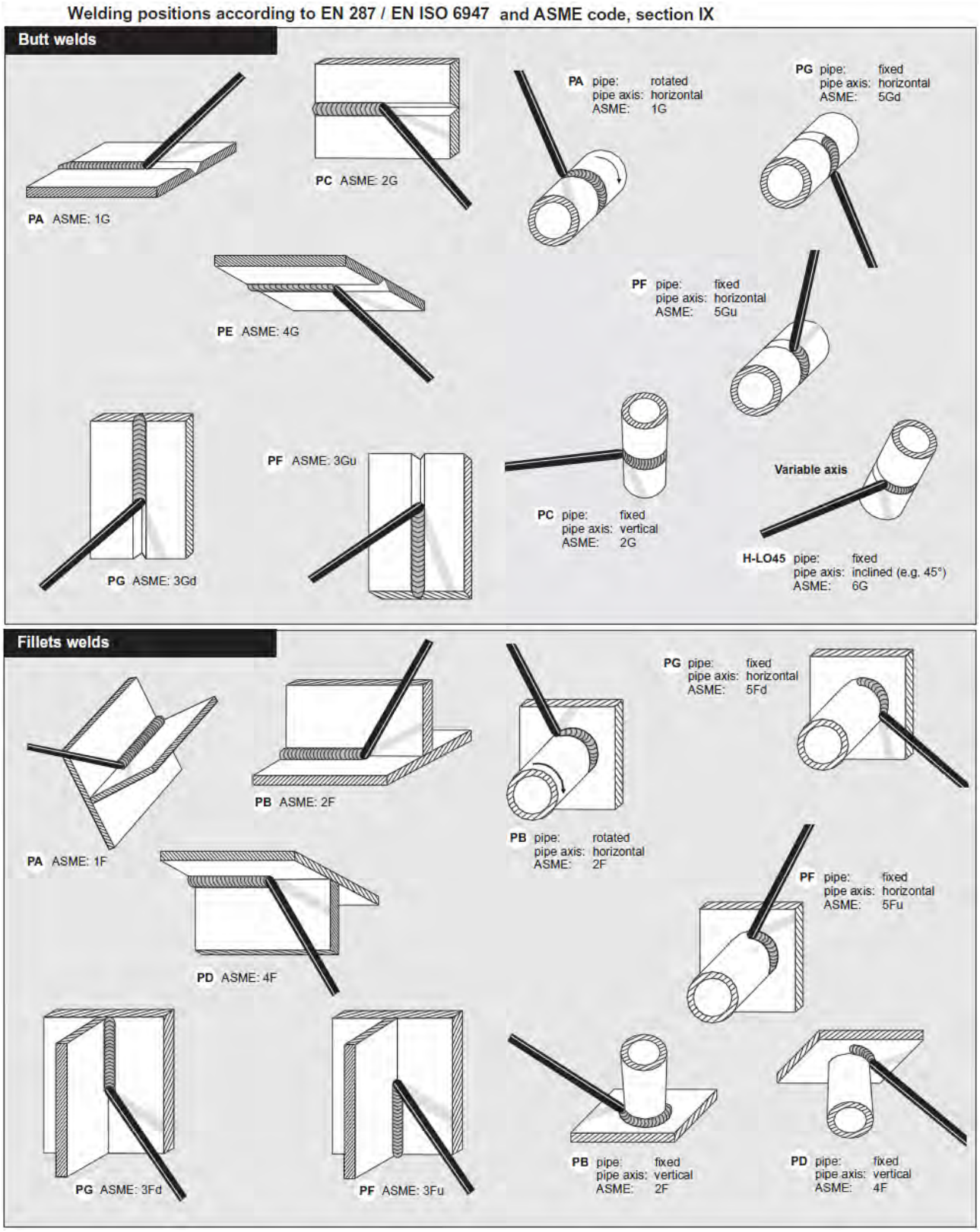
Fillet welds may be made in test coupons oriented in any of the positions of Figure QW-461.5 or Figure QW-461.6, and as described in the following paragraphs, except that an angular deviation of ±15 deg from the specified horizontal and vertical planes is permitted during welding.

شکل-۱۶۱ : پاراگراف QW-130 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : پاراگراف QW-130

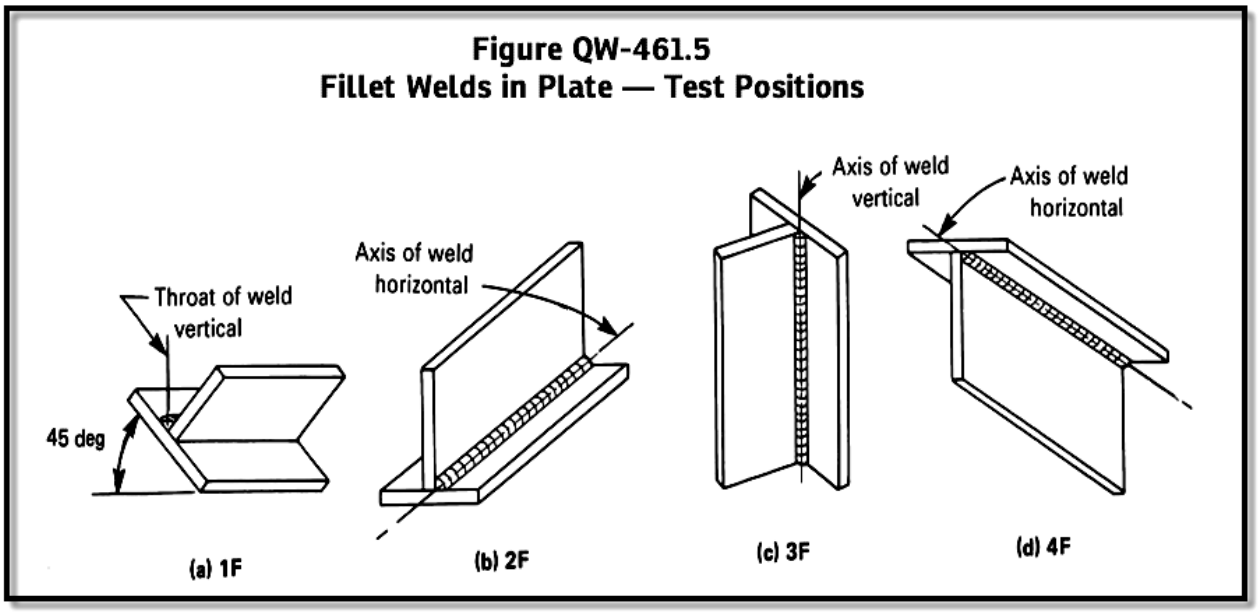
وضعیت های تست برای جوشهای گوشه ای (Fillet):

جوش های گوشه ای (Fillet) ممکن است در تست کوپن ها مطابق با هر یک از وضعیت های ارائه شده در شکل های QW-461.5 یا QW-461.6 و به شرحی که در پاراگرافهای زیر آورده شده است، انجام شوند با این استثناء که به اندازه‌ی ±15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی و عمودی مشخص شده و ±5 درجه انحراف چرخش در هر یک از این صفحات مجاز می باشد.



شکل-۱۶۲ : حالتهای جوش لب به لب (But Weld) و گوشه ای (Fillt Weld) براساس Data Sheet شرکت

www.boehler-welding.com



شکل-۱۶۳ : حالتهای جوش گوشه ای (Fillt) در ورق مربوط به QW-461.5 مطابق ASME Sec. IX-2019

- QW-203 – Limits of Qualified Positions for Procedures

QW-203 LIMITS OF QUALIFIED POSITIONS FOR PROCEDURES

Unless specifically required otherwise by the welding variables (QW-250), a qualification in any position qualifies the procedure for all positions. The welding process and electrodes must be suitable for use in the positions permitted by the WPS. A welder or welding operator making and passing the WPS qualification test is qualified for the position tested. see QW-301.2.

شکل-۱۶۴ : پاراگراف QW-203 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : پاراگراف QW-203

حدود وضعیت های تأیید شده برای روشهای مختلف جوشکاری:

مگر اینکه بطور خاص به صورت دیگری بوسیله‌ی متغیرهای اساسی QW-250 لازم دانسته شود. تأیید صلاحیت Procedure در هر وضعیتی، آن Procedure را برای تمام وضعیت ها تأیید می نماید. فرآیند جوشکاری و الکترودهای مورد استفاده در PQR برای استفاده در وضعیت هایی که در WPS مجاز دانسته شده است باید مناسب باشند. یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در تهیه‌ی یک PQR حضور داشته برای وضعیتی که در آن PQR جوشکاری نموده است، دارای صلاحیت می باشد.

- QW-405.3- ø ↑↓ Vertical Welding

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-405 POSITIONS

QW-405.3 A change from upward to downward, or from downward to upward, in the progression specified for any pass of a vertical weld, except that the cover or wash pass may be up or down. The root pass may also be run either up or down when the root pass is removed to sound weld metal in the preparation for welding the second side.

شکل-۱۶۵ : پاراگراف QW-405.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : پاراگراف QW-405.3

در جوشکاری عمودی تغییر در جهت جوشکاری مشخص شده برای هر پاس از سربالا به سرازیر و یا بالعکس با این استثناء که پاس تمام کننده (Cover or Wash Pass) ممکن است سربالا یا سرازیر باشد. زمانیکه، پاس ریشه‌ی اتصالِ جوشکاری شده، برداشته می شود تا طرف دیگر اتصال، جوشکاری شود پاس ریشه می تواند سربالا یا سرازیر باشد. (به عبارتی وقتی جوش Back weld می شود در چنین حالتی پاس ریشه می تواند سربالا یا سرازیر باشد.)

توضیح : تغییر جهت جوشکاری جزء متغیرات غیر اساسی است. بنابراین تغییر سربالا به سرازیر یا بر عکس نیاز به PQR جدید ندارد.

در سایتهای پتروشیمی، پالایشگاههای نفت و گاز و تاسیسات نیروگاهی جهت جوشکاری معمولاً سربالا استفاده می شود و در خطوط لوله (Pipeline) جهت جوشکاری سرازیر است. جهت جوشکاری سرازیر ظاهری خوب ندارد اما چون در خطوط لوله (Pipeline) سر جوشها عایق شده و در زیر زمین دفن می شوند بنابراین ظاهر جوش مد نظر نمی باشد اما برعکس در سایتهای نفت وگاز و پتروشیمی ظاهر جوشها باستثناء خطوطی که عایق می شوند معمولاً در معرض دید می باشند و کیفیت جوش از نظر ظاهری نیز مورد نظر است و هر چند که جزء فاکتورهای مهم نمی باشد اما به آن توجه می شود.

در این پاراگراف منظور از پاس تمام کننده (Cover or Wash Pass) که به آن اشاره شده است چیست؟ عبارت Wash Pass اصطلاح خاصی است (به عبارت دیگر جزء واژگان تخصصی است که توسط کسانی که در بخش خاصی از یک چرخه کار می کنند مورد استفاده قرار می گیرد.) پاس جوش"Wash Pass" لایه‌ی نازکی از جوش است که بر روی سطح یک جوش تکمیل شده، رسوب داده می شود تا نمای ظاهری جوش را بهبود بخشد. در زمان استفاده از الکترود E6010، ممکن است جوش نهایی دارای Undercut باشد بنابراین جوشکار می تواند با جوشکاری سرازیر در امتداد پاشنه های جوش، آنرا بر طرف نماید و ظاهر جوش را مناسب و یکدست نماید. وقتی که از فرآیند GTAW استفاده می شود همان تکنیک می تواند بر روی پاشنه های جوش بکار برده شود و این تکنیک گاهی اوقات از جنبه‌ی ظاهری برای بهبود سطح جوش بکار برده می شود.

در فرآیند GTAW وقتی لایه‌ی Wash Pass رسوب داده می شود هم می توان از فیلر متال استفاده کرد و هم می توان استفاده نکرد، با اینحال چنانچه جوشکار فقط برای استفاده از فیلر متال تأیید صلاحیت شده باشد باید مطابق پاراگراف QW-404.14 به او هشدار داده شود که هنگام Pass Washing صرفاً از فیلر متال استفاده نماید.

نتیجه : وضعیت جهت جوشکاری (سربالا ↑ یا سرازیر ↓) جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر آن نیاز به تهیه‌ی PQR جدید ندارد. در WPS به شکل زیر نوشته می شود:

While the definition of the cover pass is obvious, “wash pass” is jargon (i.e., specialized terminology used by those who work a lot in a particular part of a profession). A wash pass is a thin layer of weld that is deposited on the surface of a completed weld to improve the weld contour. When using E6010, a finished weld may have some undercut, and by running an electrode downhill along the weld toes, the welder can “wash” away the undercut. When using GTAW, similar technique can be used to contour weld toes, and it is occasionally used to cosmetically improve the surface of the entire weld. Filler metal may or may not be added when making a wash pass using GTAW; however, if the welder is qualified to weld with filler metal only (QW-404.14), he should be cautioned to be sure to add some filler metal when making a wash pass.

شکل-۱۶۶ : پاس تمام کننده (Cover or Wash Pass)

جدول-۵۸ : روش نوشتن وضعیت جوشکاری در WPS

QW-405 POSITION
POSITION OF GROOVE : ALL
POSITION OF FILLET : ALL
WELDING PROGRESS : Uphill ↑

۶-۲- QW-406- Preheat

جدول-۵۹ : پاراگراف QW-406 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.2	ø Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	

* QW-406.1- Decrease > 100°F (55°C)

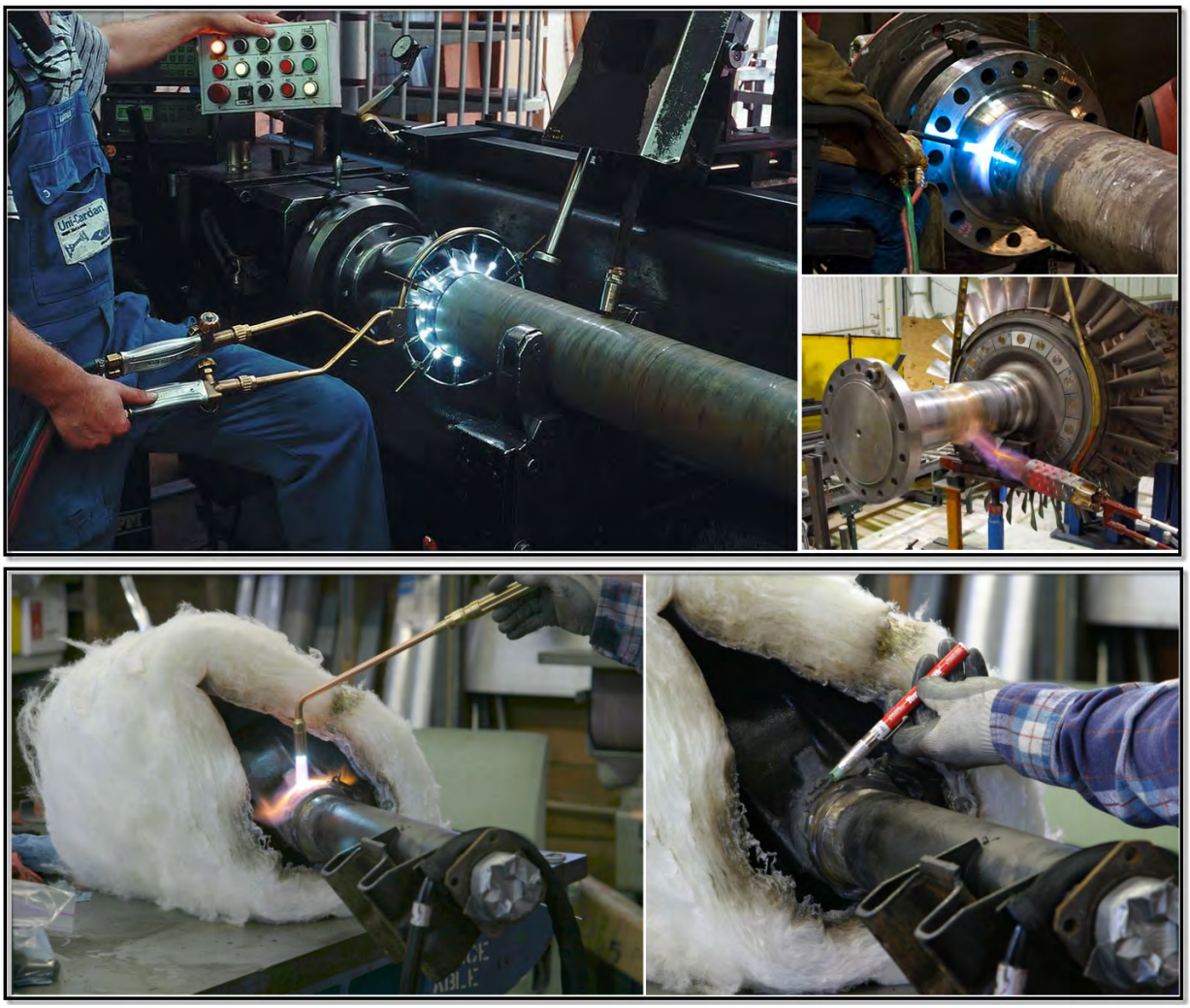
(جزء متغیرات اساسی است)

ترجمه : کاهش درجه حرارت پیش گرم تأیید شده بیشتر از 100ºF (55ºC) . حداقل درجه حرارت برای جوشکاری باید در WPS مشخص گردد.

QW-406 PREHEAT

QW-406.1 A decrease of more than 100°F (55°C) in the preheat temperature qualified. The minimum temperature for welding shall be specified in the WPS.

شکل-۱۶۷ : پاراگراف QW-406.1 مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۱۶۸ : روشهای انجام و کنترل دمای پیشگرم

شکل-۱۶۹ : گچهای حرارتی Tempil Stick جهت کنترل دمای پیشگرم

توضیح : هدف از پیش گرم چیست؟

Preheat and Interpass Temperature. Ferritic materials undergo metallurgical phase changes when cooling from welding to ambient temperature. Mild steels which contain no more than 0.20 percent carbon and 1 percent manganese can be welded without preheat when the thickness is 1 in (25 mm) or less. However, as the chemical composition changes by increases of carbon, manganese, and silicon or the addition of chromium and certain other alloying elements, preheating becomes increasingly important since the higher carbon and chrome molybdenum steels can develop more crack-sensitive martensitic, matensitic-bainitic, and other mixed phase structures when cooled rapidly from welding temperatures.

There is also a potential for hydrogen from SMAW electrode coatings or from moisture on the base metal surface to be dissolved in the weld. Also as the weld cools, stresses caused by shrinkage are imposed on the parts and distortion can result; and as thickness increases, thermal shock from the heat of welding can induce cracking more readily.

Source: **McGraw-Hill - Piping Handbook (7e)**

FABRICATION AND INSTALLATION OF PIPING SYSTEMS **A.283**

شکل-۱۷۰ : پیشگرم و دمای بین پاسی بر گرفته از کتاب McGraw-Hill - Piping Handbook (7e)

پیش گرم و درجه حرارت بین پاسی

فولادهای فریتی وقتی که از دمای جوشکاری تا دمای محیط سرد می شوند تغییرات فازی متالورژیکی در آنها رخ می دهد. فولادهای نرم که حاوی حداکثر 0.2 درصد کربن و 1 درصد منگنز می باشند وقتی که ضخامت آنها یک اینچ (۲۵ میلیمتر) و کمتر است می توانند بدون نیاز به پیش گرم جوشکاری شوند. با این حال چنانچه با زیاد شدن کربن، منگنز، سیلسیم و یا افزودن کروم و سایر عناصر آلیاژی، آنالیز شیمیایی فولاد تغییر کند پیش گرم بطور فزاینده ای اهمیّت می یابد زیرا فولادهای با کربن بالا و فولادهای کروم مولیبدن وقتی از درجه حرارت جوشکاری تا درجه حرارت محیط به سرعت سرد می شوند می توانند باعث تشکیل ساختارهای مارتنزیتی- باینیتی (Martensitic-Bainitic) و سایر ساختارهای فازی دیگر که به ترک حساس هستند گردند. همچنین هیدروژن نیز می تواند در فرآیند جوشکاری SMAW از پوشش الکترودها یا از رطوبت موجود در سطح فلز به درون فلز جوش نفوذ نماید بنابراین وقتی در قطعات جوشکاری شده، جوش سرد می شود تنش های ناشی از انقباض باعث پیچیدگی در آنها می گردد و چنانچه ضخامت افزایش یابد شوک حرارتی ناشی از حرارت جوشکاری می تواند به طور آسان تری باعث ایجاد ترک گردد.

پیش گرم قبل از جوشکاری راه حل مناسبی برای این مشکلات می باشد. پیش گرم سرعت سرد شدن اتصال جوش را کاهش می دهد و باعث می شود که ساختار متالورژیکی فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از آن (HAZ) داکتیل تر (نرمتر) شود. پیش گرم اجازه می دهد اتم های هیدروژن محلول در فلز راحت تر به سطح فلز نفوذ و از فلز خارج شوند و یا از مناطق حساس در اطراف جوش (HAZ) دور گردند. همچنین کمک می نماید تا انقباض، پیچیدگی و ترکهای احتمالی ناشی از تنش های پس ماند کاهش یابند. پیش گرم همچنین درجه حرارت را در اکثر فلزات به اندازه‌ی کافی بالا می برد تا از درجه حرارت انتقال شکست نرم به شکست ترد بیشتر باشد.

در جوشکاری پیش گرم را می توان برای تکمیل عملیات جوشکاری بکار برد. حرارت ناشی از جوشکاری میتواند به نگهداری دمای پیش گرم بعد از شروع جوشکاری کمک کند و از آن برای مقاصد بازرسی از جمله کنترل درجه حرارت نزدیک جوش استفاده کرد.

لزوم پیش گرم و درجه حرارت پیش گرم به فاکتورهایی مانند آنالیز شیمیایی، درجه مهار قطعاتی که به هم متصل می شوند، خواص فیزیکی و ضخامت بالا بستگی دارد.

■ – عملیات پیش گرم در استانداردها

*- عملیات پیش گرم براساس استاندارد ASME B31.3-2018 Table 330.1.1

جدول-۶۰ : دمای پیشگرم براساس استاندارد ASME B31.3-2018 Table 330.1.1

(18) **Table 330.1.1 Preheat Temperatures**

Base Metal P-No. [Note (1)]	Base Metal Group	Greater Material Thickness mm	Greater Material Thickness in.	Additional Limits [Note (2)]	Required Minimum Temperature °C	Required Minimum Temperature °F
1	Carbon steel	≤25	≤1	None	10	50
		>25	>1	%C ≤ 0.30 [Note (3)]	10	50
		>25	>1	%C > 0.30 [Note (3)]	95	200
3	Alloy steel, Cr ≤ ½%	≤13	≤½	SMTS ≤ 450 MPa (65 ksi)	10	50
		>13	>½	SMTS ≤ 450 MPa (65 ksi)	95	200
		All	All	SMTS > 450 MPa (65 ksi)	95	200
4	Alloy steel, ½% < Cr ≤ 2%	All	All	None	120	250
5A	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 414 MPa (60 ksi)	150	300
		All	All	SMTS > 414 MPa (60 ksi)	200	400
5B	Alloy steel	All	All	SMTS ≤ 414 MPa (60 ksi)	150	300
		All	All	SMTS > 414 MPa (60 ksi)	200	400
		>13	>½	%Cr > 6.0 [Note (3)]	200	400
6	Martensitic stainless steel	All	All	None	200 [Note (4)]	400 [Note (4)]
9A	Nickel alloy steel	All	All	None	120	250
9B	Nickel alloy steel	All	All	None	150	300
10I	27Cr steel	All	All	None	150 [Note (5)]	300 [Note (5)]
15E	9Cr–1Mo–V CSEF steel	All	All	None	200	400
...	All other materials	...	...	None	10	50

NOTES:
(1) P-Nos. and Group Nos. from ASME BPVC, Section IX, QW/QB-422.
(2) SMTS = Specified Minimum Tensile Strength.
(3) Composition may be based on ladle or product analysis or in accordance with specification limits.
(4) Maximum interpass temperature 315°C (600°F).
(5) Maintain interpass temperature between 150°C and 230°C (300°F and 450°F).

چند پارامتر مؤثر در انجام عملیات پیش گرم براساس استاندارد ASME B31.3 Table 330.1.1

۱- میزان درصد کربن (%C > 0.30) به همراه ضخامت متریال Material Thickness >25 mm دمای 95 ºC

۲- میزان درصد کروم با توجه به ضخامت

Cr ≤ ½% برای متریالهای P- No. 3 با ضخامت بیشتر از 13 mm دمای 95 ºC

½% < Cr ≤ 2% برای متریالهای P- No. 4 برای همه‌ی ضخامتها دمای 120 ºC

Cr > 6% برای متریالهای P- No.5B با ضخامت بیشتر از 13 mm دمای 200 ºC

۳- استحکام کششی

95 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No.3 در متریالهای SMTS > 450 MPa (65 ksi)

150 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No.5A, 5B در متریالهای SMTS ≤ 414 MPa (60 ksi)

200 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No.5A, 5B در متریالهای SMTS > 414 MPa (60 ksi)

۴- جنس متریال:

200 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No. 6 مثل Martensitic stainless steel متریالهای

120 ºC و 150 ºC برترتیب برای همه‌ی ضخامتها P- No. 9A, 9B مثل Nickel alloy steel متریالهای

150 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No. 10I مثل 27Cr steel متریالهای

200 ºC برای همه‌ی ضخامتها P- No. 15E مثل 9Cr–1Mo–V CSEF steel متریالهای

* - عملیات پیشگرم در API 650-2020

*- پاراگراف 7.2.1.2: وقتیکه سطوحی که باید جوشکاری شوند در اثر باران، برف یا یخ زدگی خیس باشند، در حین بارش باران یا برف بر روی چنین سطوحی یا در هنگام وزش بادهای شدید، هیچ نوع عملیات جوشکاری نباید انجام شود مگر اینکه جوشکار و منطقه‌ی جوشکاری بطور مناسبی محافظت گردند. همچنین وقتیکه درجه حرارت فلز از درجه حرارت لازم مطابق جدول 7-1a کمتر باشد انجام پیشگرمی ضروری است. در چنین حالتی فلز پایه باید تا درجه حرارتی که در

7.2 Details of Welding

7.2.1 General

7.2.1.3 No welding of any kind shall be performed when the surfaces to be welded are wet from rain, snow, or ice; when rain or snow is falling on such surfaces; or during periods of high winds unless the welder and the work are properly shielded. Also, preheat shall be applied when metal temperature is below the temperature required by Table 7.1a and Table 7.1b. In that case the base metal shall be heated to at least the temperature indicated in Table 7.1a and Table 7.1b within 75 mm (3 in.) of the place where welding is to be started and maintained 75 mm (3 in.) ahead of the arc.

شکل-۱۷۱ : وضعیت پیشگرم بر اساس API 650-2020

جدول 7-1a نشان داده شده در محدوده ای به اندازه 75mm (3 in.) از محلی که جوشکاری شروع می شود، گرم شود و در حد 75mm (3 in.) جلوتر از قوس این درجه حرارت نگه داشته شود.

جدول-۶۱ : دمای پیشگرم برای متریال های مختلف بر اساس API 650-2020

Table 7.1a—Minimum Preheat Temperatures (SI)

Material Group per Table 4.4a	Thickness (t) of Thicker Plate (mm)	Minimum Preheat Temperature
Groups I, II, III & IIIA	$t \le 32$	0 ºC
	$32 < t \le 40$	10 ºC
	$t > 40$	93 ºC
Groups IV, IVA, V & VI	$t \le 32$	10 ºC
	$32 < t \le 40$	40 ºC
	$t > 40$	93 ºC

* - عملیات پیشگرم در API 620-2018

***- پاراگراف H-4 از Appendix-H: عملیات پیشگرمی

Annex H
(informative)

Recommended Practice for Use of Preheat, Post-heat, and Stress Relief

H.4 Preheat Treatment

Many laboratory tests have shown preheat treatment of carbon steel to 300 °F to 400 °F to be the equivalent of the post-heat treatment at no less than 1100 °F insofar as the physical properties of the weldment are concerned.[22,23] Some tests have indicated a slight advantage of the post-heat treatment. Most of the tests have been made on plates 3/4 in. to 1 in. thick; results must be viewed with caution if preheating is applied appreciably beyond this thickness range. However, for all practical purposes, improvement resulting from preheating is sufficiently well established so that preheat should be considered for field fabrication of plates over 3/4-in. thick whenever toughness of the tank is highly desired and the thermal post-heat treatment is impractical.

Preheating should be performed by heating and maintaining this heat in appreciable lengths of the joint to be welded, preferably using a strip burner with a mild flame rather than a harsh flame such as that from a cutting torch. Electrical strip heaters are available and have been found to be satisfactory. The preheat of 300 °F should be checked with a temperature-sensitive crayon, or similarly accurate means, so that the steel 4 in. (or four times the plate thickness, whichever is greater) on each side of the joint will be maintained at the minimum preheat temperature. Ring burners or heaters are recommended for nozzle and manway welds. At no time during the welding should the base metal fall below a temperature of 300 °F.

شکل-۱۷۲ : پیشگرم در استاندارد API 620 - 2018

بسیاری از تست های آزمایشگاهی نشان داده اند وقتی خواص فیزیکی قطعه جوشکاری شده مطرح است، پیشگرمی کربن استیل در دمای (300 ºF - 400 ºF) باید معادل تنش زدایی در درجه حرارتی بیشتر از (1100 ºF) باشد.

برخی تستها مزایای جزیی تنش زدایی را نشان داده اند، بیشتر تستها بر روی ورقهایی با ضخامت ۱۹ میلیمتر تا ۲۵ میلیمتر انجام شده است.

اگر پیشگرمی بطور قابل ملاحظه ای بیشتر از این محدوده‌ی ضخامتی انجام شده باشد نتایج باید با احتیاط بررسی شود. با این حال، برای تمام مقاصد عملی، بهبود حاصل از پیشگرمی بایستی به اندازه‌ی کافی، آثار مثبت داشته باشد بطوریکه برای ساخت ورقهای با ضخامت بیشتر از ۱۹ میلیمتر، وقتی چقرمگی مخزن از اهمیت بالایی بر خوردار است و تنش زدایی بوسیله عملیات حرارتی عملی نمی باشد پیشگرمی باید مورد ملاحظه قرار گیرد.

زمان و دمای نگهداری پیشگرمی بر روی اتصالی که جوشکاری می گردد بایستی بطور مناسبی انجام گیرد و ترجیحاً بهتر است پیشگرمی بوسیله مشعل نواری و شعله متوسط به جای شعله شدید مانند شعله برشکاری انجام گردد. همچنین هیتر های برقی نواری نیز مناسب تشخیص داده شده اند.

پیشگرمی 300 ºF باید بوسیله مداد های شمعی (Crayon) حساس به درجه حرارت یا ادوات دقیق مشابه، کنترل گردد بطوریکه اتصال به اندازه 4 in. یا ۴ برابر ضخامت فلز (هر کدام بزرگتراست) از هر طرف در اتصال در حداقل درجه حرارت پیشگرمی نگاه داشته شود. مشعل ها یا هیتر های رینگی برای جوشهای نازل ها و منهول ها توصیه شده است .

هیچ گاه در خلال جوشکاری، درجه حررات فلز پایه نباید کمتر از 300 ºF گردد.

***- پاراگراف 6.11 : شرایط جوی برای جوشکاری: هیچگونه عملیات جوشکاری نباید انجام شود a)- وقتی سطوحی که باید جوشکاری شوند از باران، برف یا یخ خیس باشد b)- وقتیکه بر روی این سطوح بارش باران و برف باشد یا c)- در خلال وزش شدید باد باشد مگر اینکه جوشکار و کار محافظت شوند. عملیات پیشگرم باید وقتی بکار برده شود که دمای فلز پایه کمتر از دمای مشخص شده در جدول 6.2 باشد. در این زمینه فلز پایه باید حداقل در دمای مشخص شده در جدول 6.2 گرم شود و از محلی که جوشکاری آغاز شده است ۳ اینچ در جلوتر از قوس باید پیشگرمی حفظ شود. P-No. ها و

Gr. No. ها باید مطابق با استاندارد ASME Sec. IX جدول QW-422 یا چنانچه در جدول QW-422 وجود ندارند باید مطابق با استاندارد API-620 پاراگراف 6.7.2 باشد.

جدول-۶۲ : دمای پیشگرم در استاندارد API 620 - 2018

6.11 Weather Conditions for Welding

No welding of any kind shall be done (a) when the surfaces to be welded are wet from rain, snow, or ice, (b) when rain or snow is falling on such surfaces, or (c) during periods of high winds, unless the welder and work are properly shielded. Preheat shall be applied when the metal temperature is below the temperature required by Table 6-2. In that case the base metal shall be heated to at least the temperature indicated in Table 6-2 within 3 in. of the place where welding is to be started and maintained 3 in. ahead of the arc. Material P-Numbers and Groups shall be as designated in ASME IX, Table QW-422 or in API 620, 6.7.2 for materials not listed in Table QW-422.

Table 6-2—Minimum Preheat Temperatures

Material P-No. and Group	Thickness (*t*) of Thicker Plate (inches)	Minimum Preheat Temperature	
P-No. 1 Group 1	$t \le 1.25$	32 °F	0 °C
	$1.25 < t \le 1.50$	50 °F	10 °C
	$t > 1.50$	200 °F	95 °C
P-No. 1 Groups 2 & 3	$t \le 1.25$	50 °F	10 °C
	$1.25 < t \le 1.50$	100 °F	38 °C
	$t > 1.50$	200 °F	95 °C

*- عملیات پیشگرم در استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019

پیشگرم در جوشکاری برای تکمیل عملیات جوشکاری بکار برده می شود. حرارت ناشی از جوشکاری میتواند به نگهداری دمای پیشگرم بعد از شروع جوشکاری کمک کند و برای مقاصد بازرسی از جمله کنترل درجه حرارت نزدیک جوش استفاده می شود. لزوم پیشگرم و درجه حرارت پیشگرم به فاکتورهایی مانند آنالیز شیمیایی، درجه مهار قطعاتی که به هم متصل می شوند، خواص فیزیکی و ضخامت بالا بستگی دارد. روش و دامنه‌ی پیشگرم بطور مشخص ارائه نشده است.

قوانین اجباری برای پیش گرم در این بخش از استاندارد (ASME Section VIII Div. 1) پیش بینی نشده است مگر در زیرنویسهای کلی که بعنوان استثناها در جدول های UCS-56-1 ~ UCS-56-11 و 32.7 ~ UHT-32 که مربوط به تنش زدایی هستند قید شده است.

البته باید توجه کرد که در بعضی از متریالهای خاص این حداقل دما حتی بعد از اتمام جوشکاری بایستی برای مدت معینی که در WPS مشخص می شود اعمال شود. دمای پیشنهادی پیشگرم در مورد جوش مخازن، به تفکیک متریال در ASME Sec. VIII Div.1 (Appendix R) بیان شده است.

برخی از شیوه های استفاده شده برای پیش گرم کردن در زیر (App. R) به عنوان یک راهنمای کلی برای متریالهای لیست شده بوسیله P-Numbers هایی که در بخش IX آورده شده است. این یک هشدار است که دمای پیش گرمی که در زیر (App. R) لیست شده لزوماً اطمینان از تکمیل رضایت بخشی اتصال جوش داده شده نیست و الزامات مربوط به متریالها جداگانه با P-Number که لیست شده اند ممکن است از این راهنمای کلی بیشتر یا کمتر از آن محدود شده باشد.

به طور معمول ، هنگامی که دو گروه متریال با P-No. های مختلف که با جوش به هم متصل شده باشند ، دمای پیش گرم مورد استفاده مربوط به دمای متریالی است که در دستورالعمل جوش با دمای پیش گرم بالاتری مشخص شده باشد.

مطابق ضمیمه (R) از استاندارد ASME Sec. VIII Div.1-2019:

NONMANDATORY APPENDIX R
PREHEATING

R-1 P-NO. 1 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

(a) 175°F (79°C) for material which has both a specified maximum carbon content in excess of 0.30% and a thickness at the joint in excess of 1 in. (25 mm);
(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-2 P-NO. 3 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

(a) 175°F (79°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 70,000 psi (480 MPa) or a thickness at the joint in excess of $\frac{5}{8}$ in. (16 mm);
(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-3 P-NO. 4 GROUP NOS. 1 AND 2

(a) 250°F (121°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa) or a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm);
(b) 50°F (10°C) for all other materials in this P-Number.

R-4 P-NOS. 5A AND 5B GROUP NO. 1

(a) 400°F (204°C) for material which has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa), or has both a specified minimum chromium content above 6.0% and a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm);
(b) 300°F (149°C) for all other materials in these P-Numbers.

R-5 P-NO. 6 GROUP NOS. 1, 2, AND 3

400°F (204°C)

R-6 P-NO. 7 GROUP NOS. 1 AND 2

None

R-7 P-NO. 8 GROUP NOS. 1 AND 2

None

R-8 P-NO. 9 GROUPS

250°F (121°C) for P-No. 9A Group No. 1 materials
300°F (149°C) for P-No. 9B Group No. 1 materials

R-9 P-NO. 10 GROUPS

175°F (79°C) for P-No. 10A Group No. 1 materials
250°F (121°C) for P-No. 10B Group No. 2 materials
175°F (79°C) for P-No. 10C Group No. 3 materials

For P-No. 10C Group No. 3 materials, preheat is neither required nor prohibited, and consideration shall be given to the limitation of interpass temperature for various thicknesses to avoid detrimental effects on the mechanical properties of heat-treated material.

For P-No. 10D Group No. 4 and P-No. 10I Group No. 1 materials, 300°F (149°C) with interpass temperature maintained between 350°F and 450°F (177°C and 232°C)

R-10 P-NO. 11 GROUPS

(a) P-No. 11A Group
Group No. 1 — None (see Note)
Group No. 2 — Same as for P-No. 5 (see Note)
Group No. 3 — Same as for P-No. 5 (see Note)
Group No. 4 — 250°F (121°C)
(b) P-No. 11B Group
Group No. 1 — Same as for P-No. 3 (see Note)
Group No. 2 — Same as for P-No. 3 (see Note)
Group No. 3 — Same as for P-No. 3 (see Note)
Group No. 4 — Same as for P-No. 3 (see Note)
Group No. 5 — Same as for P-No. 3 (see Note)
Group No. 6 — Same as for P-No. 5 (see Note)
Group No. 7 — Same as for P-No. 5 (see Note)

NOTE: Consideration shall be given to the limitation of interpass temperature for various thicknesses to avoid detrimental effects on the mechanical properties of heat-treated materials.

R-11 P-NO. 15E GROUP NO. 1

(a) 400°F (205°C) for material that has either a specified minimum tensile strength in excess of 60,000 psi (410 MPa) or has both a specified minimum chromium content above 6.0% and a thickness at the joint in excess of $\frac{1}{2}$ in. (13 mm).
(b) 300°F (150°C) for all other materials in this grouping.

شکل-۱۷۳ : Preheat برای جوشکاری مخازن طبق ASME Sec. VIII Div.1-2019-Appendix R

* - پیشگرم در خطوط انتقال گاز ASME-B31.8-2018

*- پاراگراف 824 : پیشگرم

**- پاراگراف 824.1 : فولاد های کربنی

824 PREHEATING

824.1 Carbon Steels

Carbon steels having a carbon content in excess of 0.32% (ladle analysis) or a carbon equivalent (C + ¼ Mn) in excess of 0.65% (ladle analysis) shall be preheated to the temperature indicated by the welding procedure.

Preheating shall also be required for steels having lower carbon content or carbon equivalents when the welding procedure indicates that chemical composition, ambient and/or metal temperature, material thickness, or weld-end geometry require such treatment to produce satisfactory welds.

شکل-۱۷۴ : پاراگراف 824 پیشگرم در خطوط انتقال گاز ASME-B31.8-2018

فولادهای کربنی که مقدار کربن آنها بیش از 0.32 درصد (آنالیز پاتیل مواد مذاب) یا کربن معادل آن (C + $^1/_4$ Mn) بیش از 0.65 درصد (آنالیز پاتیل مواد مذاب) باشد باید تا دمایی که در دستورالعمل جوشکاری نشان داده شده است پیش گرم شوند. همچنین پیشگرم برای جوشکاری فولادهایی که میزان کربن یا کربن معادل کمتری دارند و روش جوشکاری نشان می دهد که آنالیز شیمیایی، دمای محیط و / یا درجه حرارت فلز ، ضخامت مواد یا هندسه جوش؛ برای تولید جوش های رضایت بخش نیاز به چنین دمای پیشگرمی دارد باید انجام شود.

* - پیشگرم برای قطعات براساس درصد کربن

جدول-۶۳ : پیشگرم برای قطعات براساس درصد کربن

STEEL PREHEATING CHART

Pre-Heating will eliminate crack formation, reduce distortion and prevent shrinkage stresses

Metal Group	Metal Designation	%C	Recommended Preheat °F (°C)
Plain Carbon Steel	Plain carbon steel	Below.20	Up to 200 (Up to 95)
	Plain carbon steel	0.20-0.30	200-300 (95-150)
	Plain carbon steel	0.30-0.45	300-500 (150-260)
	Plain carbon steel	0.45-0.80	500-800 (260-425)
Carbon Moly Steel	Carbon moly steel	0.10-0.20	300-500 (150-260)
	Carbon moly steel	0.20-0.30	400-600 (204-315)
	Carbon moly steel	0.30-0.35	500-800 (260-425)
Manganese Steels	Silicon structural steel	0.35	300-500 (150-260)
	Medium Manganese steel	0.20-0.30	300-500 (150-260)
	SAE T 1330 steel	0.30	400-600 (204-315)
	SAE T 1340 steel	0.40	500-800 (260-425)
	SAE T 1350 steel	0.50	600-900 (315-482)
	12% Manganese Steels	1.25	Usually not required
High Tensile Steels	Manganese moly steel	0.20	300-500 (150-260)
	Manten steel	0.30 max	400-600 (204-315)
	Armco high Tensile steel	0.12 max	Up to 200 (Up to 95)
	Mayari R steel	0.20 max	Up to 300 (Up to 150)
	Nax high tensile	0.15-0.25	Up to 300 (Up to 150)
	Cromansil steel	0.14 max	300-400 (150-204)
	Corten steel	0.12 max	200-400 (95-204)
	Yoloy steel	0.05-0.35	200-600 (95-315)

جدول-۶۴ : ادامه پیشگرم برای قطعات براساس درصد کربن

Nickel Steel	SAE T 2015 steel	0.10-0.20	200-300 (95-150)
	SAE T 2115 steel	0.10-0.20	200-300 (95-150)
	2 1/2% nickel steel	0.10-0.20	200-400 (95-204)
	SAE T 2315, 2320 steel	0.15-0.20	200-500 (95-260)
	SAE T 2330, 2340 steel	0.30-0.40	400-600 (204-315)
Medium Nickel Chromium Steel	SAE 3115, 3125 steel	0.15-0.25	300-400 (150-204)
	SAE 3130, 3140 steel	0.30-0.40	500-700 (260-371)
	SAE 3150 steel	0.50	600-900 (315-482)
	SAE 3215, 3230 steel	0.15-0.30	400-600 (204-315)
	SAE 3240, 3250 steel	0.40-0.50	800-1000 (425-538)
	SAE 3315 steel	0.15	500-700 (260-371)
	SAE 3325, 3435 & 3450	0.25-0.50	900-1100 (482-593)
Moly Chromium & Chromium Nickel Steels	SAE 4140 steel	0.40	600-800 (315-425)
	SAE 4340 steel	0.40	700-900 (371-482)
	SAE 4615 steel	0.15	400-600 (204-315)
	SAE 4630 steel	0.30	500-700 (260-371)
	SAE 4640, 4820 steel	0.40-0.20	600-800 (315-425)
Low Chrome Moly Steels	2% Cr. - 1/2% Mo.steel	Up to 0.15	400-600 (204-315)
	2% Cr. - 1/2% Mo.steel	0.15-0.25	500-800 (260-425)
	2% Cr. - 1% Mo.steel	Up to 0.15	500-700 (260-371)
	2% Cr. - 1% Mo.steel	0.15 max	600-800 (315-425)
Medium Chrome Moly Steel	5% Cr. - 1/2% Mo. Steel	Up to 0.15	500-800 (260-425)
	5% Cr. - 1/2% Mo. Steel	0.15-0.25	600-900 (315-482)
	8% Cr. - 1% Mo. Steel	0.15 max	600-900 (315-482)
High Chrome Steels	12-14% Cr. type 410	0.10	300-500 (150-260)
	16-18% Cr. type 430	0.10	300-500 (150-260)
	23-30% Cr. type 446	0.10	300-500 (150-260)

The need for preheating increases as the following factors are changed.

1. The larger the mass being welded.
2. The lower the temperature of the parts.
3. The lower the atmospheric temperature.
4. The smaller the weld rod in diameter.
5. The greater the speed of welding.
6. The higher the carbon content of the steel.
7. The greater the alloy content.
8. The more complicated the shape.

پاراگراف QW-406.1 جزء متغیرات اساسی است و کاهش بیش از 55ºC نیاز به PQR جدید دارد. این کاهش چه زمان ممکن است رخ دهد؟

زمانی که PQR تهیه می شود دمای پیش گرم ثبت می شود و این دما باید در WPSمنعکس گردد، درانتقال دمای ثبت شده در PQR به WPS دو حالت اتفاق می افتد مطابق ذیل:

۱)- ممکن است افزایش یابد.

وقتی برای متریال P-No.1 دمای پیشگرم بنا به ضخامت کم باشد. مثلاً دمای پیشگرم برای ضخامت 15mm مطابق با Appendix R از استاندارد ASME Sec.VIII Div.1 دمای 10°C است. این دما در زمان تهیه PQR رعایت می شود و در گزارش PQR نیز ثبت می شود. هنگام نوشتن WPS با توجه به اینکه ضخامت قطعه 15mm #PQR است محدوده ضخامت از 5mm-30mm تعریف می شود. (زمانی که مدارک PQR و WPS برای ساخت مخازن تحت فشار بر اساس استاندارد ASME Sec.VIII Div.1 تهیه شود. در این استاندارد برای متریال P-No.1 محدوده ضخامت بالاتر از 38mm نیاز به عملیات PWHT دارد) بنابراین چون ضخامت از 25mm بیشتر گردید و با توجه به درصد کربن که اگر بیشتر از 0.30% باشد، دمای پیشگرم مطابق با Appendix R از دمای 10°C به دمای 79°C تغییر می یابد که در

اینجا افزایش دمایی بیش از 69°C = 10°C- 79°C بدست می آید که این افزایش دمای پیش گرم مورد تأیید است و نیاز به تهیه PQR جدید ندارد.

۲)- ممکن است کاهش یابد.

اگر مدارک PQR و WPS برای Piping بر اساس استاندارد ASME B31.3-2018 تهیه شود در جدول 330.1.1 دمای پیش گرم برای متریالهای مختلف با درصد کروم و ضخامتها متفاوت مشخص شده است

*- پاراگراف 330.1.1 (Requirements) : الزامات

به جزء در مواردی که طراحی مهندسی مشخص کرده است، حداقل درجه حرارت پیشگرمی برای متریال های با P-No. های مختلف در جدول 330.1.1 ذکر شده است. منظور از ضخامت در جدول 330.1.1 عبارتست از ضخامت اسمی جزء ضخیم تر [مطابق آنچه در پاراگراف (c) 330.1.1.3 تعریف شده]. حداقل درجه حرارت پیشگرمی بالاتر می تواند در WPS یا توسط طراحی مهندسی مشخص گردد.

بطور مثال: میزان درصد کربن (0.30 < %C) به همراه ضخامت متریال Material Thickness >25 mm دمای پیشگرم برابر با 95 ºC می باشد. باید در نظر داشت چنانچه ضخامت بیشتر از 25 mm باشد ولی درصد کربن متریال کمتر از 0.3 باشد دمای لازم برای پیشگرم 10 ºC است.

حال مطابق جدول 330.1.1 از استاندارد B31.3 با ویرایش سال 2018 اگر ضخامت PQR تهیه شده 31mm و درصد کربن از 0.30% بیشتر باشد و دمای پیش گرم ثبت شده در PQR دمای 130°C باشد؛ این PQR محدوده‌ی ضخامتی معادل بزرگتر از 5 mm و کوچکتر از 62mm را تأیید می کند.

توجه مهم : در چنین شرایطی برای مشخص کردن دمای پیش گرم در WPS می توان دمای ثبت شده در PQR را کاهش داد اما این کاهش نباید بیشتر از 55ºC درجه باشد. مثلاً برای این نمونه می توان برای ضخامتهای بزرگتر از 25 mm و کوچکتر از 62 mm دمای 100ºC را در WPS قید کرد در اینجا ما به میزان 30ºC کاهش دما داریم که اهمیتی ندارد.

نتیجه : هنگام نوشتن WPS در قسمت مربوط به دمای پیشگرم باید دقت کرد از دمای ثبت شده‌ی PQR نباید بیشتر از 55ºC کاهش دما داشته باشیم اما نسبت به دمای ثبت شده‌ی PQR می توان در WPS بیشتر از 55ºC افزایش دما داشته باشیم.

روش نوشتن در WPS:

اگر دمای پیشگرم در هنگام تهیه PQR دمای 130ºC باشد می توان در WPS با توجه به محدوده ضخامتی که تعریف می شود یعنی بزرگتر از 25 mm و کوچکتر از 62 mm چنین نوشت:

جدول-۶۵ : روش نوشتن وضعیت دمای پیشگرم در WPS

QW-406 PREHEAT	
PREHEAT TEMPRATURE (min) :	100°C
INTER PASS TEMPRATURE (max) :	250 °C
PREHEAT MAINTENANCE :	N/A

کاهش دمای 30ºC ایراد و اشکالی ندارد زیرا از 55ºC بیشتر نشده است.

در چنین شرایطی بعضاً اشتباهی صورت می گیرد و برای ضخامت زیر 25 mm دمای 10ºC و برای ضخامت بالاتر از 25mm دمای 100ºC را پیشنهاد می کنند که در چنین حالتی چون در دمای 130ºC که دمای پیشگرم درمرحله‌ی ثبت PQR می باشد نسبت به دمای 10ºC که در WPS قید شده است به میزان حدود 120ºC کاهش دما ایجاد شده است نیاز به انجام PQR جدید می باشد.

در استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1-App. R و نیز استاندارد ASME B31.3 Table-330.1.1 برای متریالهای مختلف دمای پیش گرم قید شده است. علاوه بر این استانداردها، ممکن است در مشخصات فنی هر پروژه (Specification) دمای پیش گرم نیز مشخص گردد. در چنین شرایطی ملاک دمای پیشگرم، دمای پیشنهاد شده در مشخصات فنی پروژه می باشد. برای مثال به جدول زیر که مربوط به دمای پیشگرم پیشنهادی در مشخصات فنی پروژه TOTAL-2013 است دقت شود:

TOTAL

General Specification	GS EP PVV 611
Welding of pressure containing piping and equipment	

Rev.: 07	Effective date: 09/2013	Page: 16 of 38

9. Preheating

The following requirements shall apply in addition to those specified in the applicable Code. In case of discrepancy, the more stringent requirement shall apply, unless otherwise agreed by the Company prior to qualification of the welding procedures. Preheat temperatures higher than those specified herein may be required during the qualification tests in order to meet contractual requirements such as hardness levels, or to prevent from cold cracking (particularly in the case of highly restrained welds).

The preheating which has been qualified in the applicable WPS shall apply not only to welding, but also to all thermal operations such as thermal cutting, arc-air gouging, and also tack-welding.

شکل-۱۷۵ : مبحث پیشگرم در TOTAL Specification

***- پاراگراف 9 – پیشگرمی Preheating

الزامات زیر علاوه بر الزاماتی که در کُد مشخص شده و قابل کاربرد می باشد، می بایستی بکار برده شوند. در خصوص موارد اختلاف، الزامات سخت تر باید اعمال شود مگر اینکه بطور دیگری قبل از تأیید شدن WPS با کارفرما توافقی صورت گرفته باشد. دماهای پیشگرمی بیشتر از آنچه که در اینجا مشخص شده است ممکن است در خلال تأیید نمودن PQR برای تطابق با الزامات قرار داد همچون میزان سختی، یا برای جلوگیری از ترک سرد مورد نیاز باشد (بویژه در خصوص جوشهای مهار شده).

پیشگرمی که در WPS مورد استفاده، تأیید شود نه تنها بایستی برای جوش اعمال گردد بلکه بایستی برای کلیه‌ی عملیات های حرارتی همچون برشکاری حرارتی، جوشکاری تک خال و گوجینگ بکار رود. در مونتاژ کردن جوش فلزات پایه متفاوت یا غیر همجنس بایستی بیشترین دمای پیشگرمی لحاظ شده برای هر متریال ملاک قرار گیرد.

a) – برای کربن استیل و فولادهای کربنی کم آلیاژ، دمای پیشگرمی نباید کمتر از موارد زیر باشد:

- 50Cº وقتی از بین بردن رطوبت نیاز می باشد. وقتی از بین بردن رطوبت کاربردی ندارد حداقل دمای پیشگرمی فلز باید برای الکترودهای کم هیدروژن 0Cº و برای انواع دیگر الکترودها 10Cº باشد.

- وقتی ضخامت فلز پایه بیشتر از 25 mm باشد یا وقتی مقدار کربن معادل بیشتر از 0.420 باشد.

نکته: کربن معادل در واقع CE است و از طریق فرمول IIW محاسبه می شود:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

(این فرمول فقط برای متریالهای کربن استیل بکار می رود.)

b) – دمای پیشگرمی برای دیگر متریالهای فریتی بایستی مطابق آنچه که در جدول 1 نشان داده شده است، باشد.

یادداشت (1): در جوشکاری سیستم لوله کشی، دمای پیشگرمی $95C^o$ فقط برای ضخامت های تا 10 mm قابل قبول است.

جدول-۶۶ : دمای پیشگرم پیشنهادی در TOTAL Specification

In weld assembly of dissimilar or different base materials, preheat temperature shall be the highest of those which are requested for each material.

a) For carbon steel and low alloy carbon steels, preheat temperatures shall not be less than:

- 50°C: When only moisture removal is required. When moisture removal is not applicable, minimum temperature of metal shall be 0°C for low hydrogen electrodes and 10°C for other types.
- 100°C: When the base material thickness exceeds 25 mm, or when the carbon equivalent value exceeds 0.420.

  Note: Carbon equivalent CE is to be calculated from the IIW formula:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

  (The formula applies to carbon steel material only)

b) Preheat temperatures for other ferritic materials shall be as shown in Table 1.

Table 1 - Minimum preheat temperatures for ferritic steel materials

Steel Material (Nominal analysis)	Minimum preheat temperature (Degrees Celsius)
Carbon - Molybdenum	100
1/2 Cr - 1/2 Mo	100
1 Cr - 1/2 Mo	150
1 1/4 Cr - 1/2 Mo	150
2 ¼ Cr - 1	200
5 Cr - 0,5 Mo	200
3 1/2 Ni	150 (1)

Note (1): For piping welding, preheat at 95°C only is acceptable for thicknesses up to 10 mm.

c) – برای متریالهای استنلس استیل پیشگرمی نیاز نمی باشد.

d) – در سیستم لوله کشی، پیشگرمی با استفاده از مشعل پروپان فقط برای کربن استیل با قطرهای کمتر از 250mm و نیز ضخامت های کمتر از 30mm قابل قبول می باشد. بعنوان مثال دیگر یک مقاومت الکتریکی بایستی استفاده گردد و نمودار نتایج آن بایستی ثبت گردد.

c) For austenitic stainless materials, preheating is not required.

d) For Piping, preheating using propane torch is accepted only for carbon steel, diameter < 250 mm and w.t. < 30 mm. In other instances, an electrical resistance shall be used and resulting curves shall be recorded.

e) The required minimum preheat temperature shall be applied to the whole length of joint to be welded and shall be maintained until the weld is completed. Application of preheat when using gas burners shall avoid deposition of carbon. The minimum preheat temperature shall be established for a sufficient distance either side of the joint to avoid unsatisfactory thermal gradient. This distance shall not be less 75 mm each side of the joint.

f) The preheat temperature shall be measured on the face opposite to that being heated when possible. When this is not possible, allowance shall be made for temperature equalisation, e.g. remove heat source and allow period of one minute for each 25 mm thickness of material to elapse, before measuring temperature.

شکل-۱۷۶ : ادامه‌ی مبحث پیشگرم در TOTAL Specification

چند تصویر از پیشگرمی با استفاده از مشعل پروپان:

شکل-۱۷۷ : پیشگرمی با استفاده از مشعل پروپان

e) – حداقل دمای پیشگرمی مورد نیاز بایستی برای تمام طول جوش اتصال جوشکاری شده بکار رود و تا زمانی که جوش کامل می گردد بایستی برقرار باشد. به هنگام استفاده از مشعل های گازی برای پیشگرمی بایستی از رسوب کربن اجتناب نمود. حداقل دمای پیشگرمی بایستی در فواصل مناسب در اطراف جوش انجام گردد تا از افت حرارتی نامناسب جلوگیری گردد. این فواصل نباید کمتر از 75mm از هر سمت اتصال باشد.

f) – چنانچه امکان دارد دمای پیشگرمی بایستی از قسمت مقابلی که گرم شده است (حرارت دیده است) اندازه گیری گردد. چنانچه این امکان وجود نداشته باشد، قبل از اندازه گیری دما بایستی برای محاسبه آن، کاهش دما را انجام داد بطور نمونه منبع گرما را برداشته و به ازای هر 25mm ضخامت متریال به مدت یک دقیقه اجازه کاهش دما می دهیم سپس دمای پیشگرمی را اندازه گیری می کنیم.

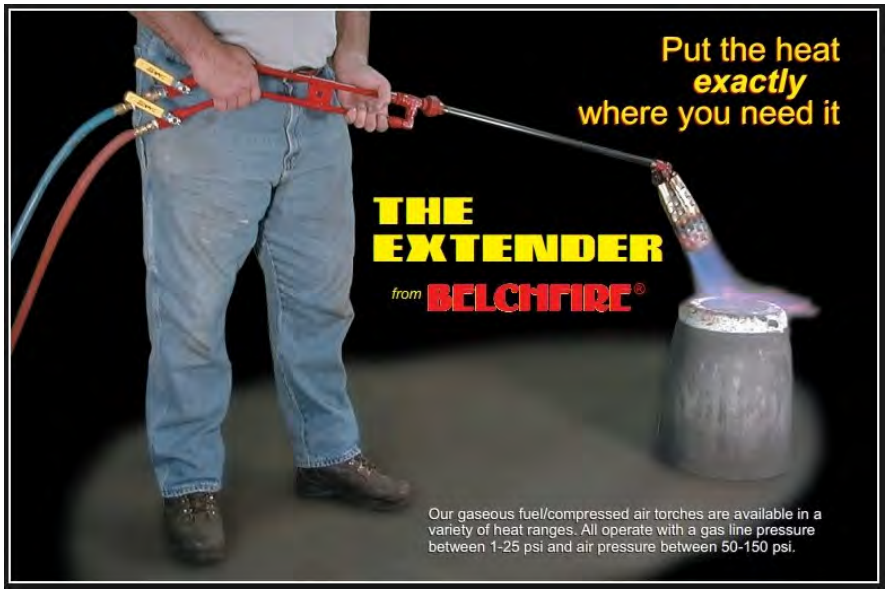
g) Measurement of preheat and interpass temperatures shall be done by temperature indicating crayons, contact pyrometer or other approved method of temperature measurement. Whatever method to be used it shall be stated on the welding procedure qualification and subject to approval by the Engineering Company. Maximum and minimum temperatures shall be specified. Temperature indicating crayons shall not be applied to surfaces where weld metal is to be deposited.

شکل-۱۷۸ : ادامه‌ی مبحث پیشگرم در TOTAL Specification

g) – اندازه گیری دمای پیشگرمی و دمای بین پاسی بایستی بوسیله گچ های حرارتی، گرماسنج یا دیگر روشهای مورد تأیید برای اندازه گیری دما انجام گیرد. هر روشی که استفاده می گردد بایستی در WPS نوشته شود و برای تأیید به

مهندسی کارفرما ارائه گردد. حداقل و حداکثر دماها بایستی مشخص باشند. گچ های حرارتی نباید بر روی سطوحی که فلز جوش رسوب یافته است اعمال شوند.

شکل-۱۷۹ : پیشگرمی با استفاده از مشعل پروپان



شکل-۱۸۰ : پیشگرمی با استفاده از مشعل پروپان

***- دمای پیش گرم با ابزارهای مخصوصی کنترل می شوند.**

برای کنترل دمای پیشگرم از گچ حرارتی Tempil Stick استفاده می شود که این گچها به دو صورت عمل می کنند برخی از آنها دمای مورد نظر را با تغییر رنگ نشان می دهند و برخی دیگر دمای فلز را با ذوب شدن در حرارت نشان می دهند.

Tempilstik
Temperature Indicators

Temperature indicating sticks have been one of the most-used and trusted ways to obtain fast, accurate and economical temperature readings in some of the world's toughest environments. Each unique, stick has been formulated to melt at a specific temperature for easy visual identification and is accurate to ± 1% of the rated temperature for guaranteed accuracy with no calibration required.

شکل-۱۸۱ : گچ حرارتی Tempil Stick

شاخص های دما: میله های (گچهای حرارتی) شاخص دما، یکی از روشهای پرکاربرد و قابل اعتماد برای دستیابی سریع بوده است. قرائت دقیق و اقتصادی دما در برخی از سخت ترین محیط های جهان. هر میله (گچ حرارتی) منحصر به فرد برای ذوب در دمای مشخصی برای شناسایی آسان بصری فرموله شده است و تضمین شده و با دقت 1% ± دما نیاز به کالیبراسیون ندارد.

شکل-۱۸۲ : گچ حرارتی Tempil Stick

- ❋ QW-406.2- ø Preheat maintenance

QW-406 PREHEAT

QW-406.2 A change in the maintenance or reduction of preheat upon completion of welding prior to any required postweld heat treatment.

شکل-۱۸۳ : پاراگراف QW-406.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : (جزء متغیرات غیر اساسی است) تغییر در درجه حرارت نگهداری یا کاهش درجه حرارت پیشگرم پس از کامل شدن جوشکاری و قبل از انجام هرگونه عملیات تنش زدایی PWHT مورد لزوم.

توضیح : بعضی از متریالها بنا به ساختاری که دارند لازم است دمای پیش گرم آنها تا قبل از عملیات حرارتی PWHT حفظ شود. برای نمونه به شرایط زیر برای متریالهای P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 6, and 15E توجه شود.

330.2 Specific Requirements

330.2.2 Interruption of Welding. After welding commences, the minimum preheat temperature shall be maintained until any required PWHT is performed on P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 6, and 15E, except when all of the following conditions are satisfied:

(a) A minimum of at least 10 mm (⅜ in.) thickness of weld is deposited or 25% of the welding groove is filled, whichever is less (the weld shall be sufficiently supported to prevent overstressing the weld if the weldment is to be moved or otherwise loaded). Caution is advised that the surface condition prior to cooling should be smooth and free of sharp discontinuities.

(b) For P-Nos. 3, 4, and 5A materials, the weld is allowed to cool slowly to room temperature.

(c) For P-Nos. 5B, 6, and 15E materials, the weld is subjected to an adequate intermediate heat treatment with a controlled rate of cooling. The preheat temperature may be reduced to 95°C (200°F) (minimum) for the purpose of root examination without performing an intermediate heat treatment. Intermediate heat treatprocedures to avoid contamination by hydrogen-producing sources. The surface of the base metal prepared for welding shall be free of contaminants.

(d) After cooling and before welding is resumed, visual examination of the weld shall be performed to assure that no cracks have formed.

(e) Required preheat shall be applied before welding is resumed.

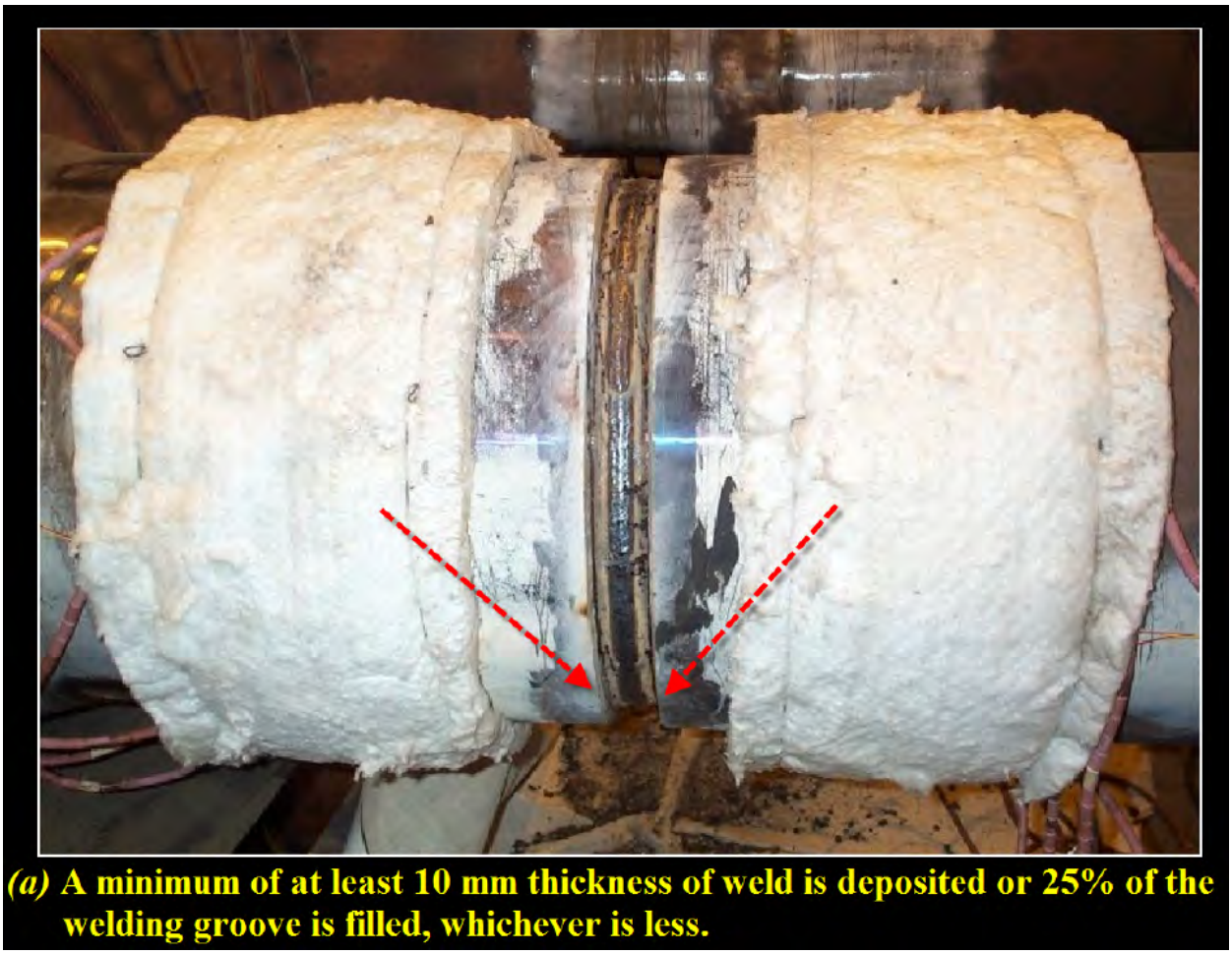
شکل-۱۸۴ : پاراگراف 330.2 مطابق ASME B31.3-2018

*- پاراگراف 330.2 (Specific Requirements): الزامات خاص

*- پاراگراف 330.2.2 (Interruption of Welding): انقطاع در عملیات جوشکاری

بعد از اینکه جوشکاری شروع شد، جوش باید تا حداقل درجه حرارت پیشگرمی گرم نگه داشته شود تا تنش زدایی (PWHT) های لازم برای متریال های با P-Nos. 3, 4, 5A, 5B, 6, and 15E انجام شود به استثناء زمانیکه تمامی شرایط زیر فراهم باشد:

(a) – حداقل (.in $\frac{3}{8}$) 10 mm یا 25% درصد ضخامت جوش شیاری، هر کدام که کوچکتر است، رسوب داده شده باشد (اگر قطعه‌ی جوشکاری شده باید جابجا شود، یا متحمل باری گردد، جوش باید به اندازه‌ی کافی ساپورت شود تا از اعمال تنش اضافه بر آن ممانعت به عمل آید). توصیه می گردد احتیاط شود که شرایط سطحی جوش قبل از سرد شدن صاف و عاری از ناپیوستگی های تیز باشد.



شکل-۱۸۵ : جوش شدن 10 میلیمتر یا 25% از ضخامت قطعه

(b) – برای متریال های P-Nos. 3, 4, and 5A ، جوش می تواند تا درجه حرارت محیط به آهستگی سرد گردد.

(c) – برای متریال های P-Nos. 5B, 6, and 15E ، جوش در معرض یک تنش زدائی میانی مناسب با سرعت سرد شدن کنترل شده قرار گرفته و به منظور بررسی و آزمایش جوش، درجه حرارت پیشگرمی می تواند تا حداقل 95°C (200°F) کاهش یابد بدون اینکه عملیات حرارتی میانی انجام شود.

(d) – بعد از سرد شدن و قبل از شروع مجدد جوشکاری، بازرسی چشمی جوش باید انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ ترکی تشکیل نشده است.

(e) – پیشگرمی لازم باید قبل ازشروع جوشکاری صورت بگیرد.

***- چنانچه به چنین شرایطی نیاز باشد در مشخصات فنی هر پروژه ای(Specification) مشخص می شود. برای نمونه به شرایط زیر که در Spec قدیمیه (1992) شرکت TOTAL قید شده، توجه شود.

(d) – برای متریالهای فریتی، وقتی درجه حرارت پیشگرم مورد نیاز 200ºC یا بیشتر است و برای ضخامتهای بیشتر از 50mm، فلز باید در درجه حرارت پیش گرم نگاه داشته شود تا جوش PWHT شود. به عنوان راهکار جایگزین، قبل از اینکه جوش سرد شود باید عملیات خارج شدنِ هیدروژن در آن انجام شود. این عملیات باید شامل گرم کردن جوش تا حداقل 250ºC و نگهداشتن آن به مدت 4 ساعت و سپس سرد کردن آهسته آن در زیر لایه های ضخیم عایق تا درجه حرارت محیط باشد. برای درجه حرارت پیش گرم کمتر، اتصال باید کامل شده و با پوشاندن اتصال بوسیله ی لایه های عایق، سرعت سرد کردن به حداقل رسانده شود.

TOTAL TEP/DDP	**WELDING OF PRESSURE CONTAINING PIPING AND EQUIPMENT**	SP - TCS - 611 Page 22 of 29 Date : July 1992

8 - PREHEATING

The following requirements shall apply in addition to those specified in the applicable ASME or ANSI B31.3 standard.

d) For ferritic materials, when the required preheat temperature is 200°C or higher, and for thicknesses greater than 50 mm, the metal shall be maintained at preheat temperature until the weld is postweld heat treated. Alternatively, the weld shall be given a hydrogen diffusion treatment before allowing any cooling. This treatment shall consist of heating to 250°C minimum, holding for four hours, then slowly cooling under thick dry insulation blankets to ambient temperature. For lower preheat temperatures, the joint shall have been completed and the cooling rate minimized by wrapping the joint in dry insulating blankets.

شکل-۱۸۶ : پاراگراف (d) 8 از TOTAL Specification-1992 در زمینه‌ی نگهداری دمای پیشگرم

*- با توجه به پاراگراف فوق مشخص می شود که لازمه‌ی نگهداری دما (Maintenance Temperature) به چند پارامتر بستگی دارد از جمله:

۱)- مشخص کردن نوع متریال و ضخامت متریال

۲)- مشخص کردن دمای پیش گرم

۳)- مشخص کردن دمای نگهداری

۴)- مشخص کردن زمان نگهداری

پس از رعایت پارامترهای فوق، دما و زمان پیشگرمی در WPSبه شکل زیر منعکس می شود:

جدول-۶۷ : روش نگارش دمای نگهداری Maintenance در مدرک WPS

QW-406 PREHEAT	
PREHEAT TEMPRATURE (min) :	**200 ºC**
INTER PASS TEMPRATURE (max) :	**260 ºC**
PREHEAT MAINTENANCE (min) :	**250ºC for 4hr**

*- QW-406.3- Increase > 100°F (55°C)(IP)

(متغیر اساسی تکمیلی است)

QW-406 PREHEAT

QW-406.3 An increase of more than 100°F (55°C) in the maximum interpass temperature recorded on the PQR. This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

شکل-۱۸۷ : پاراگراف QW-406.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : افزایش بیش از 100ºF (55ºC) در حداکثر درجه حرارت بین پاسی گزارش شده در PQR . وقتی WPS با PWHT در بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی تأیید شده باشد یا وقتی یک متریال آستنیتی یا P-No.-10H بعد از جوشکاری با عملیات Solution Annealed انجام شده باشد این متغیر کاربرد ندارد.

توضیح : افزایش درجه حرارت بین پاسی یک متغیر اساسی تکمیلی است. یعنی وقتی به تست ضربه نیاز باشد افزایش درجه حرارت بین پاسی نسبت به دمای بین پاسی که در هنگام تهیه PQR ثبت شده است جزء متغیرات اساسی محسوب می شود و تغییر در آن از محدوده‌ی مشخص شده به PQR جدید نیاز دارد. یعنی چنانچه نسبت به دمای بین پاسی مشخص شده در WPS بیشتر از 100ºF (55ºC) درجه حرارت افزایش وجود داشته باشد به PQR جدید نیاز می باشد.

البته همان طور که در پاراگراف قید شده است چنانچه این WPS با انجام عملیات PWHT در بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی تأیید شده باشد یا برای متریال آستنیتی یا P-No.-10H که پس از جوشکاری با عملیات Solution Annealed شده باشد این تغییر افزایش دمای بین پاسی در مقابل دمای بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی و نیز Solution Annealed عملاً کاربردی ندارد.

توجه : قبلاً در مورد دمای بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی و Solution Annealed توضیح داده شده است.

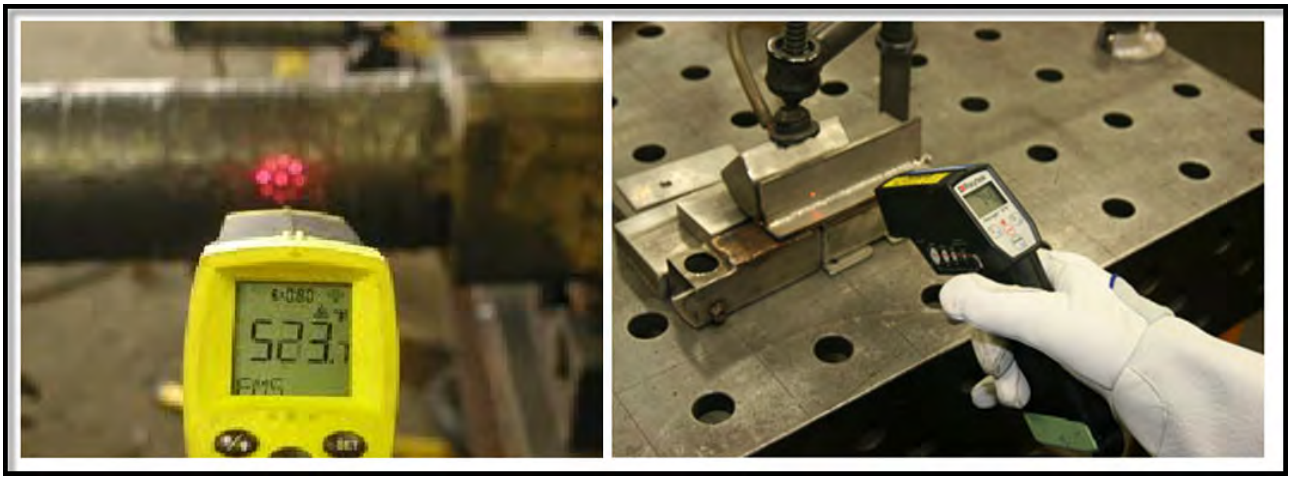
دمای بین پاسی در WPSبه شکل زیر نوشته می شود:

جدول-۶۸ : روش نگارش دمای بین پاسی در مدرک WPS

QW-406 PREHEAT	
PREHEAT TEMPRATURE (min)	: 80 °C
INTER PASS TEMPRATURE (max)	: 250 °C
PREHEAT MAINTENANCE (min)	: N / A

کنترل دمای بین پاسی:

برای کنترل دمای بین پاسی از پیرومتر های دیجیتالی (Digital Pyrometers) ، یا ترمومترهای تماسی (Contact Thermometer) استفاده می گردد.



شکل-۱۸۸ : پیرومتر های دیجیتالی(Digital Pyrometers)

API RECOMMENDED PRACTICE 582

8 Preheating and Interpass Temperature

8.4 The maximum interpass temperature shall be specified in the WPS and PQR for austenitic stainless steels, duplex stainless steels, and non-ferrous alloys and when impact testing is required for carbon and low-alloy steels. Table 4 provides recommended interpass temperatures.

شکل-۱۸۹ : پاراگراف 8 مطابق API 582 -2016

ترجمه‌ی پاراگراف 8.4 از استاندارد API-RP-582 : در WPSو PQR وقتی فولادهای زنگ نزن آستنیتی، و فولادهای زنگ نزن داپلکس (دو فازی) و آلیاژهای غیر آهنی و همچنین فولادهای کم آلیاژ و کربن استیل به تست ضربه نیاز دارند، باید حداکثر دمای بین پاسی مشخص شود. در جدول 4 دمای پیشنهادی بین پاسی تهیه شده است.

*- در جدول 4 از استاندارد API-RP-582 برای متریالهای مختلف دمای بین پاسی مشخص شده است.

جدول-۶۹ : جدول 4 مطابق API 582 -2016

Table 4—Recommended Maximum Interpass Temperatures

Material Group	Maximum Interpass Temperature
P-No. 1 (carbon steels)	600 °F (315 °C)
P-No. 3, P-No. 4, P-No. 5A, P-No. 5B, P-No. 5C, and P-No. 15E (low-alloy steels)	600 °F (315 °C)
P-No. 6 (Type 410)	600 °F (315 °C)
P-No. 6 (CA6NM)	650 °F (345 °C)
P-No. 7 (Type 405/410S)	500 °F (260 °C)
P-No. 8 (austenitic stainless steel)	350 °F (175 °C)
P-No. 10H (duplex and super duplex stainless steels)	Refer to Table 5
P-No. 11A, Group 1	350 °F (175 °C)
P-No. 41, P-No. 42	300 °F (150 °C)
P-No. 43, P-No. 44, and P-No. 45	350 °F (175 °C)

*- در جدول 5 از استاندارد API-RP-582 برای متریالهال استنلس استیل از نوع Duplex and Super Duplex دمای بین پاسی مشخص شده است.

جدول-۷۰ : جدول 5 مطابق API 582 -2016

Table 5—Maximum Recommended Interpass Temperatures for Duplex and Super Duplex Stainless Steels

Base Metal or Component Thickness	Maximum Interpass Temperature	
	Duplex Stainless Steel (e.g. UNS S32205)	Super Duplex Stainless Steel (e.g. UNS S32750)
< 1/8 in. (3 mm)	120 °F (50 °C)	120 °F (50 °C)
< 1/4 in. (6 mm)	160 °F (70 °C)	160 °F (70 °C)
< 3/8 in. (9.5 mm)	210 °F (100 °C)	210 °F (100 °C)
> or = 3/8 in. (9.5 mm)	300 °F (150 °C)	250 °F (120 °C)
NOTE For P-No. 10H material, the production interpass temperature shall not exceed the interpass temperature used during procedure qualification.		

۷-۲- QW-407- PWHT

جدول-۷۱ : پاراگراف QW-407 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT	X		
	.2	ø PWHT (T & T range)		X	

*- QW-407.1- ø PWHT

(جزء متغیرات `اساسی است)

QW-407 POSTWELD HEAT TREATMENT

QW-407.1 A separate procedure qualification is required for each of the following:

(a) For P-Numbers 1 through 6 and 9 through 15E materials, the following postweld heat treatment conditions apply:

(1) no PWHT

(2) PWHT below the lower transformation temperature

(3) PWHT above the upper transformation temperature (e.g., normalizing)

(4) PWHT above the upper transformation temperature followed by heat treatment below the lower transformation temperature (e.g., normalizing or quenching followed by tempering)

(5) PWHT between the upper and lower transformation temperatures

(b) For all other materials, the following postweld heat treatment conditions apply:

(1) no PWHT

(2) PWHT within a specified temperature range

شکل-۱۹۰ : پاراگراف QW-407.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-407.1- ø PWHT تغییر در عملیات تنش زدایی:

ترجمه : برای هر یک از موارد زیر باید PQR جداگانه ای تهیه شود:

(a) – برای متریالهای P-No.-1 تا P-No.-6 و P-No.-9 تا P-No.-15E وضعیت انجام PWHT به شرح زیر است:

(1)- PWHT انجام نمی شود.

(2)- PWHT در زیر (Lower Transformation Temperature) درجه حرارت استحاله فازی پایینی انجام میشود.

(3)- PWHT در بالاتر از (Upper Transformation Temperature) درجه حرارت استحاله فازی بالایی انجام می

شود. (بطور مثال نرمالیزه کردن)

(4)- PWHT در بالاتر از (Upper Transformation Temperature) درجه حرارت استحاله فازی بالایی انجام می شود و بدنبال آن یک عملیات حرارتی (Lower Transformation Temperature) در زیر درجه حرارت استحاله فازی پایینی انجام می شود (بطور مثال نرمالیزه کردن یا کوئینچ کردن و سپس تمپر کردن).

(5)- PWHT در درجه حرارت میان (Upper Transformation Temperature) درجه حرارت استحاله فازی بالایی و (Lower Transformation Temperature) درجه حرارت استحاله فازی پایینی انجام میشود.

(b)- برای تمام متریالهای دیگر وضعیت انجام PWHT به شرح زیر است:

(1)- PWHT انجام نمی شود.

(2)- PWHT در محدوده‌ی درجه حرارت مشخص شده انجام می شود.

نکته مهم : -پاراگراف QW-407.1 جزء متغیرات اساسی است یعنی تغییر در آن به PQR جدید نیاز دارد.

توضیح : انجام عملیات تنش زدایی PWHT در مخازن تحت فشار Pressure Vessel و سیستم های لوله کشی صنعتی Piping به پارامترهای متفاوتی بستگی دارد که از آن جمله می توان پارامترهای زیر را ذکر نمود:

۱)- سرویس (در Pressure Vessel سرویس مواد کُشنده و سرویس دارای دمای منفی در حدود (-48°C) و در Piping سرویسهای NACE)

۲)- جنس متریال

۳)- ضخامت متریال

۴)- عملیات فرمینگ سرد مطابق با استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1-UCS-79

۵)- فرآیند جوشکاری در مخازن تحت فشار مطابق با استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1-UCS 68

پارامترهای فوق اصولاً نیازمند بودن انجام عملیات تنش زدایی را مشخص می کنند. برای انجام یک PQR که لازم است پس از جوشکاری عملیات تنش زدایی (PWHT) بر روی آن اعمال گردد باید دقت شود که با توجه به مطالب مندرج در پاراگراف QW-407.1 می بایست برای هر کدام از آن شرایط، یک PQR جداگانه تهیه شود.

در پاراگراف QW-407.1 از واژه های Upper Transformation و Lower Transformation بطور مکرر استفاده شده است. ابتدا در نمودار آهن – کربن موقعیت این دو استحاله فازی را مشخص کنیم:

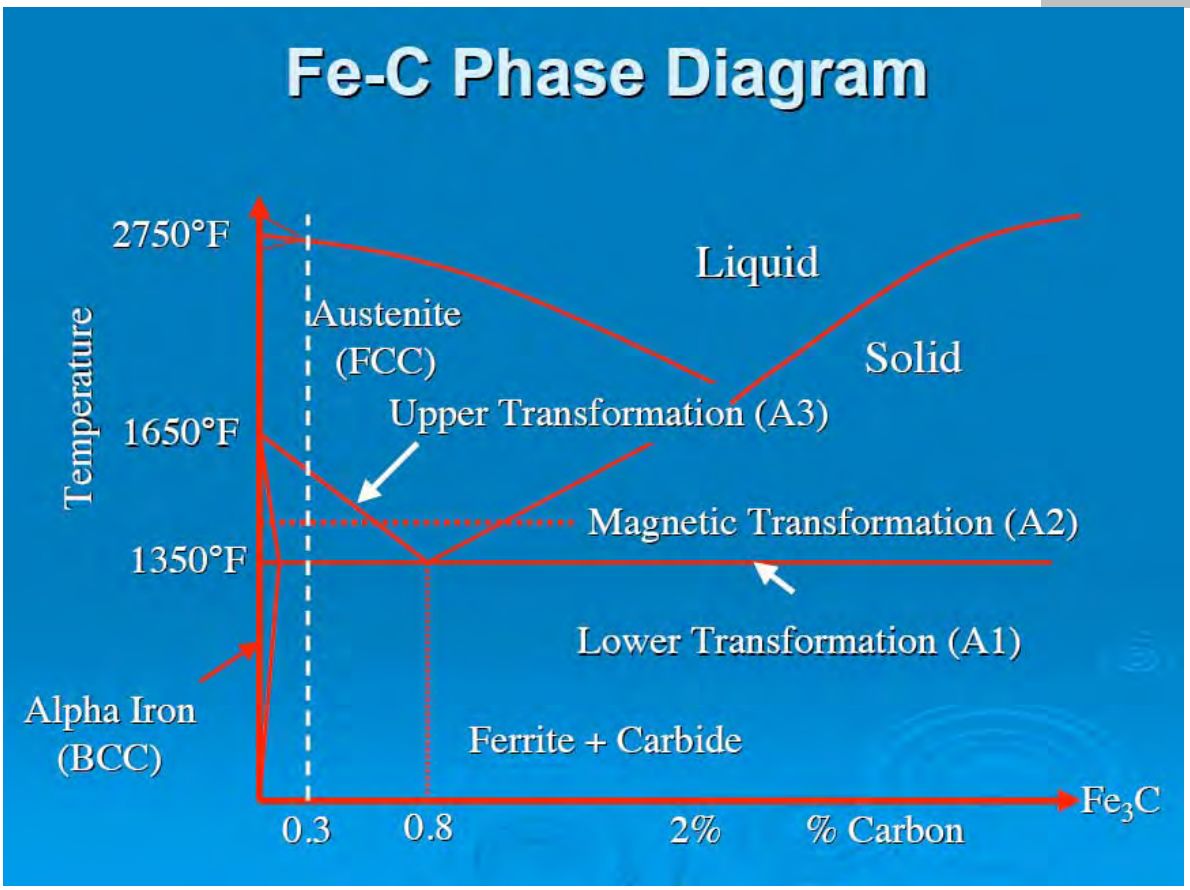
Lower Transformation Temperature: محدوده دمایی این استحاله فازی که در نمودار آهن-کربن با A1 مشخص شده است 1350 ºF (732 ºC) است و معمولاً عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری (PWHT) در پایین تر از این دما انجام می شود.

Upper Transformation Temperature: محدوده دمایی این استحاله فازی که در نمودار آهن-کربن با A3 مشخص شده است 1650 ºF (900 ºC) است و معمولاً در این محدوده دمایی عملیات نرمالیز (Normalizing) و آنلینگ (Annealing) انجام می شود

*- پس از آنکه مشخص گردید PQR تهیه شده برای متریالهای P-No.-1 تا P-No.-6 و P-No.-9 تا P-No.-15E بنا به هر دلیلی بایستی تحت عملیات تنش زدایی PWHT قرار بگیرند، مطابق با پاراگراف QW-407.1 در قسمت (a) برای هر شرایطی که عملیات جوشکاری انجام می شود باید بصورت جداگانه یک PQR تهیه شود. شرایط مذکور به شرح زیر می باشند:

۱)- شرایطی که قطعه PQR نیاز به PWHT نداشته باشد. برای چنین حالتی باید یک PQR جداگانه تهیه شود.

نکته‌ی مهم: انجام دادن PWHT یا انجام ندادن PWHT جزء متغیرات اساسی است و تغییر در آن به PQR جدید نیاز دارد. بعبارتی دیگر یک PQR که با عملیات PWHT تأیید شده است الزاماً یک PQR که نیاز به عملیات PWHT ندارد را تأیید نمی نماید.



شکل-۱۹۱ : نمودار آهن-کربن

۲)- شرایطی که قطعه PQR نیاز به PWHT داشته باشد و این عملیات در زیر محدوده‌ی Lower Transformation یا طبق نمودار آهن- کربن در زیر درجه حرارت استحاله فازی پایینی یعنی محدوده‌ی A1 انجام شود. برای چنین شرایطی باید یک PQR جداگانه تهیه شود. معمولاً تنش زدایی بعد از جوشکاری PWHT در دمایی زیر دمای محدوده‌ی A1 انجام می شود.

۳)- شرایطی که قطعه PQR نیاز به PWHT داشته باشد و این عملیات در بالای محدوده‌یUpper Transformation یا طبق نمودار آهن- کربن در بالای درجه حرارت استحاله فازی بالایی یعنی محدوده‌ی A3 انجام شود. برای چنین شرایطی باید یک PQR جداگانه تهیه شود. معمولاً نرمالیز (Normalizing) در دمایی بالای دمای محدوده‌ی A3 انجام می شود.

۴)- شرایطی که قطعه PQR نیاز به PWHT داشته باشد و در بالای محدوده‌ی Upper Transformation یا طبق نمودار آهن- کربن در بالای درجه حرارت استحاله فازی بالایی یعنی محدوده‌ی A3 انجام شود سپس بدنبال آن یک عملیات حرارتی (Lower Transformation Temperature) در زیر درجه حرارت استحاله فازی پایینی انجام شود (بطور مثال نرمالیز کردن یا کوئینچ کردن و سپس تمپر کردن). برای چنین شرایطی باید یک PQR جداگانه تهیه شود.

(5)- شرایطی که قطعه PQR نیاز به عملیات PWHT در درجه حرارت میان درجه حرارت استحاله فازی بالایی (Upper Transformation Temperature) و درجه حرارت استحاله فازی پایینی (Lower Transformation Temperature) داشته باشد.

نکته‌ی مهم :

■- Heating Rate & Cooling Rate

- برای انجام عملیات PWHT بر روی یک PQR داشتن اطلاعاتی در مورد نرخ گرم کردن (Heating Rate)، حداقل زمان نگهداشتن در دما Minimum Holding Time at Temperature و نرخ سرد کردن (Cooling Rate) ضروری می باشد. این اطلاعات را از کجا می توان بدست آورد؟

برای بدست آوردن اطلاعات مربوط به نرخ گرم کردن (Heating Rate) و نرخ سرد کردن (Cooling Rate) می توان به سه استاندارد مشخص شده در زیر مراجعه کرد :

ASME Section VIII-Div. 1- Paragraph UCS-56 (d)(2)

ASME B31.3-Paragraph: 331.1.4 Heating and Cooling

IPS-C-PI-290- Paragraph 12.1.4 ~ 12.1.6

⁎- Heating Rate in ASME Section VIII-Div. 1

۱)- در استاندارد ASME Section VIII-Div. 1- Para. UCS-56 (d)(2) نرخ گرم کردن (Heating Rate) برای مخازن تحت فشار (Pressure Vessels) به شرح زیر می باشد:

⁎- پاراگراف UCS-56 (d)(2) :

(d) – تنش زدایی(PWHT) باید بوسیله‌ی یکی از روشهای ارائه شده در UW-40 و مطابق با الزاماتی که در زیر آورده شده است اجراء گردد.

(1)- درجه حرارت کوره در زمانیکه مخزن یا بخشی هایی از آن در کوره قرار می گیرند نباید بیشتر از 800°F(425°C) باشد.

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(d) The operation of postweld heat treatment shall be carried out by one of the procedures given in UW-40 in accordance with the following requirements:

(1) The temperature of the furnace shall not exceed 800°F (425°C) at the time the vessel or part is placed in it.

(2) Above 800°F (425°C), the rate [76] of heating shall be not more than 400°F/hr (222°C/h) divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 400°F/hr (222°C/h). During the heating period there shall not be a greater variation in temperature throughout the portion of the vessel being heated than 250°F (140°C) within any 15 ft (4.6 m) interval.

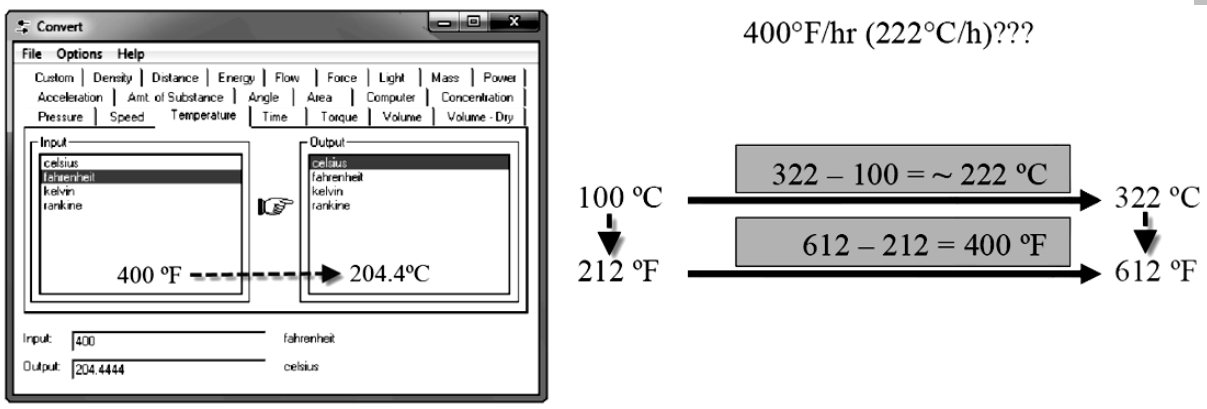
76 The rates of heating and cooling need not be less than 100°F/hr (56°C/h). However, in all cases consideration of closed chambers and complex structures may indicate reduced rates of heating and cooling to avoid structural damage due to excessive thermal gradients.

شکل-۱۹۲ : پاراگراف UCS-56 (d)(2) مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

(2)- در دمای بالاتر از 800°F(425°C) ، سرعت گرم کردن نباید بیشتر از 400°F(222°C)[76] بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بدنه یا کلگی بر حسب اینچ باشد. ولی به هیچ عنوان نباید بیشتر از 400°F(222°C) بر ساعت باشد. در خلال گرم کردن تغییرات درجه حرارت در بخشی از مخزن که در حال گرم شدن است نباید بازای هر ۱۵ فوت یا ۴/۶ متر بیشتر از 250°F(140°C) باشد.

(زیر نویس [76] نیازی نیست که سرعتهای گرم کردن و سرد کردن کمتر از 100°F(56°C) بر ساعت باشد با اینحال در تمامی موارد برای پرهیز از صدمات ناشی از شیب حرارتی بیش از حد به سازه های پیچیده و محفظه های بهم چسبیده سرعتهای گرم کردن و سرد کردن پایین بهتر است.)

توجه: ←←← چرا 400°F معادل (222°C) در نظر گرفته شده است؟ لطفاً به جواب دقت شود.



شکل-۱۹۳ : چگونگی توضیح عبارت 400°F(222°C)

توضیح: طبق نرم افزار 400°F برابر است با (204.4°C) اما وقتی در استاندارد به این صورت قید شده که 400°F(222°C) در اصل معادل سازی شده است نه برابر سازی به اینصورت که 212°F(100°C) و 612°F(322°C) حال بین این اعداد که برابر هستند، به عدد 400°F(222°C) می رسیم که در اصل معادل همدیگر هستند.

❋- Cooling Rate in ASME Section VIII-Div. 1

۱)- در استاندارد ASME Section VIII-Div. 1- Para. UCS-56 (d)(5) نرخ گرم کردن (Cooling Rate) برای مخازن تحت فشار (Pressure Vessels) به شرح زیر می باشد:

❋- پاراگراف UCS-56 (d)(5) :

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(d) The operation of postweld heat treatment shall be carried out by one of the procedures given in UW-40 in accordance with the following requirements:

(5) Above 800°F (425°C), cooling shall be done in a closed furnace or cooling chamber at a rate[76] not greater than 500°F/hr (280°C/h) divided by the maximum metal thickness of the shell or head plate in inches, but in no case more than 500°F/hr (280°C/h). At temperatures above 800°F (425°C), temperature variations within the heated portion during the cooling phase shall not be greater than 250°F (140°C) within any 15 ft (4.6 m) interval. From 800°F (425°C), the vessel may be cooled in still air.

شکل-۱۹۴ : پاراگراف UCS-56 (d)(5) مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

(5)- در دمای بالاتر از 800°F(425°C) ، سرد کردن باید در کوره ایی بسته یا در محفظه های خنک کننده انجام شود آنهم سرعت سرد کردن نباید بیشتر از 500°F/hr(280°C/h)[76] بر ساعت تقسیم بر حداکثر ضخامت ورق بدنه یا کلگی بر حسب اینچ باشد. ولی به هیچ عنوان نباید بیشتر از 500°F/hr(280°C/h) بر ساعت باشد. در دمای بالاتر از 800°F(425°C)، تغییرات دما در قسمت گرم شده در مرحله خنک شدن نباید بیش از 250°F(140°C) در هر فاصله ۱۵ فوت (۴/۶ متر) باشد. از 800°F(425°C)، مخزن ممکن است در هوا آزاد آرام سرد شود.

❋- Heating Rate in IPS-C-PI-290

نرخ گرم کردن (Heating Rate) در استاندارد IPS-C-PI-290-Para. 12.1.4 - 12.1.5 برای سیستم های لوله کشی صنعتی Piping به شرح زیر می باشد:

IPS | Oct 2009 / مهر ۱۳۸۸ | IPS-C-PI-290(1)

12.1.4 For wall thicknesses of pipe upto and including 20 mm the rate of heating shall not exceed 200-250°C/h.

12.1.5 For wall thicknesses of pipe over 20 mm the rate of heating shall not exceed:

5500/t°C/h (t = maximum pipe wall thickness) or 55°C/h. whichever is greater

۱۲-۱-۴ برای ضخامت های لوله تا و شامل ۲۰ میلیمتر میزان حرارت دادن نباید از ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد در ساعت تجاوز نماید.

۱۲-۱-۵ برای ضخامت های لوله بالاتر از ۲۰ میلیمتر میزان حرارت دادن نباید از بیشترین ۵۵۰۰/t درجه سانتیگراد در ساعت (حداکثر ضخامت بدنه لوله =t) یا ۵۵ درجه سانتیگراد در ساعت تجاوز نماید.

شکل-۱۹۵ : پاراگراف IPS-C-PI-290-Para. 12.1.4 - 12.1.5

- Cooling Rate in IPS-C-PI-290

۴)- در استاندارد IPS-C-PI-290-Para. 12.1.6 نرخ سرد کردن (Cooling Rate) برای سیستم های لوله کشی صنعتی Piping به شرح زیر می باشد:

پاراگراف 12.1.6– قطعه کار باید با سرعتهایی که در زیر بیان می گردد تا 400ºC سرد شود.

– برای لوله های با ضخامت کمتر از 20 mm حداکثر سرعت سرد کردن برابر با 275ºC در ساعت باشد.

– برای لوله های با ضخامت 20 mm و بیشتر حداکثر سرعت سرد کردن برابر با 6875/t درجه سانتیگراد بر ساعت یا 55ºC/hr (هرکدام که بیشتر است) باشد. **t** حداکثر ضخامت لوله می باشد.

IPS | Oct 2009 / مهر ۱۳۸۸ | IPS-C-PI-290(1)

12.1.6 The workpiece shall be cooled to 400°C whereby the cooling rate is limited as follows:

- For wall thickness of pipe <20 mm

275°C/h

- For wall thicknesses ≥ 20 mm

6875/t°C/h (t = maximum pipe wall thickness)

or 55°C/h, whichever is the greater.

۱۲-۱-۶ قطعه کار باید تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد خنک شود به نحوی که میزان خنک شدن محدود به مقادیر زیر باشد:

- برای ضخامت بدنه لوله کمتر از ۲۰ میلیمتر ۲۷۵ درجه سانتیگراد در ساعت

- برای ضخامت دیواره بالاتر یا مساوی ۲۰ میلیمتر بیشترین ۶۸۷۵ /t درجه سانتیگراد در ساعت (t= حداکثر ضخامت دیواره لوله) یا ۵۵ درجه سانتیگراد در ساعت

شکل-۱۹۶ : پاراگراف IPS-C-PI-290-Para. 12.1.6

- Heating and Cooling Rate in ASME B31.3-2018

331 HEAT TREATMENT

331.1 General

331.1.4 Heating and Cooling. The heating method shall provide the required metal temperature, metal temperature uniformity, and temperature control, and may include an enclosed furnace, local flame heating, electric resistance, electric induction, or exothermic chemical reaction. Above 315°C (600°F), the rate of heating and cooling shall not exceed 335°C/h (600°F/hr) divided by one-half the maximum material thickness in inches at the weld, but in no case shall the rate exceed 335°C/h (600°F/hr). See Table 331.1.1 for cooling rate requirements for P-Nos. 7, 10I, 11A, and 62 materials.

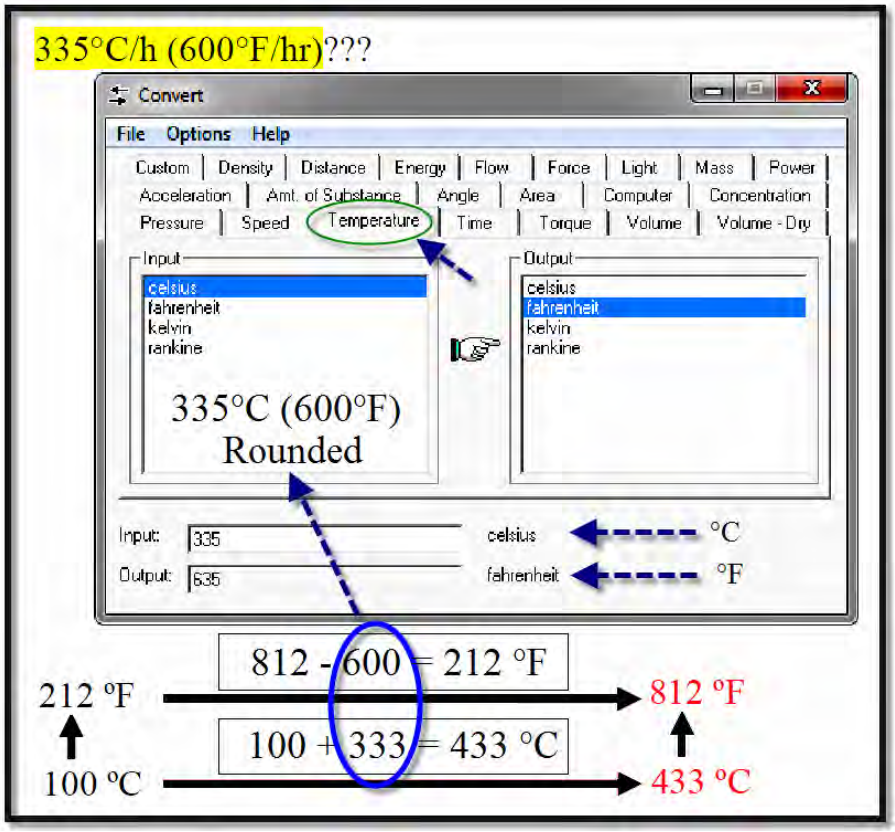
شکل-۱۹۷ : پاراگراف 331.1.4 مطابق ASME B31.3-2018

- پاراگراف 331.1.4 (Heating and Cooling) : گرم کردن و سرد کردن

روش گرم کردن باید درجه حرارت مورد نیاز فلز، یکنواختی درجه حرارت در فلز و امکان کنترل درجه حرارت را تامین نماید و گرم کردن می تواند شامل گرم کردن در یک کوره‌ی در بسته، توسط شعله بطور موضعی، مقاومت الکتریکی، القاء الکتریکی با واکنش شیمیائی حرارت زا باشد. در درجه حرارت بالاتر از 315°C (600°F) سرعت گرم کردن و سرد کردن نباید از 335°C/h (600°F/hr) بر ساعت تقسیم بر 0.5 (نصف) حداکثر ضخامت فلز در ناحیه‌ی جوش بر حسب اینچ بیشتر باشد ولی در هیچ شرایطی این میزان (Rate) نباید از 335°C/h (600°F/hr) بر ساعت تجاوز نماید. برای الزامات سرعت سرد کردن متریال های P-Nos. 7, 10I, 11A, and 62 به جدول 331.1.1 نگاه کنید.

توضیح: لطفاً دقت کنید. چرا در پاراگراف فوق دمای 335°C برابر 600°F در نظر گرفته شده در صورتیکه اگر با نرم افزار محاسبه کنید دمای 335°C معادل دمای 635°F است. پس دلیل این اختلاف چیست؟

توضیح: دمای 100°C برابر است با دمای 212°F حال اگر به دمای 100°C میزان 333°C اضافه شود به دمای 433°C می رسیم که این عدد با استفاده از نرم افزار تبدیل واحدها برابر با 812°F می باشد. بنابراین: نتیجه می گیریم 600°F معادل است با 333°C، که با گرد (gerd) کردن عدد از دمای 333°C به دمای 335°C می رسیم.



شکل-۱۹۸ : دلیل اختلاف دمای 335°C معادل 600°F با دمای 335°C برابر 635°F

■- Minimum Holding Time at Temperature

❋- Min. Holding Time at Temp. in ASME- Sec. VIII-Div. 1-2019

در پاراگراف Para. UCS-56 جدول هایی وجود دارند که هر جدول مربوط به یک دسته از متریالها با P-No. های مشخص می باشند در این جداول دما و زمان نگهداری Minimum Holding Time at Temperature برای هر متریالی قید شده است. برای بدست آوردن این اطلاعات باید به این جداول مراجعه نمود. برای P-No. 1 به مثال زیر دقت شود. مثال (a): برای P-No.1 Gr.1,2,3 & 4

❋- جدول UCS-56-1 تنش زدایی (PWHT) مربوط به متریال با مشخصه‌یP-No.1 Gr. 1, 2 &3:

جدول- ۷۲ : جدول ASME- Sec. VIII-Div. 1-2019-UCS-56-1

Table UCS-56-1
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 1

Material	Normal Holding Temperature, °F (°C), Minimum	Minimum Holding Time at Normal Temperature for Nominal Thickness [See UW-40(f)]		
		Up to 2 in. (50 mm)	Over 2 in. to 5 in. (50 mm to 125 mm)	Over 5 in. (125 mm)
P-No. 1 Gr. Nos. 1, 2, 3	1,100 (595)	1 hr/in. (25 mm), 15 min minimum	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)	2 hr plus 15 min for each additional inch (25 mm) over 2 in. (50 mm)
Gr. No. 4	NA	None	None	None

یادداشتهای کلی (مربوط به P-No.1 Gr.1,2,3 & 4)

(a)- وقتیکه تنش زدایی(PWHT) در درجه حرارتی که در این جدول مشخص شده است امکان پذیر نباشد این اجازه داده می شود که تنش زدایی(PWHT) در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تری مطابق با جدول UCS-56.1 انجام شود.

(b)- تنش زدایی(PWHT) تحت شرایط زیر الزامی و اجباری (Mandatory) است.

(1)- برای فلز جوشهایی با ضخامت اسمی بزرگتر از ($1^1/_2$ in.) ۳۸ میلیمتر.

(2)- برای اتصالات جوشکاری شده با ضخامت اسمی بین (1 ¼ in.) ۳۲ میلیمتر تا ($1\ ^1/_2$ in.) ۳۸ میلیمتر مگر اینکه در خلال جوشکاری تا دمای حداقل 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشند. این پیشگرم نیاز نیست برای متریال SA-841 Gr. A & B بکار برده شود به شرطی که درصد کربن و کربن معادل (CE) برای متریال ورق بوسیله آنالیز ذوب به ترتیب از 0.14% و 0.40% تجاوز نکند در جاییکه :

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$$

(3)- برای اتصالات جوشکاری شده با هر ضخامتی که مطابق UW-2 نیاز به تنش زدایی(PWHT) داشته باشند. استثنائاً تنش زدایی(PWHT) تحت شرایط زیر الزامی و اجباری (Not Mandatory) نیست.

(a-) برای جوشهای شیاری که اندازه‌ی آنها بیشتر از ($^1/_2$ in.) ۱۳ میلیمتر نباشد و همچنین جوشهای گوشه ای (Fillet) که اندازه گلویی آنها (Throat) بیشتر از ($^1/_2$in.) ۱۳ میلیمتر نمی باشد و نیز جوش هایی که نازلهایی را متصل می کنند که قطر داخلی تمام شده‌ی آنها بیشتر از ۲ اینچ نیست مشروط براینکه فاصله مرکز تا مرکز این نازلها آن چنان نباشد که از نظر طراحی لازم باشد که ضخامت بدنه یا کلگی مخزن افزایش یابد و همچنین تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشند.

(b-) اتصال تیوب ها با قطر کمتر از ۲ اینچ به Tube sheet ها چنانچه ضخامت جوش شیاری آنها از ($^1/_2$ in.) ۱۳ میلیمتر بیشتر نباشد نیاز به تنش زدایی(PWHT) ندارند، چنانچه مقدار کربن Tube sheet ها بیشتر از 0.22% درصد باشد تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید پیشگرم شده باشد.

(c-) در اتصال اجزایی که تحت فشار نیستند به اجزایی که تحت فشار هستند برای جوشهای شیاری که ضخامت آنها بیشتر از ($^1/_2$ in.) ۱۳ میلیمتر نمی باشد یا جوشهای Fillet که اندازه‌ی گلویی آنها (Throat) بیشتر از ($^1/_2$ in.) ۱۳ میلیمتر نمی باشد نیازی به تنش زدایی ندارند مشروط براینکه، اگر ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از (1 ¼ in.) ۳۲ میلیمتر باشد، پیشگرمی باید تا حداقل 200°F (95°C) درجه حرارت برای هر پاس قبل از جوشکاری بکار برده شود.

(d-) میله هایی (Stud) که به اجزایی که تحت فشار هستند جوش شده اند نیاز به تنش زدایی(PWHT) ندارند مشروط براینکه، چنانچه ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از (1 ¼ in.) ۳۲ میلیمتر باشد، پیشگرمی تا حداقل درجه حرارت 200°F (95°C) باید بکار برده شود.

(e-) جوشهای مقاوم به خوردگی که بصورت لایه ای روی فلز قرار می گیرند (Cladding) یا جوشهایی که جوشهای لایه های مقاوم به خوردگی را به هم متصل می نمایند (به پاراگراف UCL-34 مراجعه کنید) نیاز به تنش زدایی (PWHT) ندارند مشروط براینکه، چنانچه ضخامت جزء تحت فشار بیشتر از (1 ¼ in.) ۳۲ میلیمتر باشد پیشگرمی باید تا حداقل 200°F (95°C) درجه حرارت بکار برده شود.

(c)- (NA) یعنی: کاربردی ندارد.

در جدول UCS-56 دمای نگهداری (Holding Temp. ºC) برای متریال P-No.1 Gr.1, 2, 3 دمای 595ºC در نظر گرفته شده است. (اصولاً در WPS 600ºC/+10ºC, -0Cº قید می شود) و،

حداقل زمان نگهداری (Minimum Holding Time) برای این متریال تا ضخامت 2 in. (50 mm) یک ساعت برای هر اینچ ضخامت در نظر گرفته شده است. حداقل زمان نیز 15 دقیقه در نظر گرفته شده است. برای ضخامتهای کمتر از 1 in.(25 mm) حداقل زمان را باید محاسبه نمود به طور نمونه اگر ضخامت یک قطعه 6 mm باشد با یک تناسب، زمان 60 دقیقه برای ضخامت 25mm برای ضخامت 6mm چقدر زمان لازم می باشد؟ پس از محاسبه زمان 14.4 دقیقه بدست می آید اما چون کمتر از 15 دقیقه است پس ملاک را همان حداقل 15 دقیقه قرار می دهیم اما اگر بیشتر از 15 دقیقه بدست آید زمانی را که بیشتر از 15 دقیقه است ملاک قرار می دهیم.

- زمان نگهداری (Minimum Holding Time) برای ضخامتهای بالاتر از 2 in. تا 5 in. دو ساعت بعلاوه ۱۵ دقیقه به ازای هر اینچ ضخامت بیشتر از 2 in.

- زمان نگهداری (Minimum Holding Time) برای ضخامتهای بالاتر از 5 in. زمان نگهداری دو ساعت بعلاوه ۱۵ دقیقه به ازای هر اینچ ضخامت بیشتر از 2 in.

حداقل زمان نگهداری (Minimum Holding Time) هر P-No. باید به جدول مربوط به آن P-No. مراجعه کرد. جداول UCS-56-1 تا UCS-56-11 برای P-No. 1, 3, 4, 5A, B, C, 9A, B, 10A, B, C, 15E و جداول UHA-32-1 تا UHA-32-7 برای P-No. 6, 7, 8, 10H, I, K, 45 و جدول UHT-56 برای متریالهایی با داشتن P-No. 1 Gr.4, P-No. 6 Gr.4, P-No.11A, B, می بایست مراجعه کرد.

*- Minimum Holding Time at Temperature in ASME- B31.3-2018

در جدول 331.1.1 اطلاعات مربوط به Minimum Holding Time at Temperature برای هر دسته از متریالها با P-No. های مختلف مشخص شده است. در این جدول دما و زمان نگهداری Min. Holding Time at Temp. برای هر متریالی قید شده است. برای بدست آوردن این اطلاعات به این جدول مراجعه نمایید.

جدول-۷۳ : جدول 331.1.1- مطابق استاندارد ASME B31.3-2018

Table 331.1.1 Postweld Heat Treatment

P-No. and Group No. (BPV Code Section IX, QW/QB-420)	Holding Temperature Range, °C (°F) [Note (1)]	Minimum Holding Time at Temperature for Control Thickness [Note (2)]	
		Up to 50 mm (2 in.)	Over 50 mm (2 in.)
P-No. 1, Group Nos. 1–3	595 to 650 (1,100 to 1,200)	1 h/25 mm (1 hr/in.); 15 min min.	2 hr plus 15 min for each additional 25 mm (in.) over 50 mm (2 in.)
P-No. 3, Group Nos. 1 and 2	595 to 650 (1,100 to 1,200)		
P-No. 4, Group Nos. 1 and 2	650 to 705 (1,200 to 1,300)		
P-No. 5A, Group No. 1	675 to 760 (1,250 to 1,400)		
P-No. 5B, Group No. 1	675 to 760 (1,250 to 1,400)		
P-No. 6, Group Nos. 1–3	760 to 800 (1,400 to 1,475)		
P-No. 7, Group Nos. 1 and 2 [Note (3)]	730 to 775 (1,350 to 1,425)		
P-No. 8, Group Nos. 1–4	PWHT not required unless required by WPS		
P-No. 9A, Group No. 1	595 to 650 (1,100 to 1,200)		
P-No. 9B, Group No. 1	595 to 650 (1,100 to 1,200)		
P-No. 10H, Group No. 1	PWHT not required unless required by WPS. If done, see Note (4).		
P-No. 10I, Group No. 1 [Note (3)]	730 to 815 (1,350 to 1,500)		
P-No. 11A	550 to 585 (1,025 to 1,085) [Note (5)]		
P-No. 15E, Group No. 1	705 to 775 (1,300 to 1,425) [Notes (6) and (7)]	1 h/25 mm (1 hr/in.); 30 min min.	1 h/25 mm (1 hr/in.) up to 125 mm (5 in.) plus 15 min for each additional 25 mm (in.) over 125 mm (5 in.)
P-No. 62	540 to 595 (1,000 to 1,100)	. . .	See Note (8)
All other materials	PWHT as required by WPS	In accordance with WPS	In accordance with WPS

GENERAL NOTE: The exemptions for mandatory PWHT are defined in Table 331.1.3.

NOTES:

(1) The holding temperature range is further defined in para. 331.1.6(c) and Table 331.1.2.

(2) The control thickness is defined in para. 331.1.3.

(3) Cooling rate shall not be greater than 55°C (100°F) per hour in the range above 650°C (1,200°F), after which the cooling rate shall be sufficiently rapid to prevent embrittlement.

(4) If PWHT is performed after welding, it shall be within the following temperature ranges for the specific alloy, followed by rapid cooling:
Alloys S31803 and S32205 — 1 020°C to 1 100°C (1,870°F to 2,010°F)
Alloy S32550 — 1 040°C to 1 120°C (1,900°F to 2,050°F)
Alloy S32750 — 1 025°C to 1 125°C (1,880°F to 2,060°F)
All others — 980°C to 1 040°C (1,800°F to 1,900°F).

(5) Cooling rate shall be >165°C (300°F)/h to 315°C (600°F)/h.

(6) The minimum PWHT holding temperature may be 675°C (1,250°F) for nominal material thicknesses [see para. 331.1.3(c)] ≤13 mm (½ in.).

(7) The Ni + Mn content of the filler metal shall not exceed 1.2% unless specified by the designer, in which case the maximum temperature to be reached during PWHT shall be the A_1 (lower transformation or lower critical temperature) of the filler metal, as determined by analysis and calculation or by test, but not exceeding 800°C (1,470°F). If the 800°C (1,470°F) limit was not exceeded but the A_1 of the filler metal was exceeded or if the composition of the filler metal is unknown, the weld must be removed and replaced. It shall then be rewelded with compliant filler metal and subjected to a compliant PWHT. If the 800°C (1,470°F) limit was exceeded, the weld and the entire area affected by the PWHT will be removed and, if reused, shall be renormalized and tempered prior to reinstallation.

(8) Heat treat within 14 days after welding. Hold time shall be increased by 1.2 h for each 25 mm (1 in.) over 25 mm (1 in.) thickness. Cool to 425°C (800°F) at a rate ≤280°C (500°F).

شکل-۱۹۹ : یادداشتهای جدول 331.1.1- مطابق استاندارد ASME B31.3-2018

یادداشتهای جدول 331.1.1:

یادداشتهای کلی: موارد معاف از PWHT اجباری در جدول 331.1.1: تعریف شده است.

(۱)- محدوده‌ی درجه حرارت نگهداری در پاراگراف 331.1.6 (c) و جدول 331.1.2 بیشتر تعریف شده.

(۲)- ضخامت کنترلی در پاراگراف 331.1.3 تعریف شده است.

(۳)- سرعت سرد کردن در محدوده‌ی بالاتر از 55°C (100°F) نباید بیشتر از 650°C (1,200°F) بر ساعت باشد، بعد از آن سرعت سرد کردن باید تا آن حد سریع باشد که از تُردی (شکنندگی) فلز پیشگیری نماید.

(۴)- اگر تنش زدائی بعد از جوشکاری انجام شده باشد این عمل باید در محدوده‌ی درجه حرارت های زیر برای آلیاژهای مشخص شده انجام شود و بدنبال آن سریع سرد گردد:

Alloys S31803 and S32205 — 1020°C to 1100°C (1,870°F to 2,010°F)
Alloy S32550 ——————— 1040°C to 1120°C (1,900°F to 2,050°F)
Alloy S32750 ——————— 1025°C to 1125°C (1,880°F to 2,060°F)
All others ——————————— 980°C to 1040°C (1,800°F to 1,900°F).

(۵)- سرعت سرد کردن باید بیشتر از 165°C (300°F)/h تا 315°C (600°F)/h باشد.

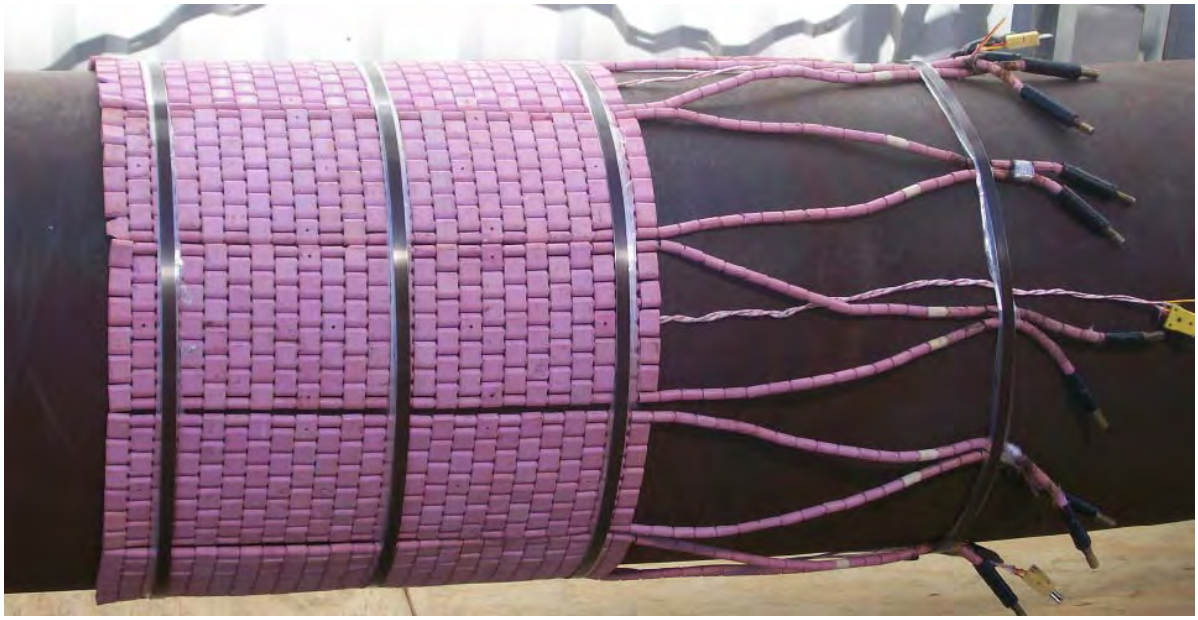
(۶)- حداقل درجه حرارت نگهداری تنش زدائی برای ضخامت های اسمی کمتر یا مساوی ½ in. (13 mm) ≤ می تواند 675°C (1,250°F) باشد. [به پاراگراف 331.1.3 (c) نگاه کنید.]

(۷)- مجموع مقدار نیکل و مولیبدن فیلر متال نباید از 1.2 درصد تجاوز کند مگر اینکه طراح مشخص کرده باشد که در این صورت درجه حرارت تنش زدائی باید حداکثر تا خط A_1 (درجه حرارت پایینی استحاله‌ی فازی lower transformation یا درجه حرارت بحرانی پایینی lower critical temperature) فیلر متال که بوسیله‌ی آنالیز شیمیایی و محاسبه یا توسط تست تعیین می گردد، باشد ولی از 800°C (1,470°F) نباید تجاوز کند.

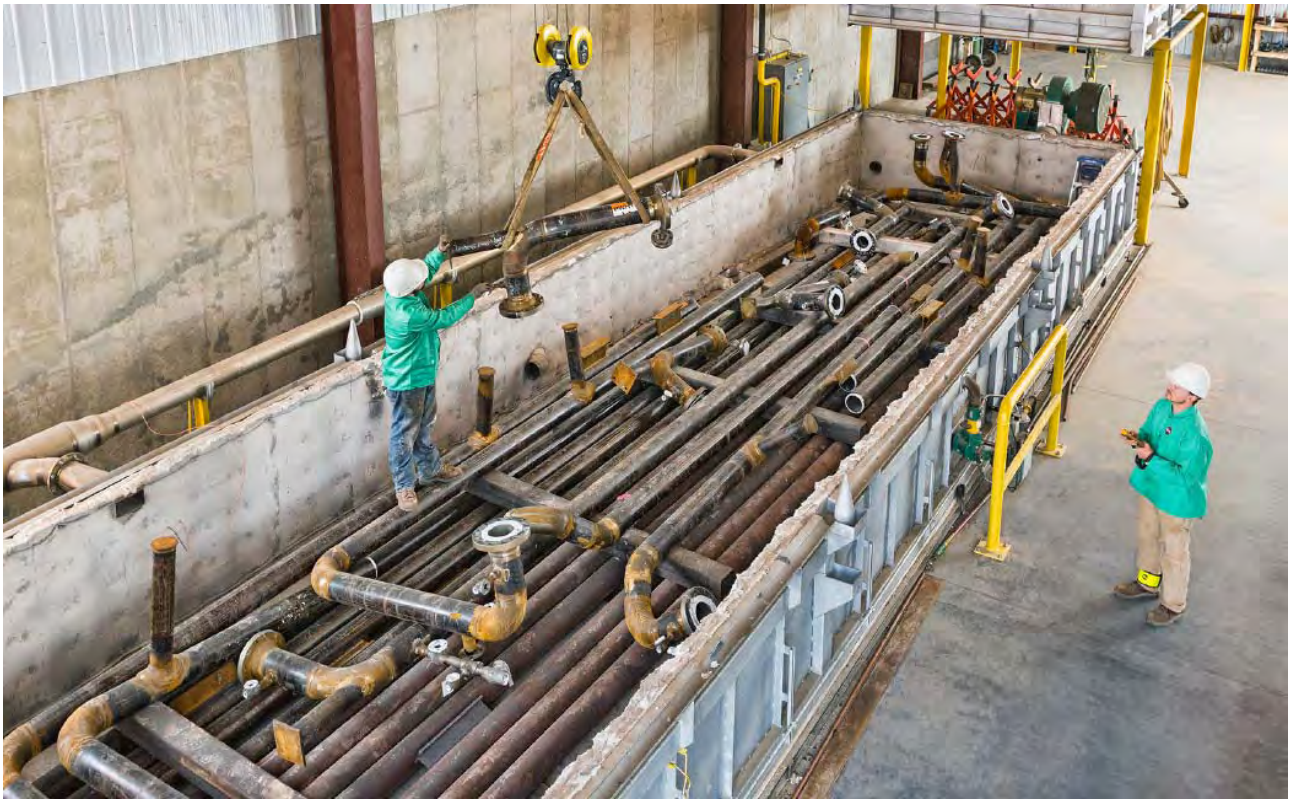
اگر درجه حرارت تنش زدائی از 800°C (1,470°F) تجاوز نکند ولی از خط درجه حرارت استحاله‌ی فازی فیلر متال (A_1) تجاوز نماید یا اگر ترکیب شیمیایی فیلر متال ناشناخته باشد جوش باید برداشته شده و مجدداً توسط فیلر متالی مناسب جوشکاری و تنش زدائی گردد.

اگر درجه حرارت از 800°C (1,470°F) تجاوز نماید، جوش و تمام نواحی متأثر از درجه حرارت تنش زدائی باید برداشته شوند و اگر بخواهیم قسمت برداشته شده را استفاده کنیم قبل از نصب مجدد باید آنرا نرمالیز و تمپر کرد.

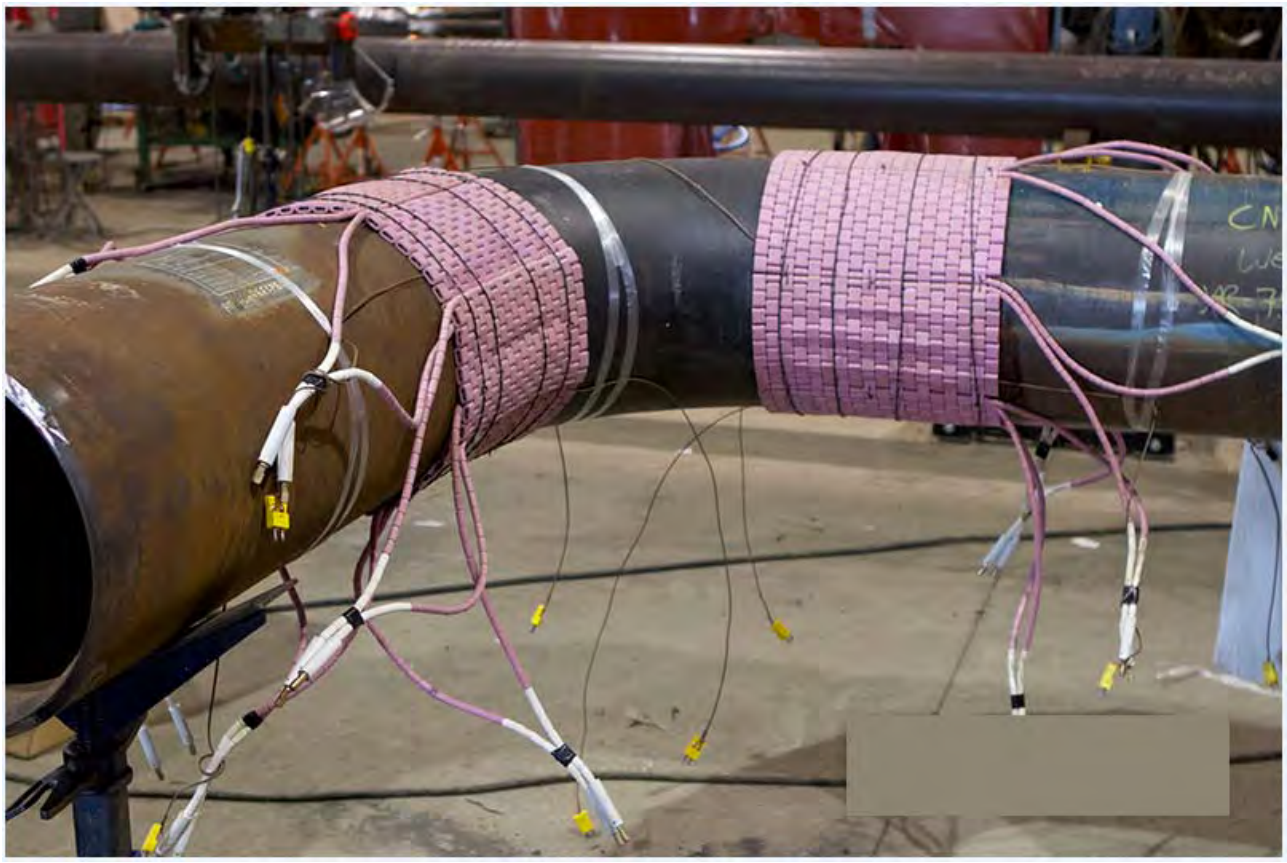
(۸)- در خلال ۱۴ روز پس از جوشکاری تنش زدائی نمایید. در ضخامت های بیشتر از یک اینچ زمان نگهداری باید به ازای هر یک اینچ اضافه ضخامت 1.2 ساعت در نظر گرفته شود. سرد کردن تا درجه حرارت 425°C (800°F) با سرعت کمتر یا مساوی 280°C (500°F) بر ساعت انجام شود.



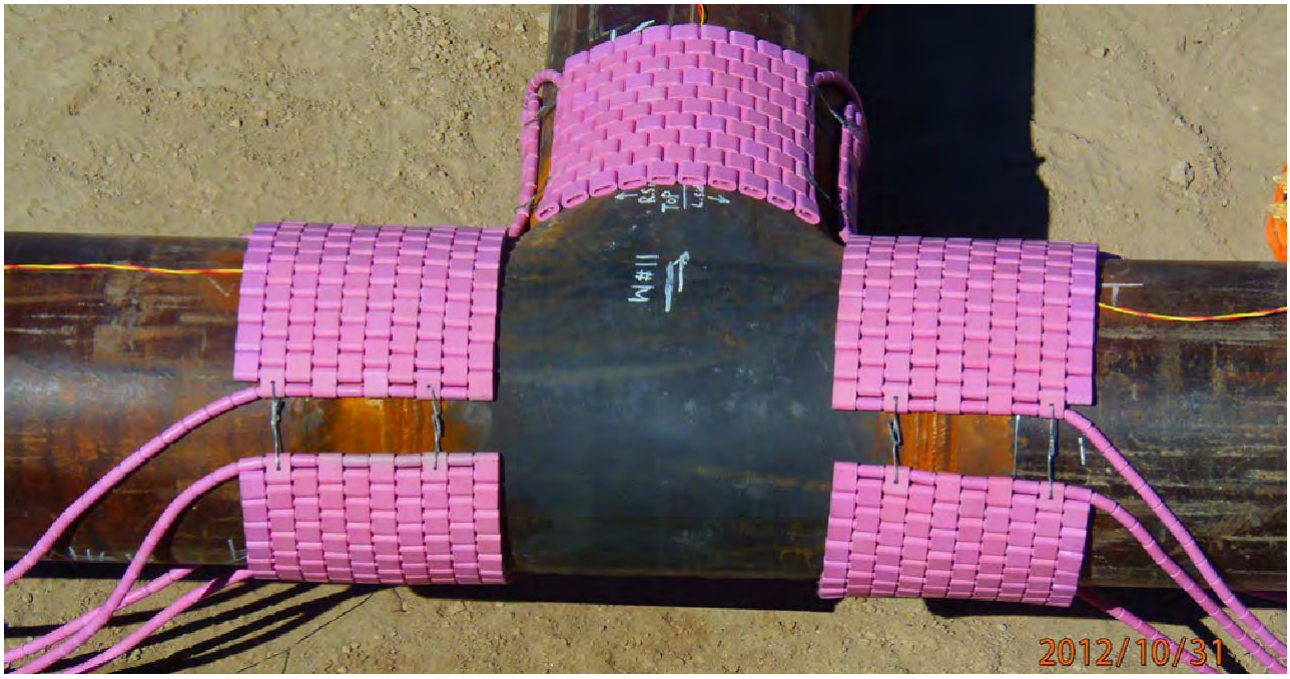
شکل-۲۰۰ : تنش زدایی بصورت موضعی در سیستم لوله کشی صنعتی



شکل-۲۰۱ : تنش زدایی بصورت Spool های جمعی در کوره تنش زدایی در سیستم لوله کشی صنعتی



شکل-۲۰۲ : تنش زدایی بصورت موضعی در سیستم لوله کشی صنعتی



شکل-۲۰۳ : تنش زدایی موضعی در سیستم لوله کشی صنعتی

مثال (b): دما و زمان برای انجام عملیات حرارتی پس از جوشکاری در مشخصات فنی یک پرورژه:

جدول-۷۴ : جدول عملیات تنش زدایی مطابق با Spec یک پروژه

P-No.	Material	PWHT		
		THK (mm)	Holding Temp. °c	Holding Time
Piping	NACE & Fluids Contain Amines, Soda, NH3 & Methanol	All	600 + 25/-0°	According to ASME B31.3-20 18 Table 33 1.1.1 ,331.1.2 33 1. 1.3
	Carbon Steel	> 25 mm	Only 95° Preheating	
Pipeline	NACE	All	600 + 25/-0°	I hr/in. (1 hl2S mm) at least 112 hr
	Carbon Steel	> 32 mm	600 + 25/-0°	
8	Austenitic Stainless Steel	All	None	N/A
10H	Duplex	All	None	N/A
34	Cu / Ni	All	None	N/A
43	Inconel	All	None	N/A

شرایط عملیات PWHT مطابق QW-407.1 در WPSبه این شکل نوشته می شود.

- چنانچه مخزن تحت فشاری با متریال P-No.1 و ضخامت 50 mm باشد عملیات PWHT در WPS مطابق استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1 به این صورت نوشته می شود: در ابتدا 50 mm را به اینچ تبدیل می کنیم که می شود دو اینچ (2 in.) حالا [Heating Rate = 222 / 2 in. = 111ºC/hr] و

[Cooling Rate = 280 / 2 in. = 140ºC/hr] و

زمان نگهداری به ازای هر اینچ ۶۰ دقیقه؛ چونکه ضخامت مخزن دو اینچ است پس در مجموع ۱۲۰ دقیقه می شود.

جدول-۷۵ : اطلاعات لازم در مورد PWHT در مدرک WPS

QW-407 POST WELD HEAT TREATMENT	
HEATING RATE **(Max.)** :	**111°C/hr**
HOLDING TEMPRATURE **(Min.)** :	**610 ± 10 °C**
HOLDING TIME **(Min.)** :	**120 min**
COOLING RATE **(Max.)** :	**140°C/hr**

برای درک بهتر پاراگراف QW-407.1 به پرسش هایی که در این زمینه از استاندارد Sec. IX شده است توجه نمایید:

Interpretation: No. 44
1- Interpretation: IX-98-10
Subject: Section IX, QW-407.1, Post Weld Heat Treatment
Date Issued: October 9, 1998
File: BC97-306/BC97-308
Question: Is it the intent of Section IX in QW-407.1 to permit reporting the results of more than one PWHT condition on a single report, with a single PQR number, provided all other applicable essential and supplementary essential variables are identical and all required tests are conducted and reported for both conditions?
Reply: Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-98-10 از گروه سؤالات شماره No. 44
موضوع بخش IX و پاراگراف QW-407.1، عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری PWHT
شماره فایل: BC97-306/BC97-308
سؤال: آیا هدف و منظور بخش IX در پاراگراف QW-407.1 برای مجاز دانستن جهت گزارش کردن نتایج بیشتر از یک وضعیت عملیات حرارتی در یک گزارش (یا یک گراف) مجزا با یک PQR مجزا، به شرطی که همه‌ی دیگر متغیرات اساسی و متغیرات اساسی تکمیلی بکار رفته، یکسان باشند و همه‌ی آزمایش های مورد نیاز انجام شده باشند و برای هر دو حالت (وضعیت) گزارش شده باشد؟
جواب: بله

Interpretation: No. 50
2- Interpretation: IX-01-20
Subject: QW-407.1, Postweld Heat Treatment
Date Issued: December 18, 2001
File: BC01-813
Question (1): May a procedure qualification record subject to variable QW-407.1(a) that included only a PWHT below the lower transformation temperature be used to support a WPS with PWHT above the upper transformation temperature and a subsequent PWHT below the lower transformation temperature?
Reply (1): No.
Question (2): Does Section IX address the values to be used as transformation temperature?
Reply (2): No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-01-20 از گروه سؤالات شماره No. 50
موضوع: پاراگراف QW-407.1، عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری PWHT

شماره فایل: BC01-813

سؤال (1) : آیا ممکن است یک PQR تحت متغیر QW-407.1(a) که صرفاً در دمای کمتر از دمای استحاله عملیات حرارتی PWHT شده است، یک WPS با عملیات حرارتی PWHT در دمای بالاتر از استحاله و سپس عملیات حرارتی PWHT در دمای کمتر از دمای استحاله را ساپورت کند؟

جواب (1) : خیر

سؤال (2) : آیا بخش IX مقدار و اندازه ای که به عنوان دمای استحاله مورد استفاده قرار می گیرد را مشخص کرده است؟

جواب (2) : خیر

Interpretation: No. 55

3- Interpretation: IX-04-03- QW-407.1 , Postweld Heat Treatment

Interpretation: IX-04-03

Subject: QW-407.1, Postweld Heat Treatment

Date Issued: September 15, 2003

File: BC03-1212

Question (1): May a procedure qualification record subject to the variable QW-407.1(a), which qualified P8 to P-No. 8 with no PWHT, support a WPS with PWHT?

Reply (1): QW-407.1(a) does not apply to P-No. 8 materials. See QW-407.1(b).

Question (2): Would application of controlled and monitored heat to the weld and surrounding area for the correction of distortion in P-No. 8 material be considered a PWHT operation?

Reply (2): See QW-407.1(b).

ترجمه: تفسیر شماره IX-04-03 از گروه سؤالات شماره No. 55

موضوع: QW-407.1 ، عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری

شماره فایل: BC03-1212

سؤال (1) : آیا ممکن است یک PQR تحت الزامات QW-407.1(a) که P-No. 8 به P-No. 8 را بدون PWHT تأیید نموده است، یک WPS با PWHT را ساپورت کند؟

جواب (1) : پاراگراف QW-407.1(a) برای متریالهای دارای P-No. 8 کاربرد ندارد، پاراگراف QW-407.1(b) را ببینید.

سؤال (2) : آیا چنانچه برای اصلاح اعوجاج در متریال P-No. 8 از یک حرارت کنترل شده در جوش و نواحی اطراف جوش استفاده شود، به عملیات حرارتی PWHT نیاز می باشد؟

جواب (2) : پاراگراف QW-407.1(b) را ببینید.

Interpretation: No. 56

4- Interpretation: IX-04-20

Subject: QW-407.1, Welding Procedure Specification, Postweld Heat Treatment

Date Issued: March 8, 2005

File: BC05-293

Question: A WPS for joining P-No. 4 to P-No. 4 specifies that the PWHT be performed at 1,125°F± 25°F, which is below the lower transformation temperature for the material. May this WPS be revised to specify a PWHT performed at 1,225°F ± 25°F, which is also below the transformation temperature, without requalification of the procedure?

Reply: Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-04-20 از گروه سؤالات شماره No. 56

موضوع: WPS ؛ عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری

شماره فایل: BC05-293

سؤال: یک WPS برای اتصال دادن P-No. 4 به P-No. 4 مشخص شده است و عملیات حرارتی PWHT آن در 1,125°F دمای ± 25°F انجام شده است که برای این متریال زیر دمای استحاله پایین تر می باشد. آیا این WPS چنانچه عملیات حرارتی PWHT آن در 1,225°F دمای ± 25°F انجام گردد که زیر دمای استحاله نیز است، بدون تأیید مجدد دستورالعمل WPS ممکن است بازبینی مجدد شود؟

جواب: بله

*- QW-407.2- ø PWHT (T & T Range)

(جزء متغیرات اساسی تکمیلی است)

QW-407.2 A change in the postweld heat treatment (see QW-407.1) temperature and time range

The procedure qualification test shall be subjected to PWHT essentially equivalent to that encountered in the fabrication of production welds, including at least 80% of the aggregate times at temperature(s). The PWHT total time(s) at temperature(s) may be applied in one heating cycle.

شکل-۲۰۴ : پاراگراف QW-407.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-407.2

ترجمه : تغییر در درجه حرارت و زمان نگهداری PWHT (به پاراگراف QW-407.1 نگاه کنید). نمونه‌ی تست PQR اساساً همانگونه که جوشهای انجام شده در سایت مورد عملیات تنش زدایی (PWHT) قرار می گیرند، باید زمان نگهداری آن (PQR) حداقل 80% مجموع زمان نگهداری جوشی که در ساخت (Production) بدلایل مختلف چندین بار تحت عملیات تنش زدایی قرار گرفته است را داشته باشد. مجموع درجه حرارتهای نگهداری PWHT می تواند در یک سیکل گرمایش اعمال گردد.

نکته مهم : -پاراگراف QW-407.2 جزء متغیرات اساسی تکمیلی است یعنی زمانی که PQR با تست ضربه تأیید می شود در چنین شرایطی تغییر در آن به PQR جدید نیاز دارد.

توضیح : پاراگراف QW-407.2 مربوط به تغییر در درجه حرارت و زمان نگهداری PWHT است. برخی اوقات بنا به دلایلی درجه حرارت و زمان نگهداری (Holding Temperature & Time) تغییر می کند. مطابق این پاراگراف" نمونه‌ی تست PQR اساساً باید همانگونه PWHT شود که جوشکاری های انجام شده در سایت در معرض آن قرار می گیرند " بنابراین جایی که احتمال می دهیم در روند عملیات PWHT ممکن است تغییری در درجه حرارت و زمان نگهداری اتفاق بیفتد باید همان شرایط PWHT را برای PQR لحاظ کرده و از نظر زمان نگهداری در دمای مشخص نیز، قطعه PQR باید حداقل 80% زمان نگهداری قطعه‌ی جوشکاری شده در سایت را دارا باشد.

توجه مهم: برای اینکه این مطلب بهتر مشخص شود به این بند از پاراگراف UCS-56 از استاندارد مخازن تحت فشار دقت شود:

UCS-56 REQUIREMENTS FOR POSTWELD HEAT TREATMENT

(b) Except where prohibited in Tables UCS-56-1 through UCS-56-11, holding temperatures and/or holding times in excess of the minimum values given in Tables UCS-56-1 through UCS-56-11 may be used. Intermediate postweld heat treatments need not conform to the requirements of Tables UCS-56-1 through UCS-56-11. The holding time at temperature as specified in Tables UCS-56-1 through UCS-56-11 need not be continuous. It may be an accumulation of time of multiple postweld heat treatment cycles.

شکل-۲۰۵ : پاراگراف (b) UCS-56 مطابق ASME Sec. VIII-Div.-1-2019

ترجمه: (b) – به جزء مواردی که در جدول های UCS-56-11 ~UCS-56-1 منع گردیده است، درجه حرارت و زمان نگهداری می تواند بیشتر از حداقل تعیین شده در جدول های UCS-56-11 ~UCS-56-1 باشد. نیازی نیست تنش زدایی های بینابینی (میانی) با الزامات جدول های UCS-56-11 ~UCS-56-1 مطابقت داشته باشند.

زمان نگهداری در درجه حرارت تنش زدایی که در جدول های UCS-56-11 ~UCS-56-1 مشخص شده است نیازی نیست که بطور پیوسته باشد این زمان می تواند جمع زمانهای نگهداری در این درجه حرارت طی چند عملیات تنش زدایی انجام شده، باشد.

منظور از جمله فوق که زیر آن خط کشیده شده است چیست؟ منظور به این تعبیر است که بخشی از عملیات تنش زدایی که همان زمان نگهداری در دمای مشخص شده می باشد یعنی (Holding Time at Temperature) نیاز نیست که پیوسته باشد می تواند در چند مرحله انجام شود یعنی مثلاً اگر قرار است زمان نگهداری در دمای 610ºC ±10ºC حدود ۴ ساعت باشد، می تواند در ۴ بار هر بار ۱ ساعت در دمای 610ºC ±10ºC نگهداری شود که در مجموع همان ۴ ساعت می شود.

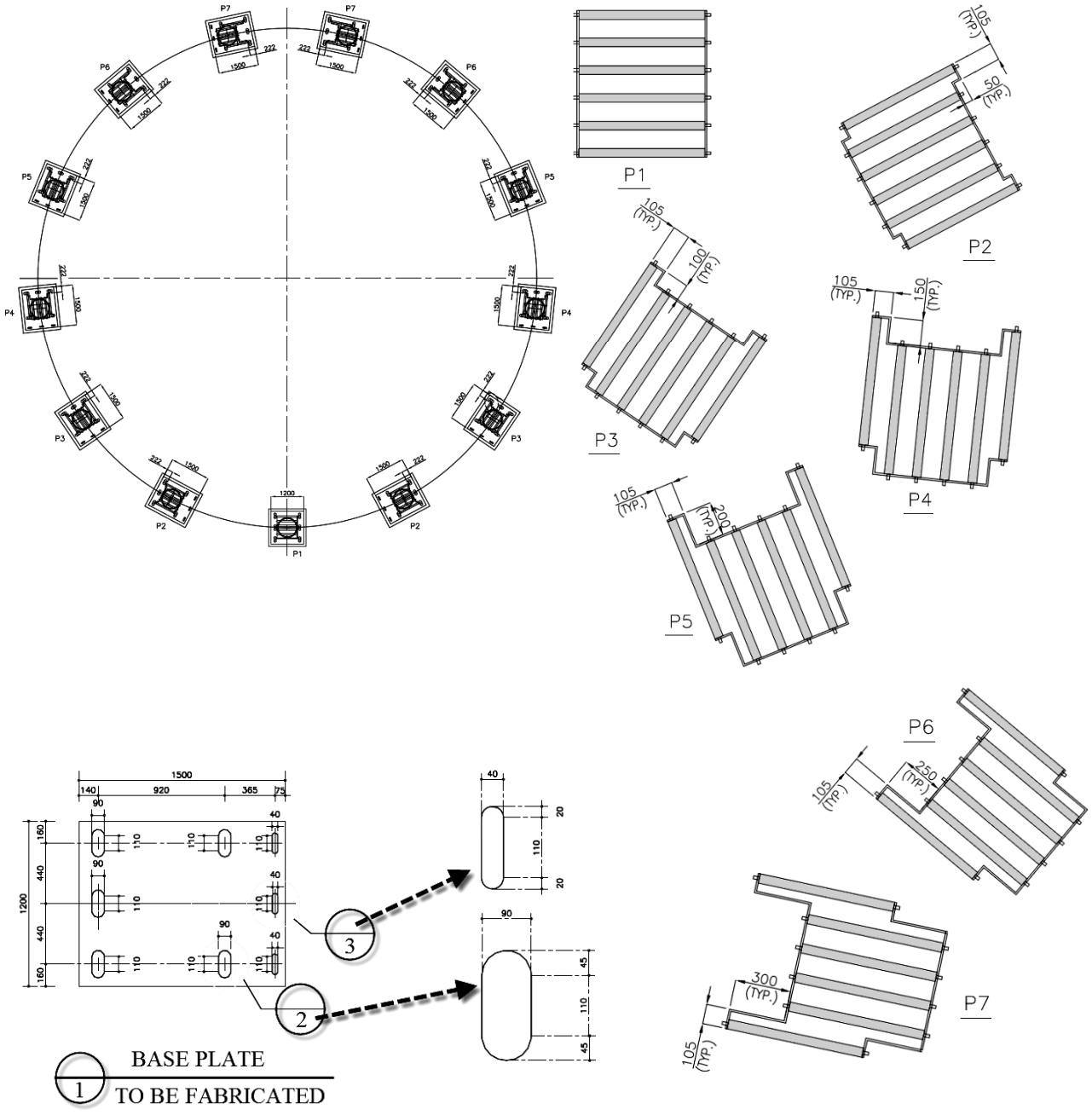
این نکته مهم است که هر چند بار که تنش زدایی تکرار شود، (Holding Time at Temperature) یا همان زمان نگهداری در دمای مشخص شده یکجا محاسبه می شود مثلاً اگر 4 بار و هر بار 1 ساعت چنین استنباط می شود که زمان نگهداری در دمای مشخص شده این عملیات تنش زدایی 4 ساعت است و چنانچه PQR که این جوش تنش زدایی شده را ساپورت می کند نیاز به تست ضربه داشته باشد می بایست در عملیات تنش زدایی این PQR دقت شده باشد که زمان نگهداری در دمای مشخص شده آن، حداقل 80% زمان اجرای واقعی را دارا باشد برای مثال فوق می بایست حداقل 3.2 ساعت زمان نگهداری در دمای مشخص شده داشته باشد در غیر اینصورت این PQR این جوشها را ساپورت نمی کند.

مثال (a) : عملیات PWHT در مخازن تحت فشار کُروی (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد):

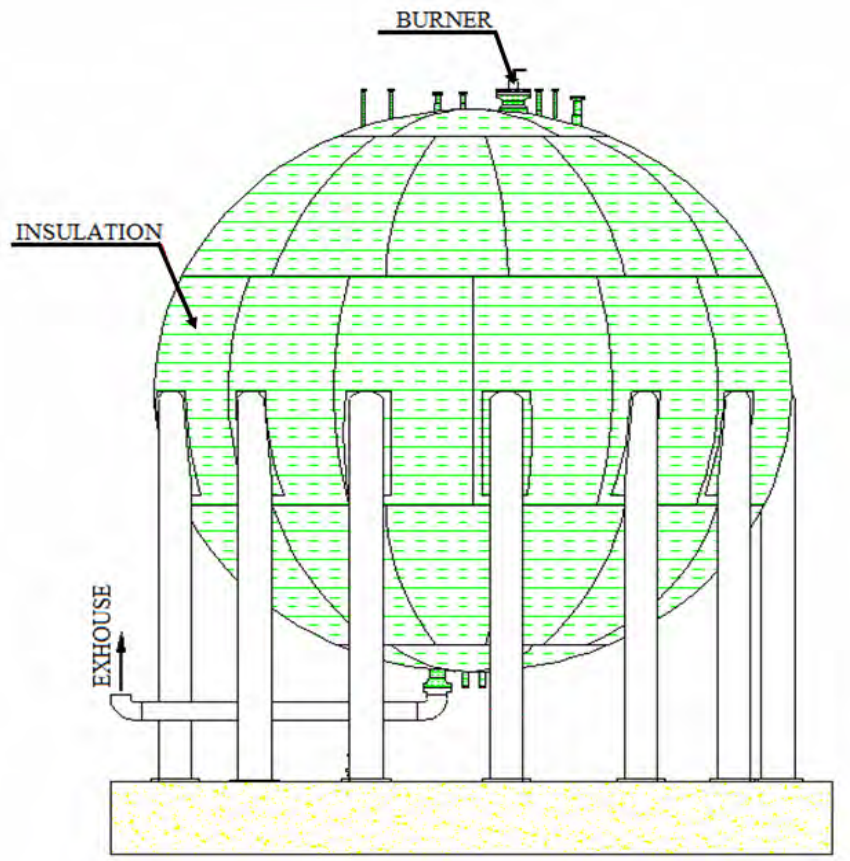
*- درمخازن کُروی هنگام انجام عملیات PWHT ممکن است برای مهار انبساط ایجاد شده در مخزن و جلوگیری از تغییر ابعاد و ایجاد تنش در محل اتصال بدنه به پایه های مخزن چند راهکار ارائه گردد که به دو روش متداول آن اشاره می شود:

روش اول: زیر هر پایه‌ی مخزن یک سری شمش گرد (غلطک) قرار می دهند که این شمش ها (غلطک ها) میان دو ورق Base Plate قرار می گیرند و در اصل پایه به ورق Base Plate بالایی جوشکاری می شود. هر دو ورقهای کفی بوسیله‌ی پیچهای مناسب (Anchor Bolt) به فنداسیون مهار شده اند. سوراخ محل قرار گرفتن این Anchor Bolt ها در هر دو Base Plat بصورت کشویی (Slot) می باشند و هدف از قرار دادن این شمش های گرد (غلطک ها) کمک کردن به حرکت پایه ها بسمت بیرون برای زمانیکه مخزن بر اثر حرارت PWHT منبسط می شود. پس از عملیات PWHT وقتی دما کاهش پیدا می کند و به دمای محیط می رسد و پایه ها به حالت تعادل برمیگردند، پیچهای Anchor Bolt ها را سفت و محکم می بندند و میان این دو Base Plate را با وجود شمش های گرد که مانند غلطک عمل می کنند با گروت

پر می کنند تا ثابت نگه داشته شوند. جهت حرکت این شمش ها (غلطک ها) در جهت محور شعاع مخزن است به شکل های مربوط به این شمش ها (غلطک ها) دقت شود.

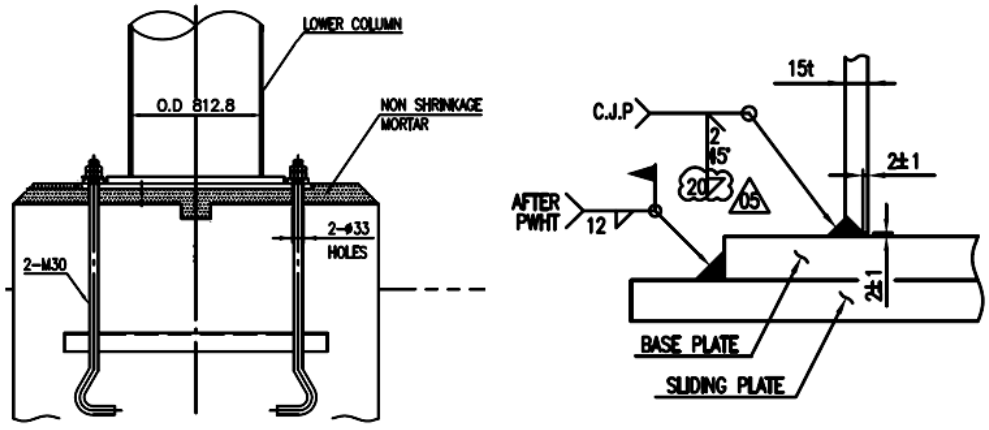


شکل-۲۰۶ : طریقه‌ی نصب پایه های مخازن تحت فشار کُروی روی غلطک ها



شکل-۲۰۷ : عملیات PWHT در مخازن تحت فشار کُروی

روش دوم: زیر هر پایه‌ی مخزن دو ورق کفی Base Plate روی هم قرار می گیرند که اصطلاحاً ورقهای Sliding گفته می شوند که هردو سطحی بسیار صیقلی و آینه شکل دارند و می توانند به راحتی برروی هم بلغزند و قبل از قرار گرفتن این دو ورق بر روی هم برای بهتر لغزیدن آنها معمولاً سطح آنها را به گریس آغشته می کنند. پایه‌ی مخزن به ورق Base Plate بالایی جوشکاری می شود. ورق Base Plate پایینی بوسیله‌ی پیچهای مناسب Anchor Bolt به فنداسیون مهار میشود. هدف از قرار دادن این دو ورق Base Plate روی هم در اصل کمک کردن به حرکت پایه ها بسمت بیرون است در زمانیکه مخزن بر اثر حرارت PWHT منبسط می شود. پس از عملیات PWHT وقتی دما کاهش پیدا می کند و به دمای محیط می رسد و پایه ها به حالت تعادل برمی گردند معمولاً دو Base Plate را پس از تمیز کاری از گریس به یکدیگر جوشکاری می کنند.



شکل-۲۰۸ : طریقه‌ی نصب پایه های مخازن تحت فشار کُروی روی ورقهای Sliding

با توجه به توضیحات فوق چنانچه مطابق مدارک فنی پروژه هنگام انجام تنش زدایی یک مخزن تحت فشار کُروی با ضخامت 50 mm دمای نگهداری .(Holding Temp) 610ºC ±10ºC باشد و حداقل زمان نگهداری (Holding Time) آن 2hr باشد و در زمان اجرا در دمای 500ºC با مشکل مواجه گردد یعنی بر اثر انبساط طولی، پایه ها به آخرین حد خود که همان رسیدن به انتهای محل قرار گرفتن Anchor Bolt ها است برسند و ادامه حرارت دادن برای رسیدن به دمای 610ºC ±10ºC ممکن است به پایه ها آسیب برساند و باعث پیچیدگی در پایه ها شود در چنین شرایطی دمای نگهداری را از 610ºC به 500ºC کاهش می دهند و جهت جبران این کاهش 110ºC دمای نگهداری معمولاً مطابق جدول UCS-56.1 زمان نگهداری (Holding Time) را به میزان 20 ساعت افزایش می دهند. جدول UCS-56.1 ببینید.

در این جدول کاهش دما به اندازه‌ی 111ºC مجاز می باشد به شرطی که زمان نگهداری (Holding Time) به مدت 20 ساعت افزایش یابد. در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 Table UCS-56 در یادداشت های زیر جدول عملیات حرارتی مربوط به P-No.-1 این روش مجاز شمرده شده است.

جدول-۷۶ : یادداشت (a) از جدول UCS-56-1 مطابق ASME Sec. VIII-Div.-1-2019

Table UCS-56-1
Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels — P-No. 1

GENERAL NOTES:
(a) When it is impractical to postweld heat treat at the temperature specified in this Table, it is permissible to carry out the postweld heat treatment at lower temperatures for longer periods of time in accordance with Table UCS-56.1.

یادداشتهای جدول UCS-56-1:

(a) – وقتی تنش زدایی PWHT در درجه حرارتی که در این جدول (UCS-56-1) مشخص شده است امکان پذیر نباشد مطابق با جدول UCS-56.1 انجام تنش زدایی PWHT در درجه حرارت کمتر و برای زمان طولانی تر مجاز می باشد.

*- یادداشتهای جدول UCS-56.1

یادداشت کلی: (قوانین این جدول) فقط زمانی کاربرد دارد که در جدول های UCS-56-1~11 مجاز شناخته شده باشد.

یادداشتها:

(1)– حداقل زمان نگهداری برای ضخامت 1 in. (25 mm) یا کمتر. به ازای هر اینچ ضخامت اضافه تر از یک اینچ ضخامت (زمان نگهداری) ۱۵ دقیقه اضافه شود.

(2)– این دماهای پایین تر فقط برای متریال های P-No. 1 Gr. Nos. 1 and 2 مجاز است.

جدول-۷۷: جدول UCS-56.1 مطابق ASME Sec. VIII-Div.-1-2019

Table UCS-56.1
Alternative Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels

Decrease in Temperature Below Minimum Specified Temperature, °F (°C)	Minimum Holding Time [Note (1)] at Decreased Temperature, hr	Notes
50 (28)	2	...
100 (56)	4	...
150 (83)	10	(2)
200 (111)	20	(2)

GENERAL NOTE: Applicable only when permitted in Tables UCS-56-1 through UCS-56-11.

NOTES:
(1) Minimum holding time for 1 in. (25 mm) thickness or less. Add 15 min per inch (25 mm) of thickness for thicknesses greater than 1 in. (25 mm).
(2) These lower postweld heat treatment temperatures permitted only for P-No. 1 Gr. Nos. 1 and 2 materials.

مثال (b) : (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد):

چنانچه یک مخزن کُروی با متریال P-No.1 Gr.-1 و ضخامت 50mm جوشکاری گردد و به تست ضربه نیز نیاز داشته باشد اگر در برآورد اولیه در درجه حرارت نگهداری (Holding Temp.) و زمان نگهداری (Holding Time) آن تغییری ایجاد نگردد و عملیات حرارتی آن بطور عادی تهیه شود و بر اساس این اطلاعات، PQR انجام شود و سپس در هنگام اجرا تغییراتی در شرایط عملیات حرارتی آن اعمال شود، بطور نمونه در درجه حرارت نگهداری یا زمان نگهداری آن تغییراتی صورت گیرد بطوریکه دمای نگهداری کاهش یابد و به تبع آن زمان نگهداری نیز افزایش یابد این تغییرات پیش آمده مستلزم تهیه PQR جدید با شرایط جدید می باشد که یکی از این شرایط این است که قطعه‌ی PQR حداقل باید 80% زمان نگهداری (Holding Time) قطعه‌ی جوشکاری شده را دارا باشد.

توضیح بیشتر در مورد پاراگراف QW-407.2: وقتی تست ضربه ضروری باشد این پاراگراف متغیر اساسی تکمیلی می باشد. زمان نگهداری در درجه حرارت PWHT ازجمله 80% جمع زمانهای نگهداری در درجه حرارت PWHT باید تأیید گردد.

مثال (c) : (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد):

وقتی یک PQR که زمان نگهداری PWHT تست کوپن آن ۸ ساعت بوده است و انجام تست ضربه نیز بر روی آن ضروری می باشد کُد، استفاده از یک WPS تأیید شده را ملزم می نماید که مجموع زمانهای نگهداری در دمای آن PWHT بر روی جوشهای انجام شده در ساخت حداکثر ۱۰ ساعت باشد. یعنی اگر از ۱۰ ساعت بیشتر شد دیگر این PQR مناسب این جوشها نمی باشد و به PQR جدید نیاز می باشد.

بنابراین؛ کسی که از کُد استفاده می کند باید کلیه‌ی زمانهای نگهداری PWHT که یک قطعه‌ی جوشکاری شده ممکن است در ساخت بگذراند را پیش بینی نماید.

مثال (d) : (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد):

یک عدسی شکل داده شده به ضخامت .2in که پس از جوشکاری به مدت 2 ساعت در معرض عملیات PWHT قرار

شکل- ۲۰۹ : انواع متداول عدسی یا کلگی Head مخازن

گرفته باشد بایستی دارای PQR تأیید شده ای باشد که زمان نگهداری PWHT بر روی تست کوپن آن حداقل 1.6 ساعت باشد اما چنانچه این عدسی شکل داده شده بدلیل الزامات تکمیلی مخزن و یا به علت تعمیرات در معرض عملیات PWHT مجدد قرار بگیرد بطوریکه مجموع زمانهای نگهداری PWHT جوش این عدسی شکل داده شده 10 ساعت طول بکشد در این حالت PQR اولیه با شرایط ذکر شده در فوق ساپورت کننده جوشهای آن عدسی نمی باشد. بنابراین به PQR جدیدی مورد نیاز است که زمان نگهداری PWHT آن حداقل 80% یا 8 ساعت باشد تا یک WPS را که دارای تست ضربه می باشد و نیز مجموعاً 10 ساعت زمان نگهداری PWHT برای آن منظور شده است را پشتیبانی و تأیید نماید.

مثال (e) : (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد):

یک PQR از متریال P-No.1 Gr. 1 با ضخامت 40mm با انجام عملیات PWHT تهیه شده است. اگر زمان نگهداری در دمای PWHT بر روی این تست کوپن حداقل 7 ساعت باشد، زمان نگهداری PWHT قطعه جوشکاری شده با توجه

به ضخامت قطعه می بایست حداقل 1.6 ساعت باشد. حال بهر دلیلی این عملیات PWHT مردود اعلام شود و دو یا سه بار هم این عملیات تکرار شود یعنی (1.6 hr × 3 = 4.8 hr) باز تأیید است زیرا زمان نگهداری در دمای PWHT قطعه PQR مورد نظر بیش از 80% زمان نگهداری در دمای PWHT قطعه‌ی جوشکاری شده در ساخت را دارا است.

نکته‌ی مهم: وقتی PQR به تست ضربه و PWHT نیاز داشته باشد برای پرهیز از هرگونه دوباره کاری و نیز انجام PQR مجدد بدلیل تغییر احتمالی زمان و دمای عملیات PWHT در حین ساخت بایستی هنگام تهیه PQR زمان نگهداری عملیات PWHT را بیشتر در نظر بگیریم.

شرایط عملیات PWHT مطابق QW-407.2 برای مخزن کروی با ضخامت 50 mm فوق الذکر در WPSبه شکل زیر نوشته می شود. استاندارد مرجع برای این عملیات حرارتی استاندارد ASME Section VIII Div.1 می باشد. انجام PWHT برای مخزن کُروی که 110ºC دمای نگهداری آن را کاهش داده شده است.

از آنجاییکه دمای نگهداری (Holding Temp.) مخزن از 610ºC به 500ºC کاهش یافته در نتیجه زمان نگهداری (Holding Time) آن از دو ساعت به بیست و دو ساعت افزایش یافته است برای چنین شرایطی می بایست PQR جدیدی تهیه شود با در نظر گرفتن شرایط جدید، یعنی باید هنگام تهیه PQR زمان نگهداری حداقل 80% زمان واقعی را داشته باشد. (برای شرایطی که تست ضربه الزامی باشد) بنابراین حداقل زمان نگهداری عملیات حرارتی برای PQR حداقل 17.6 ساعت باشد که در واقع همان 80% زمان نگهداری بیست و دو ساعت است.

در مدرک WPS این بخش بدین صورت نوشته می شود:

*- چنانچه مخزن کروی تحت فشار فوق الذکر با متریال P-No.1 و ضخامت 50 mm باشد عملیات PWHT در WPS مطابق استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1 به این صورت نوشته می شود: در ابتدا 50 mm را به اینچ تبدیل می کنیم که می شود دو اینچ (2 in.) حالا [Heating Rate = 222 / 2 in. = 111ºC/hr] و

[Cooling Rate = 280 / 2 in. = 140ºC/hr] و

و زمان نگهداری مطابق جدول UCS-56.1 بیست و دو ساعت می باشد.

جدول-۷۸ : اطلاعات لازم در مورد PWHT در مدرک WPS

QW-407 POST WELD HEAT TREATMENT	
HEATING RATE (Max.) :	111ºC/hr
HOLDING TEMPRATURE (Min.) :	500ºC
HOLDING TIME (hr) :	22 / hr
COOLING RATE (Max.) :	140ºC/hr

نتیجه : تغییر در درجه حرارت (Holding Temp.) و زمان نگهداری (Holding Time) عملیات PWHT مطابق با QW-407.2 جزء متغیرات اساسی تکمیلی است و چنانچه PQR با تست ضربه تأیید شده باشد و حداقل 80% زمان نگهداری نیز رعایت نشده باشد هر گونه تغییر در این دو پارامتر نیاز به PQR جدید دارد. در این وضعیت چون کاهش دمای نگهداری موجب افزایش زمان نگهداری میشود مدت زمان نگهداری قطعه PQR در دمای مورد نظر باید حداقل 80% زمان نگهداری قطعه‌ی جوشکاری شده در ساخت (Production) را دارا باشد.

وقتی تعداد عملیات PWHT تکرار شود حالت تعادل میان زمان نگهداری قطعه‌ی PQR با قطعه‌ی موجود در ساخت از بین می رود، بطور نمونه:

(۱)- تعمیرات جوش بعد از عملیات PWHT که منجر به تکرار عملیات PWHT می شود.
(۲)- تغییر در برنامه‌ی عملیات حرارتی PWHT که به کاهش دمای نگهداری و افزایش زمان نگهداری منجر شود معمولاً این اتفاق در عملیات حرارتی مخازن تحت فشار کُروی رخ می دهد.
(۳)- خرابی دستگاه تنش زدایی در مرحله‌ی سرد کردن (Cooling Rate)، بالاتر از 300°C که منجر به مردود شدن عملیاتPWHT می شود و این عملیات مجدداً باید تکرار شود اما زمان نگهداری این عملیات مردود شده در نظر گرفته می شود و مدت زمان آن با زمان تنش زدایی قبل و بعد جمع می شود و زمان نگهداری قطعه‌ی PQR نباید از 80% مجموع این زمانها کمتر باشد.

.

توجه مهم:

مطابق با آخرین سطر از پاراگراف QW-407.2 مجموع زمانهای نگهداری چند بار عملیات PWHT را می توان در یک سیکل در نظر گرفت یعنی اگر مجموع زمانهای نگهداری چند بار عملیات حرارتی 10 ساعت باشد زمان نگهداری قطعه‌ی PQR باید حداقل 80% این زمان یعنی 8 ساعت باشد.

- بهترین روش برای اینکه پس از تهیه‌ی PQR مشکل تغییرات دما و زمان باعث تکرار انجام PQR مجدد نگردد این است که قبل از تهیه PQR بایستی تغییرات احتمالی دما و زمان در ساخت پیش بینی شود و زمان نگهداری لازم برای PQR در نظر گرفته شود.

برای درک بهتر پاراگراف QW-407.2 به پرسش هایی که در این زمینه از استاندارد ASME Sec. IX شده توجه نمایید:

Interpretation: No. 34
Interpretation: IX-92-84
Subject: Section IX, QW-407.2, Postweld Heat Treatment
Date Issued: November 22, 1993
File: BC93-586
Background: A PQR was welded on a 2 in. thick P-No. 1, Gr. 2 material and post weld heat treated at 1150°F for six hours (3 hrs/in.) with supplementary essential variable requirements.
Question: Will this PQR support a WPS for a production weld in 2 in. thick P-No. 1, Gr. 2 material that is PWHT at 1150°F for 2 hours (lhr/in.)?
Reply: Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-92-84 از گروه سؤالات شماره No. 34
موضوع: بخش IX و پاراگراف QW-407.2، عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری
شماره فایل: BC93-586
پیش زمینه: یک PQR ، بر روی متریال P-No. 1, Gr. 2 با ضخامت 2 in. جوشکاری شده است و در دمای 1150 °F به مدت ۶ ساعت (سه ساعت بر اینچ) و با رعایت الزامات اساسی تکمیلی عملیات حرارتی PWHT شده است.
سؤال: آیا این PQR یک WPS برای جوش تولیدی (Production) متریال P-No. 1, Gr. 2 با ضخامت 2 in. که در دمای 1150 °F به مدت ۲ ساعت (۱ ساعت بر اینچ) عملیات حرارتی PWHT شده است را ساپورت می کند؟
جواب: بله

Interpretation: IX-10-08
Subject QW-407.2, Postweld Heat Treatment
Date Issued: February 17, 2010

File: 09-513
Question: May a procedure qualification subject to the variable QW-407.2, for P-No. 8 material with solution annealing PWHT at 1,940°F (1 060°C) for 1 hr and impact tested, support a WPS for production with both solution annealing at 1,940°F (1 060°C) and stabilization heat treatment at 1,742°F (950°C) for 2 hr?
Reply: No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-10-08
موضوع: QW-407.2
شماره فایل: 09-513
سؤال: آیا ممکن است یک PQR تحت الزامات QW-407.2 برای متریال P-No. 8 که در دمای 1060°C به مدت یک ساعت عملیات حرارتی آنیل انحلالی (Solution Annealing) شده و نیز تست ضربه بر روی آن انجام شده است یک WPS برای جوش تولیدی (production) با هر دو عملیات حرارتی آنیل انحلالی در دمای 1060°C و عملیات حرارتی پایدارسازی (stabilization) در دمای 950°C به مدت ۲ ساعت را ساپورت کند؟
جواب: خیر

Interpretation: IX-04-15
Subject: QW-403.7, Base Metal Thickness Qualification and QW-407.2, PWHT Temperature and time range
Date Issued: December 22, 2004
File: BC04-1595
Question (1): Will a procedure qualification test coupon on 1.5 in. thick P-No. 1, Gr. 2 material and postweld heat-treated at 1,100°F for 1.5 hr with supplementary essential variable requirements met, support a WPS with supplementary essential variable requirements for production welding on 8 in. thick P-No. 1, Gr. 2 material that is PWHT at 1,100°F for 3.5 hr?
Reply (1): No.
Question (2): Based on the conditions stated in Question (1), could the PWHT time on the 8 in. thick weldment be increased to 4 hr and 10 min at 1,100°F and still be in compliance with Code requirements?
Reply (2): No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-04-15
موضوع: QW-403.7 تأیید ضخامت فلز پایه و QW-407.2 دمای PWHT و محدوده زمان
شماره فایل: BC04-1595
سؤال (۱): آیا یک تست کوپن PQR ، با ضخامت 1.5 in. بر روی متریال P-No. 1, Gr. 2 که مطابق با الزامات اساسی تکمیلی در دمای 1,100°F به مدت یک و نیم ساعت عملیات حرارتی شده است می تواند یک WPS برای جوش تولیدی (Production) بر روی متریال P-No. 1, Gr. 2 با ضخامت 8 in. که مطابق با الزامات اساسی تکمیلی در دمای 1,100°F به مدت سه و نیم ساعت عملیات حرارتی شده است را ساپورت می کند؟
جواب (۱): خیر
سؤال (۲): بر اساس شرایط توضیح داده شده در سؤال یک، زمان PWHT بر روی جوش با ضخامت 8 in. می تواند تا ۴ ساعت و ده دقیقه در دمای 1,100°F افزایش یابد بطوریکه همچنان با الزامات کد مطابقت داشته باشد؟
جواب (۲): خیر

Interpretation: IX-07-06
Subject: QW-407.1 and QW-407.2, Postweld Heat Treatment (2007 Edition)
Date Issued: December 11, 2007
File No: 07-1708
Background: A weld test coupon for a PQR was welded using P-No. 1, Group 2 plate material to itself and postweld heat treated at 1110°F - 1130°F (600°C - 610°C) for ten hours. The PQR documents all supplementary essential variable notch-toughness requirements. Notch-toughness is required and all qualification ranges are supported by the PQR for production welds.
Question: Will this PQR support a WPS that specifies a PWHT temperature range below the lower transformation temperature provided the time at temperature does not exceed 12.5 hours?
Reply: Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-07-06
موضوع: QW-407.1 & QW-407.2 عملیات تنش زدایی پس از جوشکاری PWHT
شماره فایل: 07-1708

پیش زمینه: یک تست کوپن PQR ، با استفاده از یک ورق P-No. 1, Gr. 2 به خودش جوشکاری شده است و به مدت ۱۰ ساعت در دمای 600°C - 610°C عملیات حرارتی شده است. بر اساس مدارک PQR کلیه الزامات اساسی تکمیلی تست ضربه نیاز می باشد. تست ضربه مورد نیاز و کلیه محدودیت های مربوط به تأیید صلاحیت بوسیله PQR برای جوشهای تولیدی (Production) ساپورت شده است.
سؤال : آیا این PQR یک WPS که محدوده دمای PWHT آن کمتر از دمای استحاله می باشد بشرطی که زمان نگهداری آن بیشتر از ۱۲/۵ ساعت نباشد را ساپورت می کند؟
جواب: بله

۸-۲- QW-409- Electrical Characteristics

* - QW-409.1- > Heat input

(جزء متغیرات تکمیلی اساسی)

* - پاراگراف QW-409.1- > Heat input افزایش گرمای ورودی:

ترجمه : افزایش Heat input یا افزایش حجم فلز جوش رسوب یافته بر واحد طول جوش، برای هر فرآیندی که در PQR

جدول-۷۹ : پاراگراف QW-409 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.4	ø Current or polarity		X	X
	.8	ø I & E range			X

ثبت شده است. برای جوشکاری قوس الکتریکی، این افزایش باید برای جوشکاری کنترل شده با جریان غیر موجی (Nonwaveform) بوسیله‌ی (a), (b) یا (c) و برای جوشکاری کنترل شده با جریان موجی (Waveform) بوسیله‌ی

(b) یا (c) تعیین گردد به ضمیمه‌ی Appendix H نگاه کنید. برای جوشکاری با پرتو لیزری با چگالی انرژی کم، افزایش بایستی بوسیله فرمول (d) در نظر گرفته شود.

*- پاراگراف QW-409.1(a) گرمای ورودی بر حسب [ژول بر اینچ (ژول بر میلیمتر)]

$$\text{Heat input [J/in. (J/mm)]} = \frac{\text{ولتاژ} \times \text{آمپر} \times ۶۰}{\text{سرعت حرکت [in./min (mm/min)]}}$$

*- پاراگراف QW-409.1(b) حجم فلز جوش با روشهای زیر اندازه گیری می شود:

(1)- افزایش اندازه‌ی مهره جوش (پهنا × ضخامت) یا

(2)- کاهش طول مهره جوش بر واحد طول الکترود

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

QW-409.1 An increase in heat input, or an increase in volume of weld metal deposited per unit length of weld, for each process recorded on the PQR. For arc welding, the increase shall be determined by (a), (b), or (c) for non-waveform controlled welding, or by (b) or (c) for wave-form controlled welding. See Nonmandatory Appendix H. For low-power density laser beam welding (LLBW), the increase shall be determined by (d).

(a) Heat input [J/in. (J/mm)]

$$= \frac{\text{Voltage} \times \text{Amperage} \times 60}{\text{Travel Speed}\left[\text{in/min}\left(\text{mm/min}\right)\right]}$$

(b) Volume of weld metal measured by

(1) an increase in bead size (width × thickness), or

(2) a decrease in length of weld bead per unit length of electrode

(c) Heat input determined using instantaneous energy or power by

(1) for instantaneous energy measurements in joules (J) *Heat input [J/in. (J/mm)]*

$$= \frac{\text{Energy}\left(J\right)}{\text{Weld Bead Length}\left[\text{in.}\left(\text{mm}\right)\right]}$$

(2) for instantaneous power measurements in joules per second (J/s) or Watts (W) *Heat input [J/in. (J/mm)]*

$$= \frac{\text{Power}\left(\text{J/s or W}\right) \times \text{arc time}\left(\text{s}\right)}{\text{Weld Bead Length}\left[\text{in.}\left(\text{mm}\right)\right]}$$

(d) LLBW Heat input [J/in. (J/mm)]

$$= \frac{\text{Power}\left(W\right) \times 60}{\text{Travel Speed [in./min (mm/min)]}}$$

where Power is the power delivered to the work surface as measured by calorimeter or other suitable methods.

The requirement for measuring the heat input or volume of deposited weld metal does not apply when the WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

شکل-۲۱۰ : پاراگراف QW-409.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-409.1(c) با بکار بردن انرژی آنی یا توان آنی با روش های زیر اندازه گیری می شود:

(1)- برای انرژی آنی اندازه گیری شده بر حسب ژول حرارت ورودی بر حسب [ژول بر اینچ یا ژول بر میلیمتر]

$$\text{Heat input [J/in. (J/mm)]} = \frac{\text{انرژی (ژول)}}{\text{طول مهره جوش [in./min]}}$$

(2)- برای اندازه گیری انرژی لحظه ای بر حسب ژول بر ثانیه (J/s) یا وات، حرارت ورودی بر حسب [ژول بر اینچ یا ژول بر میلیمتر]

$$\text{Heat input [J/in. (J/mm)]} = \frac{\text{توان (J/s یا وات)} \times \text{زمان قوس (ثانیه)}}{\text{طول مهره جوش [in./min]}}$$

*- پاراگراف QW-409.1(d) حرارت ورودی (Heat input) با بکار بردن

$$\text{LLBW Heat input [J/in. (J/mm)]} = \frac{\text{توان (وات)} \times 60}{\text{سرعت دست جوشکار برحسب [in./min (mm/min)]}}$$

وقتی انرژی در واقع انرژی دریافت شده از سطح قطعه کار می باشد در نتیجه بوسیله‌ی حرارت سنج یا روشهای مناسب دیگر اندازه گیری می شود.

وقتی PQR در درجه حرارت بالاتر از استحاله فازی بالایی عملیات حرارتیPWHT شده باشد یا یک متریال آستنیتی با P-No.-10H بعد از جوشکاری با عملیات Solution Annealing تأیید شده باشد، دیگر اندازه گیری Heat input یا حجم فلز جوش رسوب یافته بکار برده نمی شود.

توضیح : در این پاراگراف از دو اصطلاح استفاده شده است:

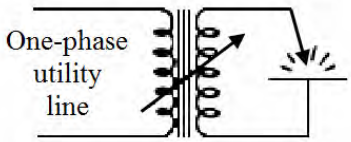
(۱)- اصطلاح Nonwaveform

(۲)- اصطلاح Waveform

*- منظور از Nonwaveform چیست؟

فرمول روشهای اندازه گیری حرارت ورودی (Heat input) مطابق با QW-409.1(a) یا QW-409.1(b) در استاندارد ASME Sec. IX قید شده است. از این فرمول زمانی استفاده می شود که جریان خروجی دستگاههای جوشکاری نسبتاً ثابت باشند. دستگاههایی که جریان خروجی آنها نسبتاً ثابت است در حقیقت دستگاههای جوشکاری کنترل شده بدون جریان موجی (Nonwaveform) می باشند.

Alternating current power sources for shielded metal arc welding (SMAW) and submerged arc welding (SAW) can be as simple as a single transformer



(a)

FIG. 2 SELECTED ALTERNATING CURRENT POWER SOURCES. (a) ALTERNATING CURRENT WELDING TRANSFORMER, ADJUSTABLE CORE OR WINDINGS.

ASM-Vol.-6 Hand book-Page-95

شکل-۲۱۱ : جریان AC برای روش SMAW & SAW

- منظور از waveform چیست؟ در استاندارد ASME Section IX-2019 در بخش Appendix H در مورد جوشکاری کنترل شده‌ی موجی (Waveform Controlled Welding) بحث شده است.

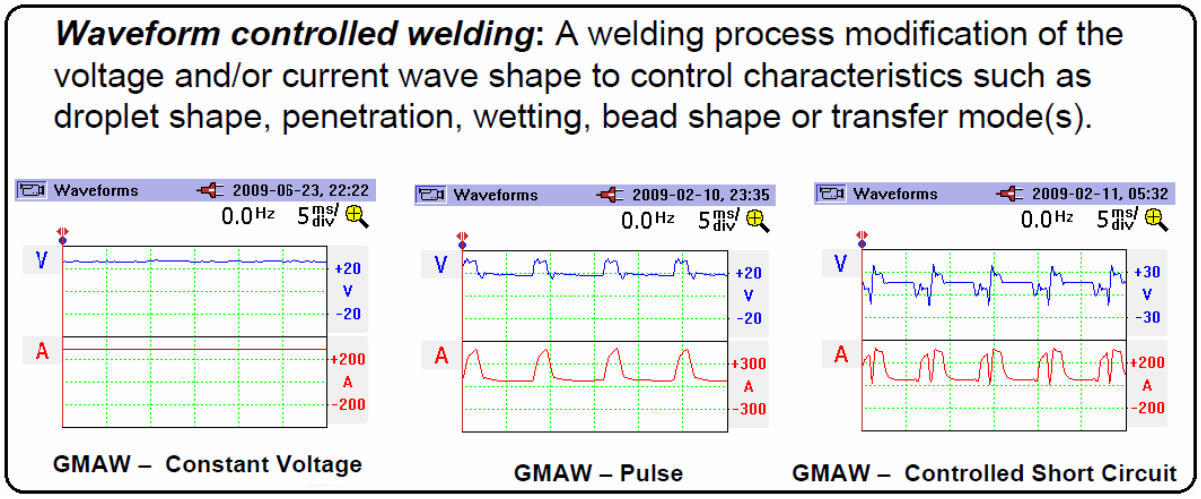
NONMANDATORY APPENDIX H
WAVEFORM CONTROLLED WELDING

H-200 WAVEFORM CONTROLLED WELDING AND HEAT INPUT DETERMINATION

Power sources that support rapidly pulsing processes (e.g., GMAW-P) are the most common waveform controlled power sources. Power sources that are marketed as synergic, programmable, or microprocessor controlled are generally capable of waveform controlled welding. In these cases, heat input is calculated by the methods outlined in either QW-409.1(b) or QW-409.1(c) when performing procedure qualification or to determine compliance with a qualified procedure.

شکل-۲۱۲ : پاراگراف (H-200) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : دستگاههای جوشکاری که فرآیند ایجاد پالس در آنها سریع می باشد (برای مثال GMAW-P) متداول ترین دستگاههای جوشکاری با جریان کنترل شده موجی شکل می باشند. دستگاههای جوشکاری که تحت عنوان Synergic Programmable, یا Microprocessor Controlled عرضه می شوند عمدتاً قادر به جوشکاری کنترل شده جریان موجی شکل می باشند. در چنین زمینه هایی وقتی PQR در حال انجام شدن باشد یا برای انطباق با یک دستورالعمل تعیین شده باشد حرارت ورودی (Heat input) بوسیله روشهای طرح ریزی شده در پاراگراف QW-409.1(b) یا QW-409.1(c) محاسبه میگردد.



شکل-۲۱۳ : روشهای جوشکاری با جریان کنترل شده موجی شکل Task Group API RP 582

Waveform controlled welding: A welding process modification of the voltage and/or current wave shape to control characteristics such as droplet shape, penetration, wetting, bead shape or transfer mode(s).

جوشکاری با جریان کنترل شده موجی شکل:

عبارت است از فرآیندی که در آن ولتاژ و یا شکل موجی جریان، اصلاح شده تا خصوصیاتی مانند شکل قطرات، نفوذ، قابلیت ترکنندگی، شکل مهره جوش یا Transfer mode را کنترل نماید. برای محاسبه‌ی حرارت ورودی این دستگاهها مطابق با QW-409.1(c) یا QW-409.1(b) عمل می شود.

چگونه حرارت ورودی را در جوشکاری فولادهای T1 کنترل کنیم؟

(فولادهای T1 مانند A514 و A517 در گریدهای B, F, H, Q)

کنترل حرارت ورودی برای جوشها در فولادهای T1 بستگی به فاکتورهای زیر دارد.

۱- آمپر، ولتاژ و سرعت حرکت قوس. حرارت ورودی (Heat input) جوشکاری اساساً بستگی به آمپر و سرعتی دارد که قوس در امتداد اتصال حرکت می کند. برای یک فرآیند جوشکاری معین تغییرات در ولتاژ قوس تاثیر نسبتاً کمی بر حرارت ورودی دارد. آمپر بیشتر حرارت ورودی بیشتری تولید می کند. سرعت حرکت آهسته‌ی قوس، حرارت ورودی بیشتری تولید می کند زیرا هر قسمت از اتصال که جوشکاری می شود زمان طولانی تری در معرض حرارت قوس قرار می گیرد.

۲- ضخامت قطعه ای که باید جوشکاری شود. یک قطعه ضخیم فولادی می تواند بیشتر از یک قطعه‌ی نازک حرارت جذب کند. بنابراین یک قطعه ضخیم از فولاد T1 می تواند نسبت به یک قطعه نازک حرارت ورودی بیشتری را تحمل کند.

۳- درجه حرارت (پیشگرمی یا بین پاسی) قطعه ای که باید جوشکاری شود. یک قطعه فولادی که بطور کلی گرم شده است نسبت به قطعه ای که درجه حرارت بالاتری بطور موضعی گرم شده است مانند آنچه در جوشکاری رخ می دهد با سرعت

کمتری حرارت را از دست می دهد. بنابراین یک قطعه فولادی T1 که در اثر پیشگرمی یا پاسهای قبلی جوشکاری گرم شده مانند یک قطعه‌ی سرد نمی تواند حرارت ورودی را تحمل نماید. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد که حرارت ورودی کاهش یابد یا اینکه صبر کنیم تا قطعه به درجه حرارت پایین تری کاهش یابد.

- وقتی PQR با تست ضربه تأیید می شود Heat input در WPS باید مشخص شود به این صورت که :

مقدار Heat input با توجه به عدد آمپر و ولتاژ و سرعت حرکت دست جوشکار بصورت یک محدوده محاسبه و اعلام می شود یا بصورت یک عدد که در حقیقت حداکثر مقدار Heat input است، بیان می شود. مثل نمونه زیر:

جدول-۸۰ : محاسبه‌ی حرارت ورودی (Heat input) در WPS

WELD LAYER	PROCESS	FILLER METAL		CURRENT		VOLT RANGE	TRAVEL SPEED RANGE mm/min	HEAT INPUT (Kj/Cm)	BRAND NAME
		CLASS	DIA (mm)	Type Polar	Amp Range (A)				
1 St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	111 ~ 135	10 ~ 12	4.91 ~ 6.92	9.62 ~ 19.79	ESAB
2 St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	119 ~ 128	17 ~ 18	4.08 ~ 7.93	15.3 ~ 33.88	ESAB
Filling	SMAW	E7018-G	3.2	DCRP	125 ~ 140	23 ~ 28	3.89 ~ 6.4	26.95 ~ 60.46	ESAB
Cap	SMAW	E7018-G	3.2	DCRP	125 ~ 138	25 ~ 28	4.8 ~ 6.23	30.09 ~ 48.3	ESAB

عدد حداکثر Heat input (رقم بیشتر آمپر × رقم کمتر ولتاژ × ۶۰ تقسیم بر رقم کمتر سرعت حرکت)

عدد حداقل Heat input (رقم کمتر آمپر × رقم بیشتر ولتاژ × ۶۰ تقسیم بر رقم بیشتر سرعت حرکت)

نتیجه : جوش پذیری بخصوص در مورد فولادهای کم آلیاژی با استحکام بالا شدیداً تحت تاثیر حرارت ورودی (Heat input) و سیکلهای حرارتی مربوط به فرآیند های جوشکاری قرار دارد. حرارت ورودی بسیار بالا می تواند منجر به ترک گرم شود در حالیکه حرارت ورودی بسیار پایین با پتانسیل افزایش هیدروژن و تنش مکانیکی می تواند منجر به ترک سرد شود. وقتی PQR با تست ضربه تأیید می شود افزایش حرارت ورودی جزء متغیرات اساسی می شود بنابراین بایستی به عواملی که باعث افزایش حرارت ورودی می شوند بیشتر توجه نمود تا به تهیه PQR جدید نیاز نباشد.

*- برای درک بهتر پاراگراف QW-409.1 به پرسش هایی که در این زمینه از استاندارد ASME Sec. IX شده توجه نمایید:

Interpretation: IX-04-12

Subject: QW-409.1, Electrical Characteristics, Heat Input

Date Issued: December 22, 2004

File No: 04-1013

Question (1): Does QW-409.1 require that the highest heat input, to be recorded on the PQR, be calculated on the parameters used at the location where the HAZ impact specimens are removed?

Reply (1): No.

Question **(2):** GTAW is a non-consumable electrode welding process that would record zero for the “per unit length of electrode” in QW-409.1(b). Therefore, can the weld volume method detailed in QW-409.1 be used to control the heat input for a nonconsumable electrode welding process such as GTAW?

Reply (2): See Interpretation IX-92-40.

ترجمه: تفسیر شماره IX-04-12

موضوع: QW-409.1 ؛ ویژگیهای الکتریکی برق؛ گرمای حرارت ورودی

شماره فایل: 04-1013

سؤال (۱): آیا براساس QW-409.1 نیاز است که بیشترین حرارت ورودی ثبت شده بر روی PQR بر روی پارامترهای استفاده شده در محل هایی که نمونه های تست ضربه HAZ از آنها تهیه می شود نیز محاسبه گردد؟

جواب (۱): خیر

سؤال (۲): فرآیند جوشکاری GTAW یک فرآیند جوشکاری بدون الکترود مصرفی می باشد که برای هر واحد طول از الکترود در QW-409.1(b) صفر ثبت می نماید. بنابراین آیا می توان از روش مقدار جوش توضیح داده شده در پاراگراف QW-409.1(b) برای کنترل حرارت ورودی برای یک فرآیند جوشکاری بدون الکترود مصرفی همچون GTAW استفاده شود؟

جواب (۲): تفسیر شماره IX-92-40 را ببینید.

Interpretation: IX-92-40

Subject: Section IX, QW-409.1, Electrical Characteristics

Date Issued: May 28, 1992

File: BC92-110

Question (1): When notch toughness tests are a requirement, and option QW-409.1(a) is chosen as a means of determining heat input, must the actual voltage, amperage, and travel speed used be recorded on the PQR?

Reply (1): Yes.

Question (2): When notch toughness tests are a requirement, and option QW-409.1 (b), bead size, is chosen as a means of determining heat input, must the actual bead width and height deposited to ascertain "Volume of Weld Metal" deposited be recorded on the PQR?

Reply (2): Yes.

Question (3): May either of the above methods be substituted for the other, when writing a WPS that has notch toughness requirements, by estimating the values of the "other" method [i.e., using option (a) (with estimated amps, volts, and travel speed) when option (b) (actual Volume of Weld Metal) was used when the test coupon was welded]?

Reply (3): No.

Question (4): When notch toughness tests are a requirement, and option QW-409.1 (b), bead size, is chosen as a means of determining heat input, can any electrode diameter be used as long as the volume of deposited weld metal, which is recorded on the PQR, is not exceeded?

Reply (4): Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-92-40

موضوع: QW-409.1 ؛ ویژگیهای الکتریکی برق

شماره فایل: BC92-110

سؤال (۱): آیا وقتی تست ضربه نیاز می باشد و انتخاب QW-409.1(a) به عنوان تعیین نمودن حرارتی ورودی می باشد، بایستی ولتاژ، آمپراژ و سرعت پیشروی مورد استفاده در PQR ثبت گردد؟

جواب (۱): بله

سؤال (۲): آیا وقتی تست ضربه نیاز می باشد و انتخاب QW-409.1(b) ، اندازه مهره جوش به عنوان اساس تعیین نمودن حرارتی ورودی است بایستی پهنا و ارتفاع مهره‌ی جوش رسوب داده شده به عنوان تعیین "حجم فلز جوش" رسوب داده شده در PQR ثبت گردد؟

جواب (۲): بله

سؤال (۳): آیا ممکن است یکی از روش های بالا که با روش دیگر جایگزین شده است مورد استفاده قرار گیرد هنگامی که تست کوپن PQR جوشکاری می گردد، وقتی یک WPS تدوین می گردد که تست ضربه نیاز دارد بوسیله ارزیابی کردن میزان روش دیگر بطور مثال: استفاده کردن انتخاب (a) (برای ارزیابی آمپراژ، ولتاژ، و سرعت پیشروی) و وقتی (b) انتخاب می گردد (حجم واقعی فلز پایه)؟

جواب (۳): خیر

سؤال (۴): وقتی تست ضربه نیاز می باشد و QW-409.1 (b) ، اندازه‌ی مهره‌ی جوش به عنوان تعیین کردن حرارتی ورودی تعیین شده است، آیا می توان هر قطر الکترودی را استفاده نمود به شرطی که حجم فلز جوش رسوب داده شده که در PQR ثبت شده است افزایش نیابد؟

جواب (۴): بله

Interpretation: IX-04-14

Subject: QW-200.2, Procedure Qualification Record and QW-409.1, Electrical Characteristics, Heat Input

Date Issued: December 22, 2004

File No: 04-1592

Question (1): Procedure Qualification tests were conducted with notch toughness testing. When documenting the PQR with actual variables (Amps, Volts, Travel Speed) that were recorded during welding of the test coupon, is it required that a single value be recorded for these variables in the PQR?

Reply (1): No. See QW-200.2(b).

Question (2): Must the volts, amps and travel speed used to calculate heat input for each process per QW-409.1 be measured in the same weld pass or unit length of weld?

Reply (2): Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-04-14

موضوع: QW-200.2, ثبت صلاحیت دستورالعمل و QW-409.1؛ خواص الکتریکی، حرارت ورودی

شماره فایل: 04-1592

سؤال (۱): یک PQR با تست ضربه انجام شده است، آیا هنگامی که متغیرات واقعی همچون آمپر، ولتاژ، سرعت پیشروی که در طول جوشکاری تست کوپن ثبت شده است را مستند سازی می کنند نیازی می باشد که برای این متغیرات در PQR نیز بصورت مقدار مجزا ثبت گردد؟

جواب (۱): خیر، پاراگراف QW-200.2(b). را ببینید.

سؤال (۲): آیا ولتاژ، آمپراژ، سرعت پیشروی مورد استفاده در حرارت ورودی برای هر فرآیند مطابق با QW-409.1 بایستی در همان پاس جوش یا مقدار طول جوش نیز محاسبه و اندازه گیری گردد؟

جواب (۲): بله

Interpretation: IX-92-87

Subject: Section IX, QW-403.6, Base Metals and QW-409.1, Electrical Characteristics

Date Issued: February 14, 1994

File: BC93-151

Background: Two PQRs have been qualified to support a WPS with notch toughness requirements and having a qualified base metal thickness range from $^{5}/_{16}$ in. to 2 in. inclusive. One PQR was qualified on 1 in. thick material with a maximum heat input of

85,000 J/in. The second was qualified on $^{5}/_{16}$ in. thick material with a maximum heat input of 45,000 J/in. All other essential and supplementary essential variables are the same.
Question (1): Is this WPS qualified for using 85,000 J/in. max. heat input on thicknesses $^{5}/_{16}$ in. to 2 in.?
Reply (1): No.
Question (2): Is the heat input value of 85,000 J/in. applicable to base metal thickness between $^{5}/_{8}$ in. to 2 in. and the heat input value of 45,000 J/in. applicable to base metal thicknesses between $^{5}/_{16}$ in. and $^{5}/_{8}$ in.?
Reply (2): Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-92-87
موضوع: QW-403.6 فلز مبناء و QW-409.1 ؛ خواص الکتریکی،
شماره فایل: BC93-151
پیش زمینه: دو عدد PQR با پشتیبانی یک WPS که دارای الزامات تست ضربه و نیز محدوده‌ی ضخامت فلز پایه از $^{5}/_{16}$ in. تا 2 in. می باشد، تأیید شده است. یک PQR آن بر روی متریال با ضخامت 1 in. با حداکثر حرارت ورودی 85,000 J/in. و PQR دیگر بر روی متریال با ضخامت 2 in. با حداکثر حرارت ورودی 45,000 J/in. تأیید شده است. تمام متغیرات اساسی و اساسی تکمیلی دیگر یکسان می باشند.
سؤال (۱): آیا این WPS برای ضخامت های $^{5}/_{16}$ in. تا 2 in. با حداکثر حرارت ورودی 85,000 J/in. تأیید می گردد؟
جواب (۱): خیر.
سؤال (۲): آیا مقدار حرارت ورودی 85,000 J/in. برای ضخامت های فلز پایه بین $^{5}/_{8}$ in. تا 2 in. و مقدار حرارت ورودی 45,000 J/in. برای ضخامت های فلز پایه بین $^{5}/_{16}$ in. تا 2 in. قابل کاربرد می باشد؟
جواب (۲): بله.

- ⁕ QW-409.4- ø Current or Polarity

جزء متغیرات اساسی تکمیلی است.

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

QW-409.4 A change from AC to DC, or vice versa; and in DC welding, a change from electrode negative (straight polarity) to electrode positive (reverse polarity), or vice versa.

شکل-۲۱۴ : پاراگراف QW-409.4 مطابق ASME Sec. IX-2019

⁕- پاراگراف QW-409.4
ترجمه : تغییر از جریان AC به DC و بالعکس و در جوشکاری با جریان DC تغییر از اتصال مستقیم (الکترود به قطب منفی SP) به اتصال معکوس (الکترود به قطب مثبت RP) یا بالعکس.
توضیح : پاراگراف QW-409.4 جزء متغیرات اساسی تکمیلی است و وقتی PQR بایستی با تست ضربه تأیید شود این شرایط در واقع متغیر اساسی می شوند اما با کمی دقت مشخص می شود در ستون متغیرات اساسی تکمیلی و نیز در ستون متغیرات غیر اساسی، در مقابل این متغیر علامت (x) مشخص شده است.

جدول-۸۱ : وضعیت پاراگراف QW-409.4

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-409 Electrical Characteristics	.4	ø Current or polarity		X	X

*- حال این سؤال پیش می آید چرا همزمان دو ستون با علامت (X) مشخص شده است ؟

*- جواب این است که وضعیت همه‌ی متغیرات اساسی و غیر اساسی که در جدول QW-253 برای روش جوشکاری SMAW با علامت (X) مشخص شده اند باید در WPS قید شوند. در ستون متغیرات تکمیلی اساسی چنانچه به تست ضربه نیاز باشد پارامترهایی که برای این روش با علامت (X) مشخص شده اند بایستی درWPS قید شوند اما اگر به تست ضربه نیاز نباشد در WPS از همه‌ی پارامترهای متغیر تکمیلی اساسی فقط پارامتری در WPS قید می شود که در ستون متغیرات غیر اساسی با علامت (X) مشخص شده باشد.

اگر جدول QW-253 با دقت بررسی شود مشخص می شود که از کل 10 پارامتر که متعلق به متغیرات تکمیلی اساسی می باشند فقط دو پارامتر آنها همزمان در دو ستون متغیرات تکمیلی اساسی و غیر اساسی با علامت (X) مشخص شده است که در واقع به این معنی است که بطور نمونه وضعیت نوع جریان برق و قطبیت جریان برق چه به تست ضربه نیاز داشته باشد و چه نداشته باشد باید در WPS مشخص گردد.

پاراگراف QW-409.4 چون جزء متغیرات اساسی تکمیلی است بنابراین وقتی PQR بایستی با تست ضربه تأیید شود تغییر در جریان برق از AC به DC یا بالعکس و همچنین در جوشکاری با جریان DC، تغییر از اتصال مستقیم (الکترود به قطب منفی DCSP یا DCEN) به اتصال معکوس (الکترود به قطب مثبت DCRP یا DCEP) یا بالعکس نیاز به PQR جدید دارد، در غیر اینصورت چنانچه به تست ضربه نیاز نداشته باشد این تغییرات جزء متغیرات غیر اساسی می شود و به PQR جدید نیازی ندارد فقط باید WPS آن اصلاح شده و تأییدیه بازرسی کارفرما اخذ شود.

*- وضعیت نوع جریان برق و قطبیت جریان برق در WPSبصورت زیر نوشته می شود:

جدول-۸۲ : وضعیت نوع و قطبیت جریان برق پاراگراف QW-409.4 در WPS

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS		
PROCESSES:	GTAW	SMAW
CURRENT :	DC	DC
POLARITY :	SP	RP
AMPERE RANGE :	111 ~ 135	125 ~ 140
VOLT RANGE :	10 ~ 12	23 ~ 28

*- QW-409.8- ø I & E range

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه : تغییر در محدوده‌ی شدت جریان به استثناء فرآیندهای SMAW, GTAW یا جوشکاری کنترل شده جریان موجی شکل، تغییر در محدوده‌ی ولتاژ. تغییر در محدوده‌ی سرعت تغذیه‌ی سیم الکترود می تواند به عنوان راهکار جایگزین برای محدوده‌ی شدت جریان مورد استفاده قرار گیرد. Appendix H را ببینید.

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

QW-409.8 A change in the range of amperage, or except for SMAW, GTAW, or waveform controlled welding, a change in the range of voltage. A change in the range of electrode wire feed speed may be used as an alternative to amperage. See Nonmandatory Appendix H:

شکل-۲۱۵ : پاراگراف QW-409.8 مطابق ASME Sec. IX-2019

توضیح : این پاراگراف جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر در پارامترهای آن نیاز به PQR جدید ندارد. برای فرآیندهای SMAW, GTAW معمولاً در WPS شدت جریانهایی که در زمان تهیه PQR ثبت شده اند قید می شود. در فرآیند های دیگر می توان تغییر در محدوده‌ی سرعت تغذیه‌ی سیم الکترود را جایگزین محدوده‌ی شدت جریان قرار داد.

عوامل مهم جوشکاری:

- شدت جریان (آمپر)
- طول قوس یا ولتاژ قوس
- سرعت پیشروی
- زاویه الکترود

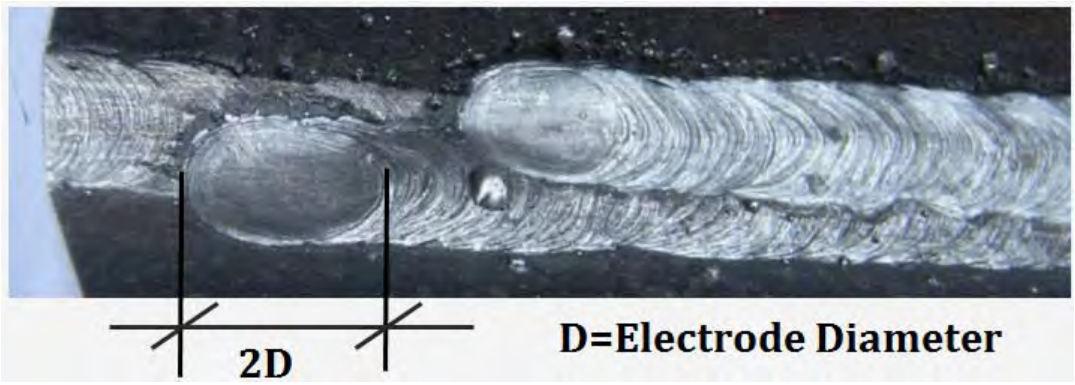
شدت جریان (آمپر) مناسب برای الکترود روپوش دار استاندارد، از نظر عددی تقریباً هزار برابر قطر الکترود بر حسب اینچ است.

$$\text{Size Electrode} = {}^{1}/_{8}\ \text{in.} = 0.125\ \text{in.} \times 1000 = \rightarrow 125\ \text{Ampere}$$

(مقدار آمپر مناسب برای الکترود با قطر ۳ میلیمتر)

آمپر اعلام شده برای جوشکاری در حالت تخت است. در حالت عمودی و سقفی آمپر به میزان 10تا 20% کمتر لازم است.

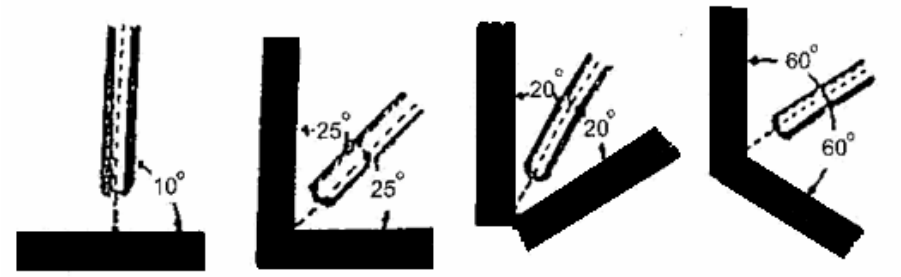
طول قوس عبارتست از فاصله بین نوک الکترود تا سطح قطعه مورد جوشکاری به هنگام برقراری قوس است. طول قوس با ولتاژ قوس رابطه مستقیم دارد. به ازاء هر یک میلیمتر طول قوس به 6.3 ولت نیاز است. طول قوس بایستی مقداری کمتر از قطر الکترود مورد استفاده باشد. سرعت پیشروی قوس متناسب با ضخامت فلز جوشکاری شده، مقدار جریان و اندازه شکل یا گرده دلخواه تغییر خواهد کرد.

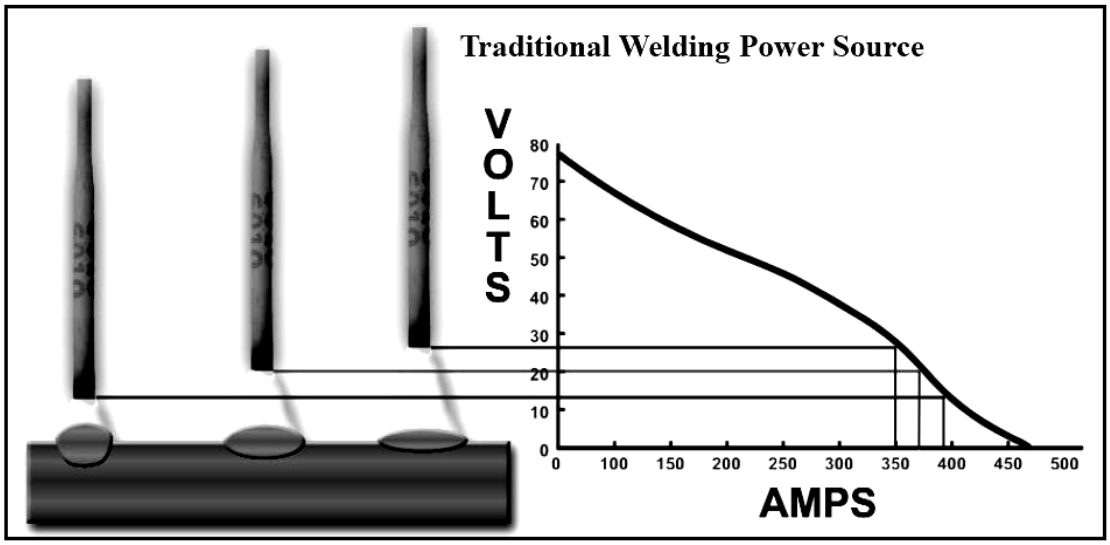


شکل-۲۱۶ : سرعت پیشروی مناسب

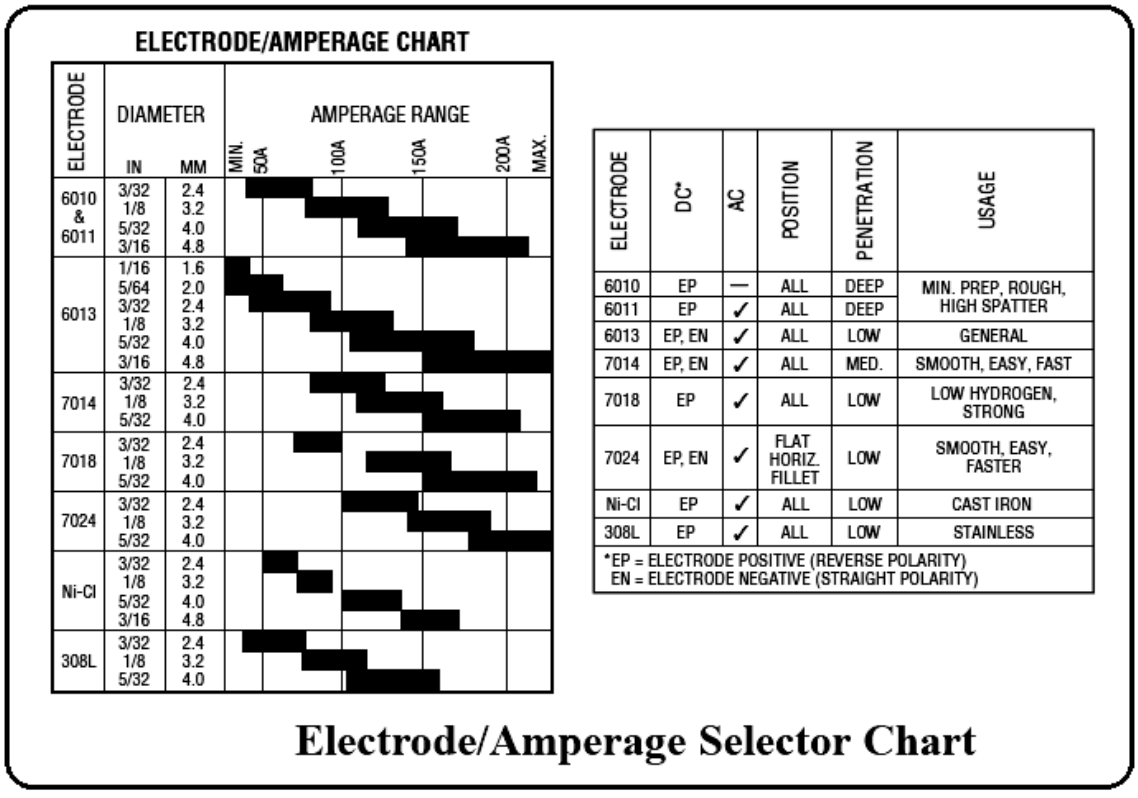
سرعت پیشروی مناسب = طول حوضچه مذاب، دو برابر قطر الکترود

الکترود در صفحه نیمساز دو صفحه جوش شونده قرار می گیرند. انحراف الکترود از حالت عمودی تا ۱۵ درجه بلامانع است.





شکل-۲۱۷ : وضعیت رابطه ولتاژ و آمپر



شکل-۲۱۸ : چارت انتخاب شدت جریان (آمپر)

*- چند سؤال و جواب از استاندارد در رابطه با آمپر و ولتاژ

Interpretation: IX-89-19
Subject: Section IX, QW-409.8
Date issued: February 27, 1989
File: BC88-476
Question (1): For the SMAW and GTAW processes, is it necessary to specify the amperage range, ie., non-essential variable, on the WPS when the voltage range is identified?
Reply (1): Yes.

ترجمه: تفسیر شماره IX-89-19
موضوع: QW-409.8
شماره فایل: BC88-476
سؤال (۱): آیا برای فرآیندهای SMAW و GTAW مشخص کردن مقدار آمپراژ به عنوان متغیر غیر اساسی در WPS نیاز است وقتی که مقدار ولتاژ مشخص شده است؟
جواب (۱): بله.

Interpretation: IX-89-36
Subject: Section IX, QW-409,8 and QW-422
Date Issued: January 3, 1990
File: BC89-357
Question (1): When a constant current power supply is used in SMAW and GTAW, is a voltage or voltage range required to be listed on the WPS, provided the voltage is addressed (i.e. N/A)? Notch-toughness testing is not applicable.
Reply (1): No.
Question (2): ASTM SB-163, 166, 167, and 168 - Specification for Nickel Chromium Alloys in various shapes and forms, include UNS No. N06600 and UNS No. N06690 material. In the PNo. 43 base material listing, only UNS No. N06600 is specified. May the UNS No. N06690 be included in the P-No. 43 grouping to reduce welding procedure qualifications?
Reply (2): No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-89-36
موضوع: QW-409.8 و QW-422
شماره فایل: BC89-357
سؤال (۱): آیا وقتی در فرآیند SMAW و GTAW نیروی جریان مستقیم استفاده می شود مقدار ولتاژ یا آمپراژ نیاز است در WPS ذکر گردد، بشرطی که ولتاژ نشان داده شده باشد (بطور نمونه N/A)؟ تست ضربه کاربردی ندارد.
جواب (۱): خیر.
سؤال (۲): مشخصه های ASTM SB-163, 166, 167 و 168 در فُرم و شکل های مختلف برای آلیاژهای کروم، نیکل شامل متریال UNS No. N06600 و UNS No. N06690 می باشد. در لیست متریال پایه P-No. 43 فقط شماره UNS No. N06600 مشخص شده است. آیا ممکن است UNS No. N06690 مشمول دسته بندی های P-No. 43 جهت کاهش دستورالعمل های جوشکاری گردد؟
جواب (۲): خیر.

Interpretation: IX-92-88
Subject: Section IX, QW-409.1 and QW-409.8 Electrical Characteristics
Date Issued: February 14, 1994
File: BC93-593
Question: Section IX, QW-409.8 and QW-409.1, require that the volts and amps be specified in the WPS. Does Section IX require voltage to be measured at a specific location in the welding circuit or the current to be measured using a specific type of meter (RMS, averaging or other type)?
Reply: No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-92-88
موضوع: بخش IX و پاراگراف QW-409.1 و QW-409.8 خواص الکتریکی
شماره فایل: BC93-593
سؤال: آیا براساس پاراگرافهای QW-409.1 و QW-409.8 از بخش نهم نیاز است که ولتاژ و آمپراژ در WPS مشخص گردد؟ آیا براساس بخش نهم نیاز است ولتاژ در یک محل مشخص در مدار یا جریان جوشکاری با استفاده از یک نوع مشخص از متر [(RMS)، میانگین یا نوع دیگری] اندازه گیری گردد؟
جواب: خیر.

Interpretation: IX-95-18
Subject: Section IX, QW-409.8, Electrical Characteristics
Date Issued: October 19, 1995
File: BC95-220
Question: Does Section IX require that a separate amperage range be specified for each filler metal size listed in the WPS? Reply: No.

ترجمه: تفسیر شماره IX-95-18
موضوع: بخش IX و پاراگراف QW-409.8 خواص الکتریکی
شماره فایل: BC95-220
سؤال: آیا بر اساس بخش نهم نیاز می باشد که برای هر سایز از فیلر متال لیست شده در WPS یک میزان آمپراژ جداگانه مشخص نمود؟
جواب: خیر.

۹-۲- QW-410- Technique

جدول-۸۳ : وضعیت پاراگراف QW-410 در جدول QW-253 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-410 Technique	.1	ø String or weave			X
	.5	ø Method cleaning			X
	.6	ø Method back gouge			X
	.9	ø Multiple to single pass/side		X	X
	.25	ø Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
	.64	Use of thermal processes	X		

- QW-410.1- ø String or weave

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.1 For manual or semiautomatic welding, a change from the stringer bead technique to the weave bead technique, or vice versa.

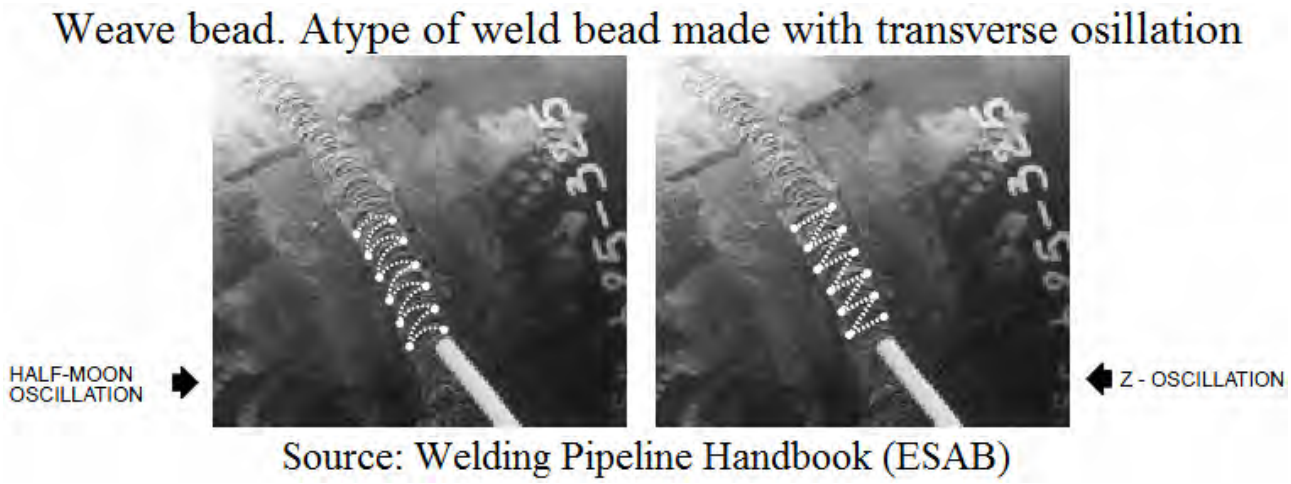
شکل-۲۱۹ : پاراگراف QW-410.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

- پاراگراف QW-410.1

ترجمه : برای جوشکاری دستی یا نیمه اتوماتیک تغییر از تکنیک مهره جوش خطی به مهره جوش موجی یا بالعکس.

توضیح : پاراگراف QW-410.1 جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر در این پارامتر به PQR جدید نیاز ندارد. در جوشکاری دستی یا نیمه اتوماتیک شکل بندی مهره های جوش به حرکت دست جوشکار بستگی دارد اگر این حرکت موجی باشد شکل جوش بدست آمده بصورت موجی است.

حرکت موجی (Weave Bead):



شکل-۲۲۰ : شکل موجی جوش

حرکت خطی (Stringer Bead):

اما اگر حرکت موجی نباشد شکل جوش ایجاد شده بصورت یکنواخت پشت سر هم چیده می شوند مانند شکل زیر:

شکل-۲۲۱ : شکل جوش در حالت خطی

*- QW-410.5- ø Method cleaning

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.5 A change in the method of initial and inter-pass cleaning (brushing, grinding, etc.).

شکل-۲۲۲ : پاراگراف QW-410.5 مطابق ASME Sec. IX-2019

پاراگراف QW-410.5 (جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه : تغییر در روش تمیز کاری اولیه و بین پاسی (برس زنی، سنگ زنی، غیره)

توضیح : پاراگراف QW-410.5 جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر در این پارامتر به PQR جدید نیاز ندارد.

برای بهتر نتیجه گرفتن از تست PQR بایستی تمیز کاری بین پاسی با دقت انجام شود تا قطعه عاری از هر گونه عیبی ناشی از سرباره های جوش گردد. برای برداشتن سرباره های بین پاسی می توان از وایر برس استفاده کرد.

انواع وایر برس برای تمیز کاری بین پاسی به شرح زیر می باشند:

انواع وایر برس:

■- وایر برس کاسه ای، دستی، صفحه ایی و انتهایی

شکل-۲۲۳ : انواع وایر برس ها

شکل-۲۲۴ : انواع وایر برس ها

باید دقت نمود در مورد متریالهای استنلس استیل از وایر برس استنلس استیل استفاده کرد. معمولاً تمایز وایر برس استنلس استیل با کربن استیل از روی رنگ آنها مشخص می شود که رنگ آبی برای استنلس استیل و رنگ قرمز برای کربن استیل می باشد.

صفحه سنگ:

بر روی صفحه سنگ مخصوص متریال استنلس استیل قید شده است" برای متریال استنلس استیل". همچنین بر روی صفحه سنگ مخصوص کربن استیل نیز قید شده است "استیل" که منظور همان کربن استیل است.

برخی از الکترودها مانند E6010 که الکترودی سلولزی است، در جوشکاری پاس ریشه (Root) از آن استفاده می شود. سرباره های این الکترود در منطقه پاس ریشه بسختی از سطح قطعه جوشکاری شده جدا می شود به همین علت از صفحه سنگ برای تمیزکاری سرباره های آن استفاده می گردد. اما برای تمیز کاری بین پاسی از وایر برس استفاده می شود.

شکل-۲۲۵ : صفحه سنگ های مخصوص کربن استیل؛ استنلس استیل و آلومینیوم

معمولاً در WPS برای این قسمت، استفاده از دو روش (استفاده از صفحه سنگ و وایر برس) پیشنهاد می شود.

*- QW-410.6- ø Method back gouge

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.6 A change in the method of back gouging.

شکل-۲۲۶ : پاراگراف QW-410.6 مطابق ASME Sec. IX-2019

پاراگراف QW-410.6

ترجمه : تغییر در روش Back Gouging

توضیح : برای متریالهای با ضخامت بالا که امکان دسترسی به دو طرف سطح کار امکان پذیر باشد برای جوشکاری آنها از لبه سازی با زاویه‌ی مناسب دو طرفه استفاده می کنند که اصطلاحاً Double-V-groove گفته می شود. در چنین طرح اتصالی وقتی یک طرف آن جوشکاری میشود قبل از جوشکاری سمت دیگر، پاس ریشه را با استفاده از Back Gouging برمی دارند سپس محل گوج شده را با استفاده از صفحه سنگ، سنگ زنی می کنند تا از هرگونه کربن باقی مانده بر روی سطح تمیز گردد تا سطحی عاری از هرگونه آلودگی برای انجام جوشکاری آماده شود. استفاده از عملیات Back Gouging نسبت به روش سنگ زنی بسیار با صرفه تر می باشد.

Arc Gouging چیست؟

در مجموعه‌ی دوم از مجموعه های پنجگانه‌ی استاندارد AWS در بخش پانزدهم این مجموعه یعنی WHB-2, CH-15 درمورد این روشها توضیح داده شده است.

برشکاری حرارتی (Arc Cutting & Gouging): مجموعه ای از فرآیندهای برشکاری حرارتی است که در آن فلز بوسیله ذوب شدن موضعی که ناشی از حرارت قوس بین الکترود و قطعه کار می باشد، برش می خورد.

رویه برداری حرارتی (Arc Gouging) یکی از فرآیندهای برشکاری حرارتی است که بوسیله‌ی ذوب شدن یا سوزاندن قسمتی از فلز، شیاری را ایجاد می کند.

انواع فرآیندهای برشکاری قوسی عبارتند از:

۱- برشکاری قوسی پلاسما	PAC
۲- برشکاری قوسی با کربن	CAC-A
۳- برشکاری قوسی با فلز محافظ	SMAC
۴- برشکاری قوسی با گاز	GMAC
۵- برشکاری قوسی با تنگستن	GTAC
۶- برشکاری قوسی با اکسیژن	AOG
۷- برشکاری قوسی کربن	CAC

هر کدام از این روش ها به نوبه‌ی خود دارای مزایا و معایبی می باشند. در هنگام انتخاب هر کدام از این روشها باید به عواملی همچون هزینه، حجم کار، تجهیزات، مهارت کاربر و... توجه نمود.

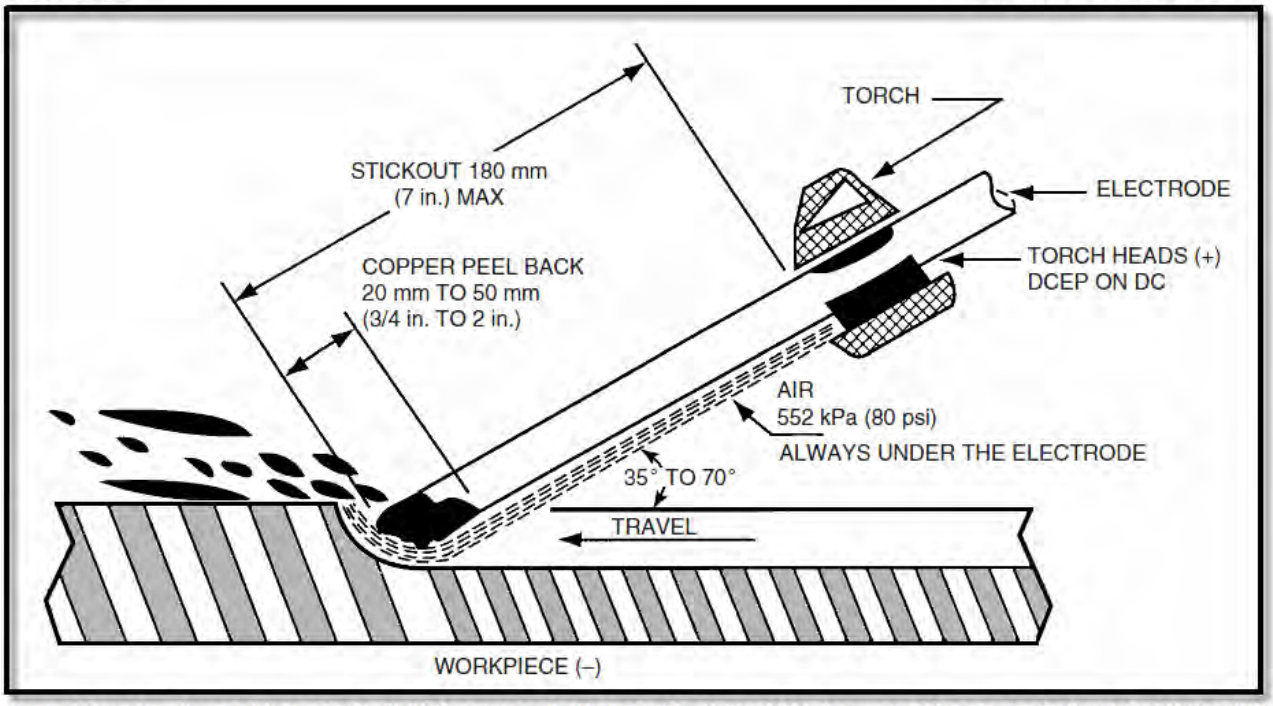
در بخش پانزده از مجموعه‌ی دوم در مورد برشکاری قوسی هوا-کربن توضیح داده شده است.

(*) - برشکاری قوسی هوا-کربن:

شرح فرآیند برشکاری قوسی هوا-کربن CAC-A ، یکی از فرآیندهای برشکاری قوسی کربنی است که در آن بوسیله‌ی جت هوا (Jet of Air) فلز مذاب برش می خورد. در این فرآیند در اثر حرارت شدید قوس بین الکترود کربن-گرافیت و قطعه کار، قسمتی از فلز (قطعه کار) ذوب می شود. به طور همزمان، هوای فشرده با حجم و سرعت کافی از میان قوس عبور می کند تا فلز مذاب را از منطقه برش دور کند. فلز جامد بی حفاظ بوسیله‌ی حرارت قوس، ذوب شده و برش به همین صورت ادامه می یابد.

این روش برشکاری را می توان برای فولادهای کربنی، فولادهای زنگ نزن، تعداد زیادی از آلیاژهای مس و چدن ها به کار برد. سرعت ذوب تابعی از جریان و نرخ برداشته شدن فلز مذاب است که وابسته به نرخ ذوب شدن می باشد. هوا باید قبل از انجماد قادر به خنک کردن فلز مذاب و تمیز کردن ناحیه قوس باشد.

در CAC به دو کاربر نیاز است. کاربر اول تورچ CAC را برای ذوب فلز نگه می دارد و کاربر دوم یک نازل با هوای فشرده را بر روی حوضچه‌ی مذاب بصورت مستقیم نگه می دارد. نگهدارنده های الکترودهای دستی برشکاری در CAC-A شبیه نگهدارنده های الکترود در جوشکاری هستند.



Source: Adapted from American Welding Society (AWS) Committee on Arc Welding and Arc Cutting, 2000, *Recommended Practices for Arc Gouging and Cutting*, AWS C5.3:2000, Miami: American Welding Society, Figure 2.

Figure 15.7—Schematic Illustration of the Air Carbon Arc Cutting Process

شکل-۲۲۷ : برشکاری قوسی هوا - کربن (گوجینگ) CAC-A

الکترود بوسیله‌ی سر قابل چرخش نگه داشته می شود. یک شیر هوا برای قطع یا برقرار کردن جریان هوا نیز در تورچ وجود دارد. بصورت معمول الکترود Gouging به دو صورت موجود است . بصورت گرد و تخت. قطر الکترود با ضخامت قطعه کار باید تناسب داشته باشد. هر چه ضخامت بیشتر باشد می توان از الکترود با قطر بالاتر استفاده کرد.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جلد ۱۳ – فرآیند های برشکاری و روشهای آماده سازی لبه) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

الکترودهای مناسب برای این کار سه نوع می باشند:

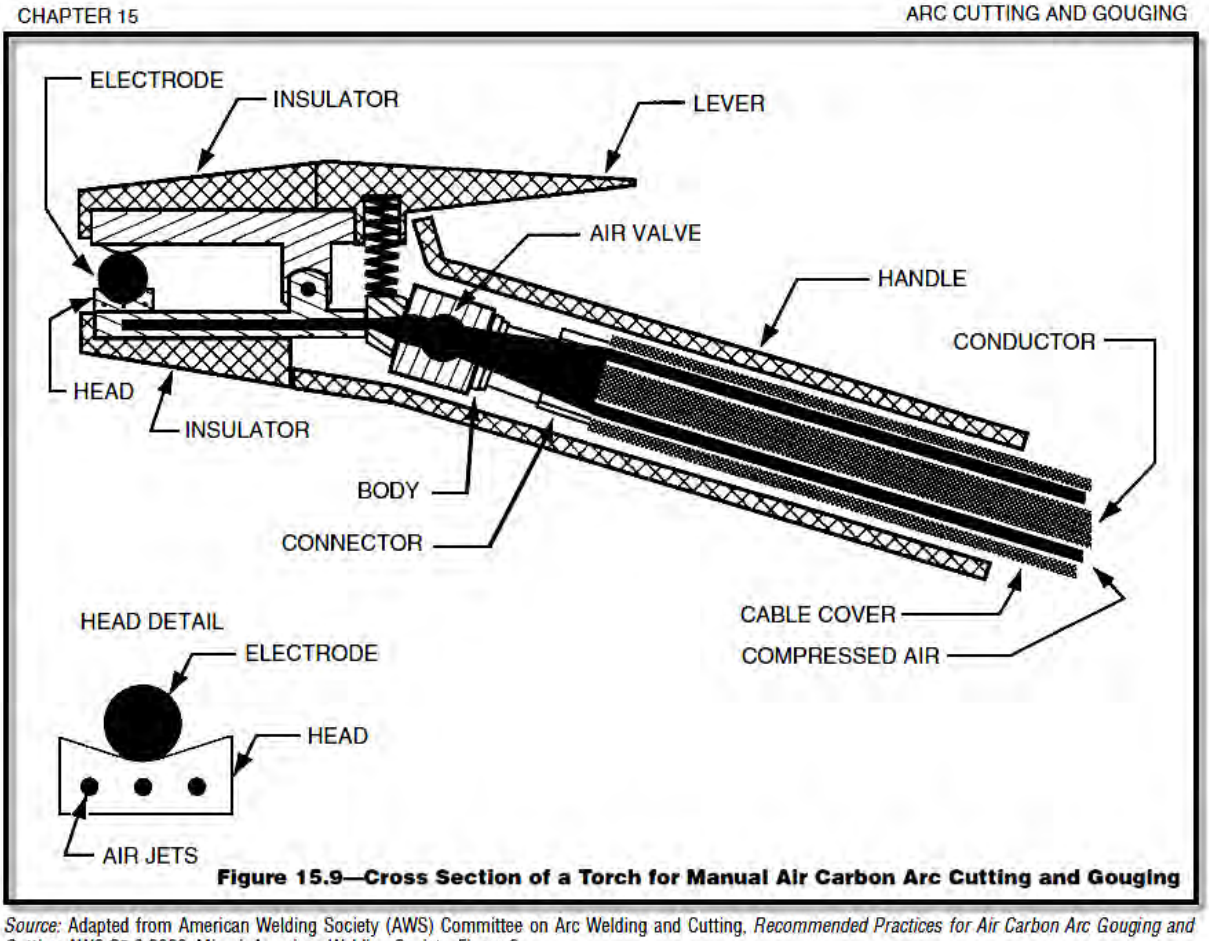
۱- الکترود DC پوشش داده شده بوسیله‌ی مس

۲- الکترود DC Plain

۳- الکترود AC پوشش داده شده بوسیله‌ی مس

در بیشتر موارد (کاربردها) از الکترودهای گرد استفاده می شود. الکترودهای تخت یا الکترودهای نیمه گرد برای ایجاد شیارهای قائم استفاده می گردند.

شکل-۲۲۸ : تورچ مخصوص برشکاری قوسی هوا - کربن (گوجینگ)



Source: Adapted from American Welding Society (AWS) Committee on Arc Welding and Cutting, *Recommended Practices for Air Carbon Arc Gouging and Cutting*, AWS C5.3:2000, Miami: American Welding Society, Figure 3.

شکل-۲۲۹ : مقطع عرضی تورچ مخصوص برشکاری قوسی هوا - کربن (گوجینگ)

شکل-۲۳۰ : دو نوع الکترود گوجینگ

● الکترود DC پوشش داده شده بوسیله‌ی مس:

این نوع الکترودها بدلیل عمر کاری بالا، خصوصیات قوس پایدار و یکنواختی شیار بیشترین کاربرد را دارند. این الکترودها از ترکیب ویژه ای از کربن و گرافیت ساخته می شوند و در نهایت از این ترکیب، الکترودهایی فشرده و همگن با مقاومت الکتریکی کم تولید می گردد. این الکترودها بوسیله‌ی ضخامت کنترل شده ای از مس، پوشش داده می شوند. قطر الکترودهای تولیدی در محدودی 3.2mm تا 19.1mm می باشد.

● الکترود DC Plain:

این الکترودها بوسیله‌ی مس پوشش داده نشده اند و در هنگام برشکاری سریعتر از الکترودهای پوشش داده شده مصرف می شوند. الکترودهای صفحه ای در محدوده اندازه قطر 3.2mm تا 25.1mm در دسترس می باشند اما قطر 9.5mm بیشترین مصرف را دارد.

● الکترود AC پوشش داده شده بوسیله‌ی مس:

این الکترودها از ترکیبی از کربن و گرافیت برای تامین کردن پایداری قوس برای برشکاری با یک جریان متناوب ساخته شده اند. این الکترودها با مس پوشش داده شده اند و در محدوده قطر های ۴/۸ میلیمتر تا ۱۲/۷ میلیمتر می باشند.

عملیات برشکاری قوسی هوا - کربن (گوجینگ) به دو منبع تغذیه زیر نیاز دارد:

۱- منبع توان

۲- منبع تغذیه هوا

■ منبع توان :

بیشتر منابع توان جوشکاری می توانند در فرآیند برشکاری *(CAC) استفاده شوند. ولتاژ مدار باز باید به طور مؤثری بیشتر از ولتاژ قوس باشد. ولتاژ قوس در برشکاری قوسی هوای کربنی از $35^{(V)}$ تا $55^{(V)}$ است. ولتاژ مدار باز حداقل $60^{(V)}$ است. ولتاژ قوس در برشکاری قوسی کربنی با توجه به اندازه الکترود و کاربرد آن قابل کنترل می باشد.

* = Carbon Arc Cutting

■ منبع تغذیه هوا :

برای رویه برداری برش قوسی هوای کربنی معمولاً هوای فشرده با فشاری در محدوده‌ی 560 تا 700 Kpa، توصیه می شود. جایی که هوای فشرده در دسترس نمی باشد از نیتروژن فشرده شده یا گاز خنثی استفاده می شود. اکسیژن نباید در نگهدارنده الکترود CAC-A استفاده شود. جریان هوا باید دارای حجم و سرعت کافی باشد تا بتواند فلز ذوب شده را از محل بریده شده جا بجا کند. دهانه تورچ قوس هوا-کربن طوری طراحی شده است که بتواند جریان هوای کافی برای رویه برداری را تامین و تنظیم کند اما اگر فشار هوا کم یا حجم شیلنگ حامل کوچک یا سایر عوامل مؤثر به طور دقیق

تنظیم نشده باشند، ممکن است رویه برداری به صورت کامل انجام نگیرد. قطر داخلی شیلنگ ها و سایر ابزارها باید به اندازه ی کافی بزرگ باشند تا بتوانند هوا را به راحتی به نگهدارنده‌ی الکترود برسانند. حداقل قطر درونی شیلنگ برای کاربردهای عمومی 9.5mm می باشد. کاربردهای فرآیند CAC-A می تواند در مورد فولادهای زنگ نزن، فولادهای کم آلیاژ و فولادهای کربنی به کار برود.

*- دو نمونه از کمپرسورهای تأمین کننده هوای فشرده، جهت استفاده در عملیات گوجینگ:

شکل-۲۳۱ : کمپرسورهای مختلف

یک نمونه دستگاه مخصوص عملیات گوجینگ:

شکل-۲۳۲ : دستگاه رکتیفایر گوجینگ

نتیجه : پاراگراف QW-410.6 جزء متغیرات غیر اساسی است. بنابراین تغییر در روش Back Gouging نیاز به تهیه‌ی PQR جدید ندارد. به عبارتی دیگر، تغییر در روشهای زیر نیاز به تهیه PQR جدید ندارند.

۱- برشکاری قوسی پلاسما	PAC
۲- برشکاری قوسی با کربن	CAC-A
۳- برشکاری قوسی با فلز محافظ	SMAC
۴- برشکاری قوسی با گاز	GMAC
۵- برشکاری قوسی با تنگستن	GTAC
۶- برشکاری قوسی با اکسیژن	AOG
۷- برشکاری قوسی کربن	CAC

*- QW-410.9- ø Multiple to single pass/side

(جزء متغیرات تکمیلی اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.9 A change from multipass per side to single pass per side. This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

شکل-۲۳۳ : پاراگراف QW-410.9 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-410.9

ترجمه : تغییر از چند پاس بودن در هر طرف جوش به تک پاس بودن . وقتی PQR با عملیات حرارتی PWHT در بالاتر از درجه حرارت استحاله فازی بالایی انجام شده باشد یا یک متریال آستنیتی یا P-No. 10H پس از جوشکاری با عملیات حرارتی Solution Annealing تأیید شده باشد این متغییر کاربرد ندارد.

توضیح : پاراگراف QW-410.9 جزء متغیرات تکمیلی اساسی است و چنانچه PQR بایستی با تست ضربه تأیید شود جزء متغیرات اساسی محسوب می شود. این پاراگراف به این موضوع اشاره دارد که چنانچه یک PQR به دلایلی همچون ضخامت بالا، در هر طرف با چند پاس جوشکاری شده باشد و به تست ضربه نیز نیاز داشته باشد نمی تواند WPS مربوط به وضعیت یک جوش تک پاسی را تأیید کند. دلیل اصلی برمی گردد به حرارت ورودی، چونکه در جوش چند پاسه مطمئناً حرارت ورودی (Heat input) به مراتب از جوش تک پاسی کمتر است مخصوصاً در ضخامت های بالا.

نتیجه : وقتی PQR به تست ضربه نیاز داشته باشد تغییر از جوش چند پاس به جوش تک پاس نیاز به تهیه PQR جدید با شرایط جدید دارد.

شکل-۲۳۴ : نمایی از یک جوش چند پاسه

*- QW-410.25- ø Manual or automatic

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.25 A change from manual or semiautomatic to machine or automatic welding and vice versa.

شکل-۲۳۵ : پاراگراف QW-410.25 مطابق ASME Sec. IX-2019

پاراگراف QW-410.25:

ترجمه : تغییر از جوشکاری دستی یا نیمه اتوماتیک به جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک و بالعکس.

توضیح : پاراگراف QW-410.25 جزء متغیرات غیر اساسی است. بنابراین تغییر در روش جوشکاری نیاز به تهیه PQR جدید ندارد. به عبارتی دیگر تغییر در تکنیک جوشکاری مانند تغییر از جوشکاری دستی یا نیمه اتوماتیک به جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک نیازی به تهیه PQR جدید ندارد.

*- تعریف مختصری از تکنیک های جوشکاری:

Manual Welding:

جوشکاری دستی: یک نوع تکنیک جوشکاری است که تمام عملیات جوشکاری توسط دست جوشکار انجام و کنترل می شود.

Semiautomatic arc welding:

جوشکاری قوسی نیمه اتوماتیک : نوعی جوشکاری قوسی است که یک دستگاه، تغذیه فیلر متال را کنترل می کند ولی پیش بردن عملیات جوشکاری توسط دست کنترل می گردد.

Machine Welding:

جوشکاری ماشینی : جوشکاری با دستگاهی که عملیات جوشکاری را تحت نظارت و کنترل یک اپراتور جوشکاری انجام می دهد. دستگاه ممکن است قادر به بار گذاری اجزاء مورد جوشکاری و پیاده کردن قطعه کار باشد و یا ممکن است نباشد.

Automatic Welding:

جوشکاری اتوماتیک : جوشکاری با دستگاهی که بدون نیاز به تنظیم و کنترل نمودن توسط اپراتور جوشکاری عملیات جوشکاری را بطور اتوماتیک انجام می دهد. دستگاه ممکن است قادر به بار گذاری اجزاء مورد جوشکاری و پیاده کردن قطعه کار باشد و یا ممکن است نباشد.

نتیجه : مطابق : پاراگراف QW-410.25 تغییر تکنیک های جوشکاری نسبت به یکدیگر جزء متغیرات غیر اساسی است و تغییر در آنها نیازی به تهیه PQR جدید ندارد زیرا روش جوشکاری تاثیری در خواص مکانیکی جوش ایجاد نمی کند.

*- QW-410.26- ± Peening

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.26 The addition or deletion of peening.

شکل-۲۳۶ : پاراگراف QW-410.26 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- پاراگراف QW-410.26:

ترجمه : اضافه شدن یا حذف کردن Peening

توضیح : اضافه یا حذف کردن Peening جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر در آن به PQR جدید نیازی ندارد.

Peening چیست؟

برای کنترل پیچیدگی (Distortion) و آزاد کردن تنشهای پسماند (Relieve Residual Stress) از Peening استفاده می شود که در واقع ضربات آهسته و قابل کنترلی است که به سطح جوش وارد می شود. این ضربات میتوانند دستی یا برقی یا بوسیله‌ی ابزارهای بادی انجام شوند که در واقع برای جداکردن سرباره های جوش استفاده می شود. از این روش در پاس ریشه (Root Pass) و پاس آخر (Final Pass) استفاده نمی شود مگر اینکه برروی جوش های مذکور عملیات حرارتی PWHT انجام شده باشد. باید توجه نمود به هیچ عنوان Peening نمی تواند جایگزین تنش زدایی PWHT شود.

عملیات Peening به روشهای مختلف اعمال می گردد. ممکن است بصورت دستی یا با استفاده از هوای فشرده یا هم جریان برق باشد.

شکلهایی از انواع روشهای Peening

شکل-۲۳۷ : انجام عملیات Peening با روشهای متفاوت

*- QW-410.64- Use of thermal processes

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.64 For vessels or parts of vessels constructed with P-No. 11A and P-No. 11B base metals, weld grooves for thicknesses less than $^{5}/_{8}$ in. (16 mm) shall be prepared by thermal processes when such processes are to be employed during fabrication. This groove preparation shall also include back gouging, back grooving, or removal of unsound weld metal by thermal processes when these processes are to be employed during fabrication.

شکل-۲۳۸ : پاراگراف QW-410.64 مطابق ASME Sec. IX-2019

پاراگراف QW-410.64:

ترجمه : چنانچه در مخازن یا بخشهایی از مخازن که از متریالهای P-No. 11A و P-No. 11B ساخته شده اند از فرآیندهای حرارتی استفاده شده باشد، شیار جوشها برای ضخامت کمتر از [$^{5}/_{8}$ in. (16mm)] نیز باید توسط همان فرآیند حرارتی آماده سازی گردد. این آماده سازی شیار باید شامل Back Gouging یا شیار زنی طرف دیگر اتصال یا سنگ زنی فلز جوش ناسالم توسط فرآیندهای حرارتی که در حین ساخت بکار برده می شوند نیز باشد.

توضیح : مطابق این پاراگراف برای مخازن یا قسمتی از مخازن که متریال آنها P-No. 11A و P-No. 11B می باشند اگر از فرآیندهای حرارتی برای آماده سازی لبه ها استفاده شده باشد شیار جوشها برای ضخامت کمتر از [$^{5}/_{8}$ in. (16mm)] نیز باید توسط همان فرآیند حرارتی آماده سازی گردد.

درمورد فرآیندهای حرارتی قبلاً توضیح داده شد اما در اینجا مجدداً نیز به فرآیند های مذکور اشاره می گردد:

۱- برشکاری قوسی پلاسما	PAC
۲- برشکاری قوسی با کربن	CAC-A
۳- برشکاری قوسی با فلز محافظ	SMAC
۴- برشکاری قوسی با گاز	GMAC
۵- برشکاری قوسی با تنگستن	GTAC
۶- برشکاری قوسی با اکسیژن	AOG
۷- برشکاری قوسی کربن	CAC

(*) از فرآیندهای حرارتی در صنعت بیشتر برای برشکاری یا لبه سازی استفاده می شود. برشکاری حرارتی یا شعله ای به دو صورت انجام می شود: (۱)- برشکاری دستی (۲)- برشکاری ماشینی

برشکاری حرارتی به دو روش برشکاری شعله ای و برشکاری ذوبی تقسیم می شود. هر دو فرآیند برای آماده سازی درز جوش ورقها، پرفیلها و لوله ها به کار می روند.

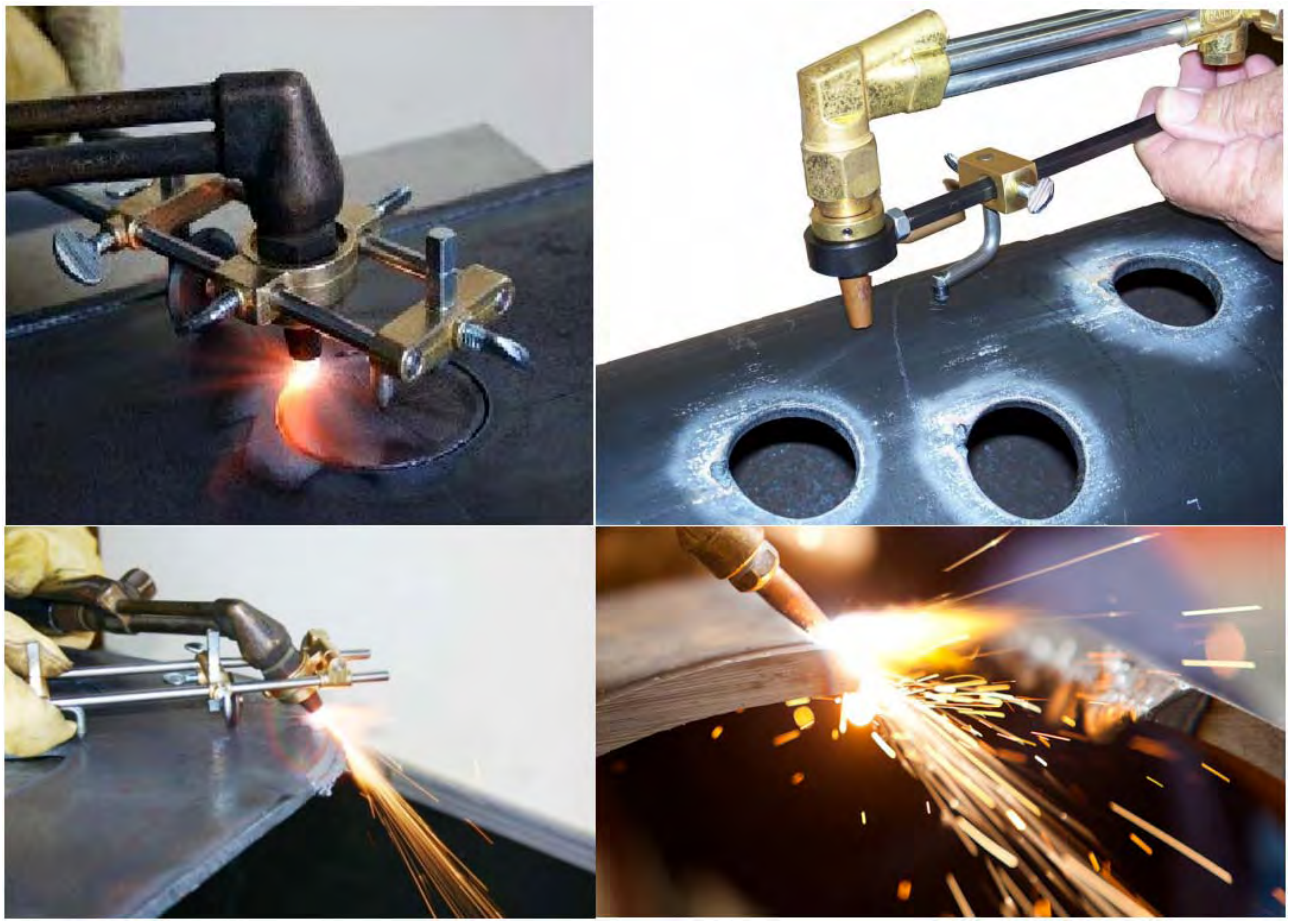
از دیدگاه اقتصادی برشکاری شعله ای حالتی بین برش زدن و ماشینکاری می باشد. برش زدن عمدتاً برای مواد نازک و برشکاری شعله ای برای مواد ضخیم بکار می رود.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (فرآیندهای برشکاری و روشهای آماده سازی لبه) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

شکل-۲۳۹ : دستگاه برش شعله ای دستی

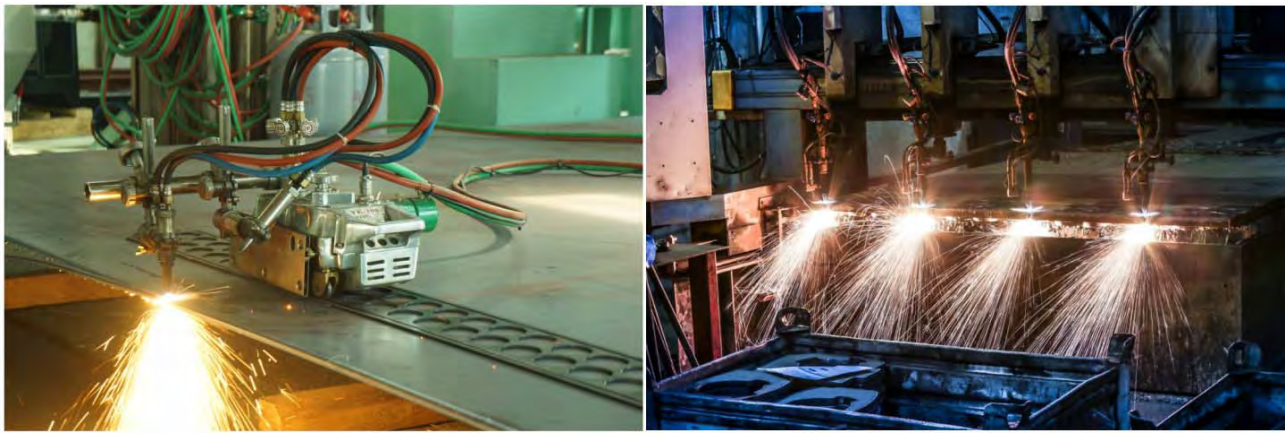
شکل-۲۴۰ : برشکاری دستی به شکل مستقیم

برشکاری دستی هم به شکل مستقیم قابل اجرا می باشد و هم به شکل چرخشی امکان پذیر است.



شکل-۲۴۱ : برشکاری دستی به شکل چرخشی و مستقیم

شکل-۲۴۲ : برشکاری گرد توسط دستگاه برش ماشینی



شکل-۲۴۳ : برشکاری مستقیم توسط دستگاه برش ماشینی

برشکاری با لوله دمنده بوسیله دست می تواند با توجه به نوع کاربرد به صورت مستقیم یا چرخشی انجام گیرد. در برشکاری ماشینی، تورچ برشکاری به طور ثابتی نگه داشته می شود و عمل برش با یک سرعت ثابت انجام می گیرد و یک برش بسیار دقیق ایجاد می گردد. لبه های ایجاد شده در این حالت نیاز به عملیات ماشینکاری یا تمام کاری نهایی ندارند و اکسیدها از قسمت برش خورده به سادگی بوسیله ی برس سیمی خارج می گردند.

برشکاری اکسی گاز:

برشکاری شعله ای اکسی گاز برای فولادهای غیر آلیاژی و فولادهای کم آلیاژی با ضخامت 3mm تا 100mm مناسب می باشد. هنگامی که در حضور اکسیژن درجه حرارت تقریباً به 1100°C می رسد، سوختن رخ می دهد و در نتیجه گرما و سرباره ایجاد می شود. در تماس با هوا، فولاد در 1500°C ذوب می شود. حرارت شعله سطح ماده را تا درجه حرارت احتراق گرم و آنرا از انواع آلودگی ها تمیز می کند سپس قطعه کار در امتداد مسیر گاز اکسیژن می سوزد. در نهایت عمل برش بوسیله‌ی حرکت تورچ برشکاری انجام می شود و سرباره با ویسکوزیته ی پایین از شیار برش خورده خارج می شود. درجه حرارت ذوب لایه اکسیدی (سرباره) باید کمتر از درجه حرارت ذوب فلزات پایه باشد.

شعله شامل گاز (C_2H_2) و اکسیژن خالص ($99.5\%O_2$) یا گاز پروپان و اکسیژن خالص است. در واقع گازهای گرمایش شعله عبارتند از:

شکل-۲۴۴ : مکانیزم برشکاری شعله ای اکسی گاز

۱- گاز طبیعی، پروپان، استیلن

۲- اکسیژن

گاز برشکاری اکسیژن است.

مواد مناسب برای برشکاری اکسی گاز باید دارای مشخصه های زیر باشد:

a)- ماده باید قابلیت سوختن توسط شعله اکسیژن را داشته باشد.

b)- درجه حرارت احتراق برای سوختن باید کمتر از درجه حرارت ذوب ماده مورد نظر باشد.

c)- درجه حرارت ذوب لایه اکسید باید کمتر از درجه حرارت ذوب فلز یا ماده مورد نظر باشد.

d)- سرباره سوخته شده باید دارای گرانروی پایین باشد.

e)- هدایت حرارتی ماده مورد نظر باید پایین باشد.

موادی که شرایط بالا را برآورده می کنند عبارتند از:

۱- فولاد غیر آلیاژی

۲- فولاد کم آلیاژی

۳- چدن ها

نکته مهم: فولادهای با درصد کربن کمتر از 0.3% بدون مشکل خاصی قابل برشکاری گازی هستند اما فولادهای با درصد کربن (0.3% ~ 2%) نیاز به پیشگرم دارند.

فولادی که درصد کربن آن بیشتر از 0.3% باشد اگر بدون پیش گرم برشکاری شوند امکان ایجاد ترک در قطعه وجود دارد مطابق شکل زیر که مربوط به متریال CK45 است و بدون پیشگرم برشکاری شده است.

مواد نامناسب برای برشکاری شعله ای:

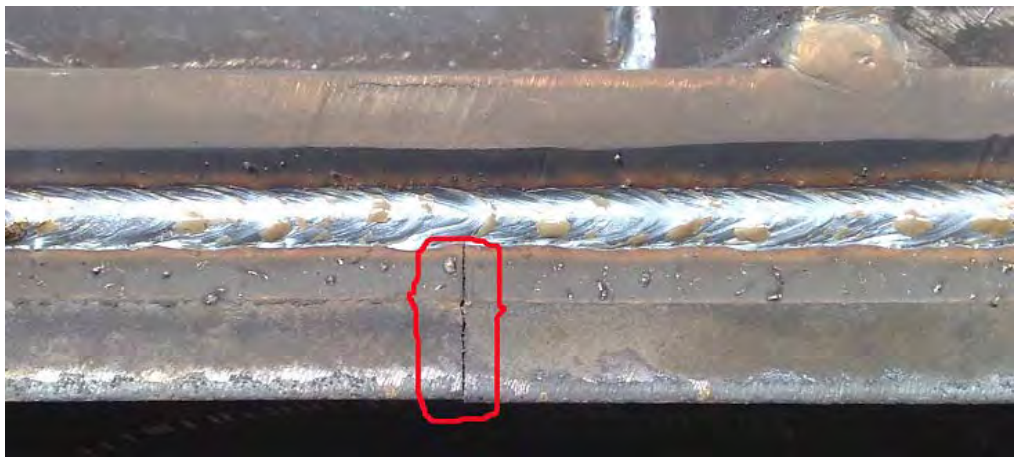
۱- آلومینیوم ← شرط c را بر آورده نمی کند.

۲- فولاد پر آلیاژ ← شرط d را بر آورده نمی کند.

۳- مس ← شرط e را بر آورده نمی کند.

۴- چدن خاکستری ← شرط a را بر آورده نمی کند.

شکل-۲۴۵ : ایجاد ترک در متریال CK45 بر اثر عدم پیشگرم قبل از عملیات برشکاری



شکل-۲۴۶ : ایجاد ترک در متریال CK45 بر اثر عدم پیشگرم قبل از عملیات برشکاری

نتیجه : وقتی در مخازن یا بخشهایی از مخازن که از متریال های P-No. 11A و P-No. 11B ساخته شده اند از فرآیند حرارتی خاصی استفاده شود، آماده سازی لبه های شیار جوشها برای ضخامت کمتر از [$^{5}/_{8}$ in. (16mm)] نیز باید توسط همان فرآیند حرارتی آماده سازی گردد. یعنی اگر برای لبه سازی از فرآیندهای حرارتی مثل برشکاری اکسی گاز استفاده می شود آماده سازی برای Back Gouging نیز باید از روش برشکاری اکسی گاز استفاده شود.

توجه : با بررسی متریالهای P-No. 11A و P-No. 11B مشخص می شود که این دسته از متریالها دارای ویژگی های خاصی می باشند که به آنها می پردازیم:

با بررسی متریالهای قید شده در جدول QW-422 در می یابیم که کاربرد همه‌ی متریالهای P-No. 11A درسرویس های دمای پایین می باشند اما همه‌ی متریالهای P-No. 11B کوئینچ و تمپر (Quenched and Tempered) شده اند و دارای استحکام بالایی (High-Strength) می باشند.

متریالهای قید شده در جدول زیر که بصورت اتفاقی (رندوم) از جدول QW-422 انتخاب شده اند.

جدول-۸۴ : بعضی از متریالهای دارای P-No. 11A و P-No. 11B مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	Brazing ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
				Ferrous (Cont'd)					
A/SA-333	8	K81340	100 (690)	11A	1	101	9.3	9Ni	Smls. & welded pipe
A/SA-334	8	K81340	100 (690)	11A	1	101	9.3	9Ni	Welded tube
A/SA-352	LC2-1	J42215	105 (725)	11A	5	102	9.2	3Ni-1.5Cr-0.5Mo	Castings
A/SA-353	...	K81340	100 (690)	11A	1	101	9.3	9Ni	Plate
A/SA-420	WPL8	K81340	100 (690)	11A	1	101	9.3	9Ni	Piping fittings
A/SA-487	Gr. 4, Cl. B	J13047	105 (725)	11A	3	101	3.1	0.5Ni-0.5Cr-0.25Mo-V	Castings
A/SA-487	Gr. 4, Cl. E	J13047	115 (795)	11A	3	101	3.1	0.5Ni-0.5Cr-0.25Mo-V	Castings
A/SA-508	4N, Cl. 1	K22375	105 (725)	11A	5	102	3.1	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
A/SA-508	5, Cl. 1	K42365	105 (725)	11A	5	102	3.1	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
A/SA-522	Type II	K71340	100 (690)	11A	1	101	9.3	8Ni	Forgings
A/SA-508	4N, Cl. 2	K22375	115 (795)	11B	10	102	3.1	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
A/SA-508	5, Cl. 2	K42365	115 (795)	11B	10	102	3.1	3.5Ni-1.75Cr-0.5Mo-V	Forgings
A514	Q	...	100 (690)	11B	9	102	3.1	1.3Ni-1.3Cr-0.5Mo-V	Plate > 2½ in. – 6 in. (64 mm – 152 mm), incl.
A514	Q	...	110 (760)	11B	9	102	3.1	1.3Ni-1.3Cr-0.5Mo-V	Plate, 2½ in. (64 mm) max.
A514	F	K11576	110 (760)	11B	3	101	3.1	0.75Ni-0.5Cr-0.5Mo-V	Plate, 2½ in. (64 mm) max.
A514	B	K11630	110 (760)	11B	4	101	3.1	0.5Cr-0.2Mo-V	Plate, 1¼ in. (32 mm) max.
A514	A	K11856	110 (760)	11B	1	101	3.1	0.5Cr-0.25Mo-Si	Plate, 1¼ in. (32 mm) max.
A514	E	K21604	100 (690)	11B	2	102	3.1	1.75Cr-0.5Mo-Cu	Plate > 2½ in. – 6 in. (64 mm – 152 mm), incl.
A514	E	K21604	110 (760)	11B	2	102	3.1	1.75Cr-0.5Mo-Cu	Plate, 2½ in. (64 mm) max.
A514	P	K21650	100 (690)	11B	8	102	3.1	1.25Ni-1Cr-0.5Mo	Plate > 2½ in. – 6 in. (64 mm – 152 mm), incl.

به سر فصل مشخصات فنی متریالهای A508 و A514 مطابق زیر دقت شود:

Designation: A514/A514M – 14

Standard Specification for
High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding[T]

Designation: A 508/A 508M – 05b

Standard Specification for
Quenched and Tempered Vacuum-Treated Carbon and Alloy Steel Forgings for Pressure Vessels[T]

لازم به ذکر است در بعضی از استانداردها از جمله استاندارد AWS D1.1 قید شده که عملیات رادیوگرافی مربوط به متریالهای A514, A517 که جزء متریالهای P-No. 11B می باشند باید ۴۸ ساعت پس از اتمام جوشکاری انجام شود و این بدلیل حساسیت این متریالها می باشد. مثل پاراگراف 8.11

8.11 Nondestructive Testing (NDT)

For welds subject to NDT in conformance with 8.10, 8.11, 10.25.2, and 10.26.1, the testing may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A514, A517, and A709 Grade HPS 100W [690W] steels shall be based on NDT performed not less than 48 hours after completion of the welds.

شکل-۲۴۷ : رادیوگرافی متریالهای A514, A517 مطابق استاندارد AWS-D1.1-2020

در مخازن تحت فشار میزان مجاز ضخامت پاس تقویتی جوش که تحت عنوان Reinforcement قید می شود باید مطابق با جدول UW-35 باشد اما برای متریال SA-517 که جزء متریالهای P-No. 11B می باشد، در پاراگراف UHT-84 یک استثناء قائل شده است که این میزان یا 10% ضخامت ورق یا 3mm هر کدام که کمتر بود باید در نظر گرفته شود. این استثناء نشان می دهد که متریال SA-517 شرایط خاصی دارد که باید به آن توجه کرد.

UHT-84 WELD FINISH

The requirements of UW-35(a) and UW-51(b) shall be met except that for SA-517 material the maximum weld reinforcement shall not exceed 10% of the plate thickness or 1/8 in. (3.0 mm), whichever is less. The edge of the weld deposits shall merge smoothly into the base metal without undercuts or abrupt transitions; this requirement shall apply to fillet and groove welds as well as to butt welds.

شکل-۲۴۸ : وضعیت پاس تقویتی جوش متریال SA-517 مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

جدول-۸۵ : وضعیت متریالهای جدول UHT-23 مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

Table UHT-23
Ferritic Steels With Properties Enhanced by Heat Treatment

Spec. No.	Type/Grade	Spec. No.	Type/Grade
SA-333	8	SA-533	B Cl. 3, D Cl. 3
SA-334	8	SA-543	B, C
SA-353	...		
SA-420	WPL8	SA-553	I, II
SA-487	4 Cl. B & E, CA6NM Cl. A	SA-592	A, E, F
		SA-645	A
SA-508	4N Cl. 1 and 2	SA-724	A, B, C
SA-517	A, B, E, F, J, P		
SA-522	I		

GENERAL NOTE: Maximum allowable stress values in tension for the materials listed in the above table are contained in Section II, Part D, Subpart 1 (see UG-23).

با دقت در جدول UHT-23 از استاندارد ASME Section VIII-Div. 1 مشخص می شود که خواص مکانیکی متریالهای P-No. 11A یا P-No. 11B که با فلش نشان داده شده اند بوسیله‌ی عملیات حرارتی کوئینچ و تمپر افزایش یافته اند.

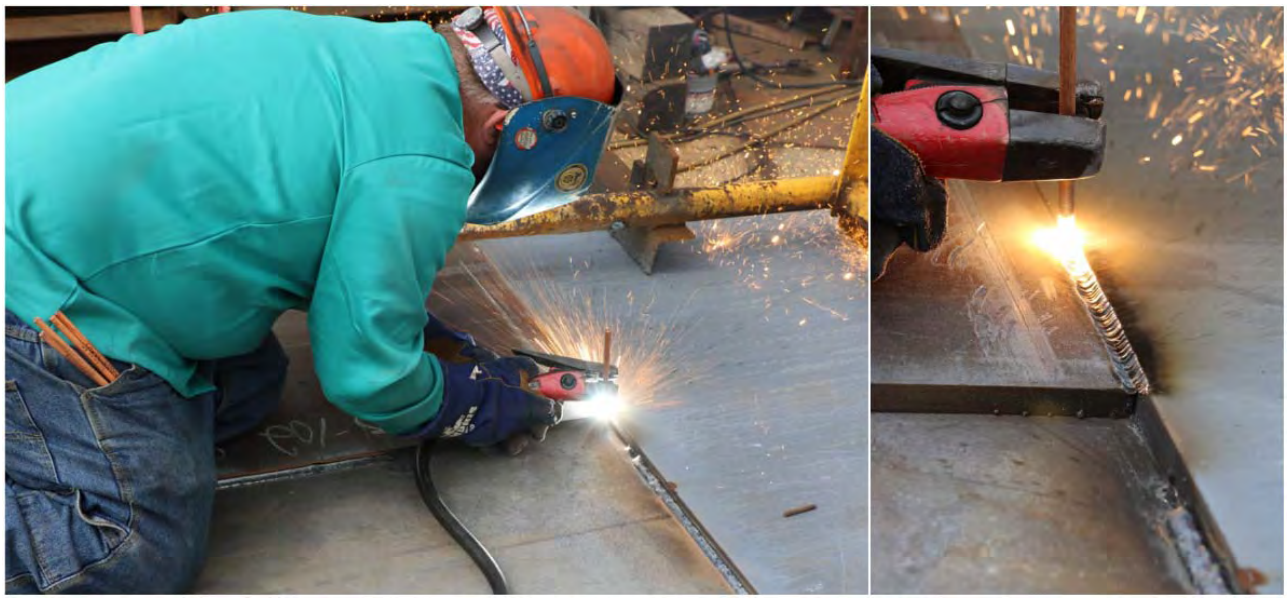
بنابراین نتیجه می گیریم چنانچه در تهیه و آماده سازی PQR با استفاده از متریالهای P-No. 11A و P-No. 11B برای ضخامت کمتر از [5/8 in. (16mm)] از هر یک از فرآیندهای حرارتی استفاده شده باشد باید در WPS قید شود و در انجام آماده سازی لبه ها و شیار زنی در ساخت نیز از همان فرآیند استفاده شود در غیر این صورت چون جزء متغیرات اساسی است هرگونه تغییر در آن به PQR جدید نیاز دارد.

چنانچه در WPS به روش BACK GOUGING اشاره شده باشد مطابق پاراگراف QW-410.64 برای متریالهای دارای P-No. 11A و P-No. 11B فرآیند آماده سازی شیارها و برش لبه ها با هر فرآیند حرارتی که انجام شده است بایستی روش BACK GOUGING نیز با همان روش انجام شود یعنی هر فرآیندی که بعنوان BACK GOUGING در WPS قید شده است باید تهیه و آماده سازی لبه ها و شیارهای جوش در ساخت نیز با همان فرآیند حرارتی انجام شود و در WPS به شکل زیر قید می شود:

جدول-۸۶ : طریقه نوشتن روش BACK GOUGING در WPS

QW-410: TECHNIQUE	
STRING or WEAVE BEAD :	STRING & WEAVING
ORIFICE or GAS CUP SIZE :	N / A
INITIAL AND INTER PASS CLEANING	BRUSHING & GRINDING
METHOD OF BACK GOUGING :	AIR CARBON ARC CUTTING
OSCILLATION :	N / A
MULTIPLE or SINGLE PASS PER SIDE :	MULTIPLE PASS PER SIDE
MULTIPLE or SINGLE ELECTRODES :	SINGLE ELECTRODE
TRAVEL SPEED :	SEE TABLE BELOW
PENNING :	FOR ROOT PASS NOT PERMITTD

شکل-۲۴۹ : طریقه اجرای روش BACK GOUGING



شکل-۲۵۰ : طریقه اجرای روش BACK GOUGING

- **GTAW** Process

شکل-۲۵۱ : فرآیند جوش آرگون GTAW

Applications of **GTAW** Process -*

(*)- کاربردها:

فرآیند GTAW مزایای بسیاری در انواع صنایع، نظیر کیفیت های بالای مورد نیاز در صنایع هسته ای و هوا فضا تا سرعت بالای جوشکاری اتوماتیک در ساخت صفحات و لوله های فلزی فراهم می کند. دلیل این امر نیز قابلیت تطبیق پذیری بسیار بالا و سهولت استفاده از این فرآیند است که همیشه در کارگاه های جوشکاری عواملی قابل توجه به شمار می روند.

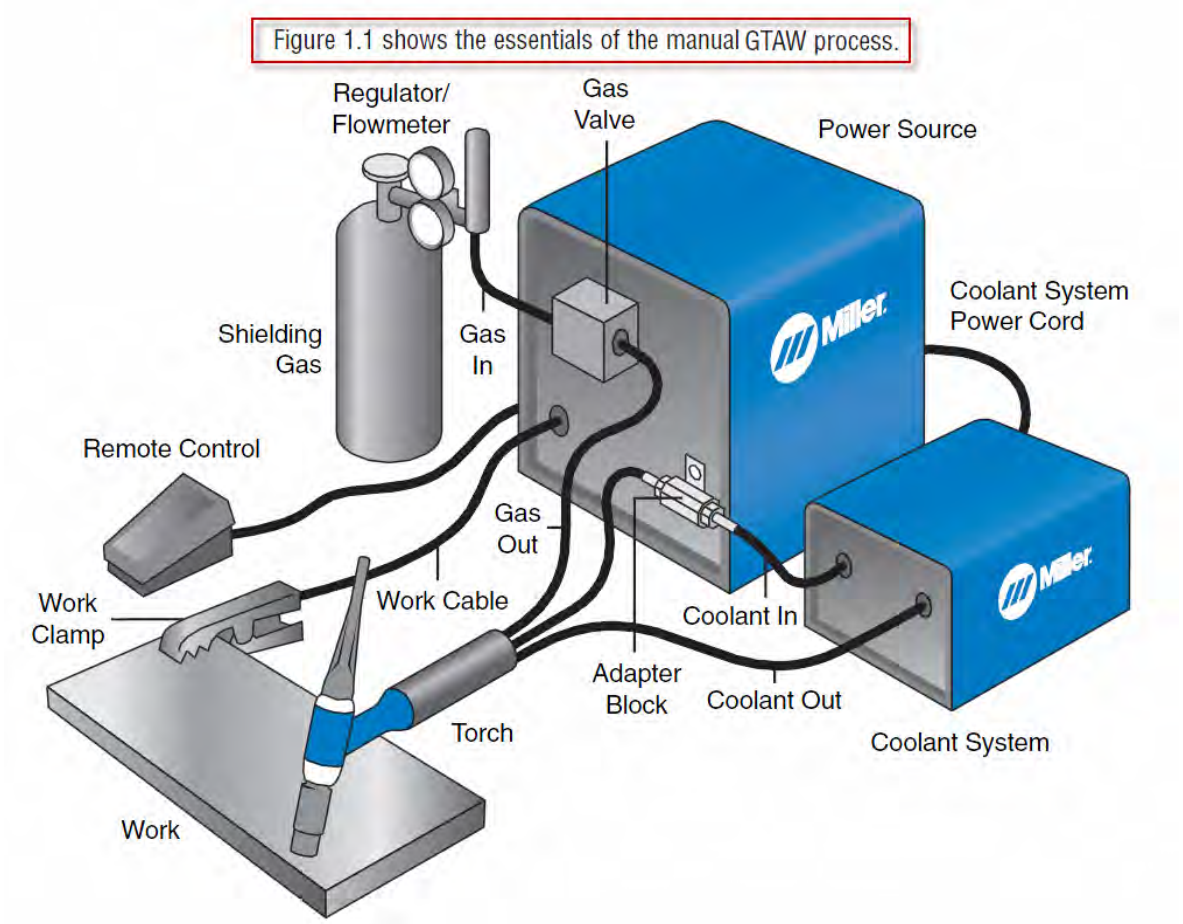
شکل-۲۵۲ : نماهای مختلفی از جوش GTAW

در فرآیند GTAW کنترل دقیقی روی حرارت ورودی اعمال می شود. به همین دلیل در جوشکاری قطعات نازک فلزی یا جوشکاری فلزات حساس به حرارت و همچنین به دلیل سهولت کنترل فرآیند و توانایی اضافه کردن سیم جوش در صورت نیاز، این فرآیند در صنایع کوچک و جوشکاری های تعمیراتی کاربرد فراوانی دارد.

فرآیند GTAW را می توان جهت جوشکاری تمام فلزات به خصوص فلزات آلومینیوم و منیزیم که اکسیدهای نسوز تشکیل می دهند یا فلزات فعال مانند تیتانیوم و زیرکونیوم که اگر در معرض هوا قرار گیرند احتمال تردی آنها وجود دارد، به کار برد.

فرآیند GTAW می تواند همه اتصالات در انواع طرح ها و شکل های هندسی، ورق ها، لوله ها و ... را جوش دهد. این فرآیند در جوشکاری قطعات فلزی با ضخامت کمتر از ۱۰ میلی متر بسیار مناسب می باشد. در جوشکاری لوله ها، معمولاً از این فرآیند برای جوشکاری پاس ریشه و از SMAW برای پاس های پر کنی استفاده می شود.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران



شکل-۲۵۳ : سیستم فرآیند جوش GTAW

☼- شرح و توضیح پارامترهای جدول QW-256 (GTAW)

جدول QW-256 مربوط به پارامترهایی است که در یک WPS باید برای فرآیند GTAW لحاظ شوند. در هر WPS بعد از مشخص کردن نکات سر برگ آن باید مطابق پاراگرافهای جدول QW-256 اطلاعات فرمت WPS را کامل کرد.

نکته‌ی مهم: جدول QW-256 مربوط به متغیرات اساسی، متغیرات تکمیلی اساسی و متغیرات غیر اساسی مربوط به فرآیند جوشکاری GTAW می باشد. پاراگرافهایی که در این جدول در مقابل آنها علامت ضربدر وجود دارد بایستی وضعیت آنها در WPS مشخص شوند و چنانچه WPS به تست ضربه نیاز داشته باشد باید وضعیت پاراگرافهای متغیرات اساسی تکمیلی که مربوط به تست ضربه می باشند نیز در آن مشخص شوند. حال چنانچه دقت شود دیده می شود که در مقابل برخی از این پاراگرافها در ستون متغیرات تکمیلی و نیز در ستون متغیرات غیر اساسی علامت ضربدر وجود دارد. چرا؟ جواب : چنین پاراگرافهایی چه به تست ضربه نیاز داشته باشند و چه نداشته باشند باید وضعیت آنها در WPS مشخص شود مانند وضعیت جریان برق و تعداد پاس جوشهای در هر طرف.

توجه مهم : جدول QW-256 که مربوط به متغیرات اساسی، متغیرات تکمیلی اساسی و نیز متغیرات غیر اساسی مربوط به فرآیند جوشکاری GTAW می باشد با جدول QW-253 که مربوط به متغیرات اساسی، متغیرات تکمیلی اساسی و متغیرات غیر اساسی مربوط به فرآیند جوشکاری SMAW می باشد، معمولاً دارای متغیرات مشترک و یکسانی می باشند که قبلاً بصورت مفصل توضیح داده شده اند لذا از توضیح مجدد آنها خودداری می گردد.

لیست پاراگرافهای مشترک که در هر دو فرآیند جوش SMAW & GTAW یکسان می باشند بصورت یک جدول تنظیم شده تا بهتر بتوان نکات مشترک را شناخت. لطفاً به این جدول دقت شود.

جدول-۸۷ : شماره پاراگرافهایی که در دو فرآیند SMAW و GTAW با یکدیگر یکسان می باشند.

QW-253 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)		
Paragraph		Brief of Variables
QW-402 Joints	.1	ø Groove design
	.4	- Backing
	.10	ø Root spacing
	.11	± Retainers
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number
	.6	*T* Limits impact
	.8	ø *T* Qualified
	.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)
	.11	ø P-No. qualified
QW-404 Filler Metals	.4	ø F-Number
	.5	ø A-Number
	.6	ø Diameter
	.7	ø Diameter > 1/4 in. (6 mm)
	.12	ø Classification
	.30	ø t
	.33	ø Classification
QW-405 Positions	.1	+ Position
	.3	ø ↑↓ Vertical welding
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)
	.2	ø Preheat maint.
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT
	.2	ø PWHT (T & T range)
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input
	.4	ø Current or polarity
	.8	ø I & E range
QW-410 Technique	.1	ø String/weave
	.5	ø Method cleaning
	.6	ø Method back gouge
	.9	ø Multiple to single pass/side
	.25	ø Manual or automatic
	.26	± Peening
	.64	Use of thermal processes

Legend:
+ Addition
- Deletion
> Increase/greater than
< Decrease/less than
↑ Uphill
↓ Downhill
← Forehand
→ Backhand
ø Change

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)		
Paragraph		Brief of Variables
QW-402 Joints	.1	ø Groove design
	.5	+ Backing
	.10	ø Root spacing
	.11	± Retainers
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number
	.6	*T* Limits
	.8	*T* Qualified
	.11	ø P-No. qualified
QW-404 Filler Metals	.3	ø Size
	.4	ø F-Number
	.5	ø A-Number
	.12	ø Classification
	.14	± Filler
	.22	± Consum. Insert
	.23	ø Filler metal product form
	.30	ø *t*
	.33	ø Classification
	.50	± Flux
QW-405 Positions	.1	+ Position
	.3	ø ↑↓ Vertical welding
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT
	.2	ø PWHT (T & T range)
QW-408 Gas	.1	± Trall or ø comp.
	.2	ø Single, mixture, or %
	.3	ø Flow rate
	.5	± or ø Backing flow
	.9	- Backing or ø comp.
	.10	ø Shielding or trailling
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input
	.3	± Pulsing I
	.4	ø Current or polarity
	.8	ø I & E range
	.12	ø Tungsten electrode
QW-410 Technique	.1	ø String/weave
	.3	ø Orifice, cup, or nozzle
	.5	ø Method cleaning
	.6	ø Method back gouge
	.7	ø Oscillation
	.9	ø Multiple to single pass/side
	.10	ø Single to multi electrodes
	.11	ø Closed to out chamber
	.15	ø Electrode spacing
	.25	ø Manual or automatic
	.26	± Peening
	.64	Use of thermal processes

TABLE QW-256-For GTAW Process -❋

WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)

Gas **T**ungsten-**A**rc **W**elding (**GTAW**)

جدول-۸۸ : جدول QW-256 مطابق ASME Section IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ø Groove design			X
	.5	+ Backing			X
	.10	ø Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number		X	
	.6	*T* Limits		X	
	.8	*T* Qualified	X		
	.11	ø P-No. qualified	X		
QW-404 Filler Metals	.3	ø Size			X
	.4	ø F-Number	X		
	.5	ø A-Number	X		
	.12	ø Classification		X	
	.14	± Filler	X		
	.22	± Consum. Insert			X
	.23	ø Filler metal product form	X		
	.30	ø *t*	X		
	.33	ø Classification			X
	.50	± Flux			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.3	ø ↑↓ Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT	X		
	.2	ø PWHT (T & T range)		X	
QW-408 Gas	.1	± Trall or ø comp.			X
	.2	ø Single, mixture, or %	X		
	.3	ø Flow rate			X
	.5	± or ø Backing flow			X
	.9	- Backing or ø comp.	X		
	.10	ø Shielding or trailling	X		

Legend:

+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ø Change

- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

جدول-۸۹ : ادامه‌ی جدول QW-256 مطابق ASME Section IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.3	± Pulsing I			X
	.4	ø Current or polarity		X	X
	.8	ø I & E range			X
	.12	ø Tungsten electrode			X
QW-410 Technique	.1	ø String/weave			X
	.3	ø Orifice, cup, or nozzle			X
	.5	ø Method cleaning			X
	.6	ø Method back gouge			X
	.7	ø Oscillation			X
	.9	ø Multiple to single pass/side		X	X
	.10	ø Single to multi electrodes		X	X
	.11	ø Closed to out chamber	X		
	.15	ø Electrode spacing			X
	.25	ø Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
	.64	Use of thermal processes	X		

Legend:

+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ø Change

- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

QW-402-Joint -۲-۱۰

جدول-۹۰ : وضعیت پاراگراف QW-402 در جدول QW-256 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	ø Groove design			X
	.5	+ Backing			X
	.10	ø Root spacing			X
	.11	± Retainers			X

توجه : برای اطلاع از توضیحات مربوط به پاراگرافهای QW-402.1, .10, .11 به بخش روش SMAW مراجعه شود.

QW-402.5 + Backing -*

QW-402 JOINTS

QW-402.5 The addition of a backing or a change in its nominal composition.

شکل-۲۵۴ : پاراگراف QW-402.5 مطابق ASME Section IX-2019

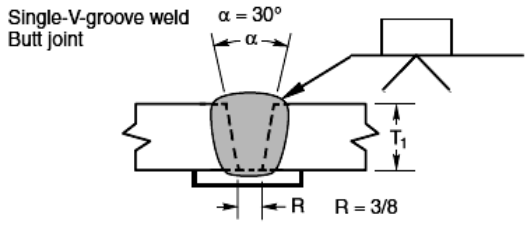
(جزء متغیرات غیر اساسی است)

ترجمه : اضافه شدن پشت بند (Backing) یا تغییر در ترکیب شیمیایی آن.

توضیح : در فرآیند SMAW حذف پشت بند (Backing) مطرح می باشد اما در فرآیند GTAW اضافه کردن یا تغییر در ترکیب اسمی شیمیایی پشت بند (Backing) مطرح می گردد. پیش بینی می کنم در آینده این پاراگراف یا حذف می شود یا هم اصلاح می شود چونکه تغییر در ترکیب اسمی شیمیایی پشت بند (Backing) به سمت تغییر در .A-No فلز جوش سوق داده می شود که در این صورت جزء متغیرات اساسی می شود. معمولاً هر گاه برای پاس ریشه نیاز به جوشی با کیفیت عالی و سطحی صاف و یکنواخت می باشد از روش GTAW استفاده می شود. در چنین شرایطی از پشت بند (Backing) استفاده نمی شود. معمولاً در سیستم های لوله کشی صنعتی Piping برای پاس ریشه از روش GTAW استفاده می شود. در این سیستم ها بندرت از پشت بند (Backing) استفاده می شود اما زمانی که بنا به شرایط خاص از پشت بند (Backing) استفاده شود با وجودی که در مرحله تهیه PQR از پشت بند (Backing) استفاده نشده است، این اضافه شدن پشت بند (Backing) به تهیه PQR جدید نیازی ندارد. مطابق پاراگراف 328.3.2 از استاندارد B31.3 استفاده از *Ferrous Metal Backing Rings* بشرطی که درصد گوگرد آن بیشتر از 0.05% نباشد مجاز دانسته است. چنانچه اضافه شدن پشت بند (Backing) در طرح اتصال نیاز باشد باید جنس آن نیز در WPS مشخص شود مطابق جدول زیر:

جدول-۹۱ : وضعیت اضافه کردن پشت بند در محل اتصال QW-402.5

QW-402 JOINT DESIGN
JOINT DESIGN : Single-V-groove weld
BACKING : Yes
BACKING MATERIAL : A283-Gr. C



۲-۱۱- QW-403-Base Metals

جدول-۹۲ : وضعیت پاراگراف QW-403 در جدول QW-256 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-403 Base Metals	.5	ø Group Number		X	
	.6	*T* Limits		X	
	.8	*T* Qualified	X		
	.11	ø P-No. qualified	X		

پاراگرافهای QW-403.5, .6, .8, .11 در بخش فرآیند SMAW توضیح داده شد لذا از تکرار آن خودداری شده است. برای اطلاع بیشتر به بخش مربوط به فرآیند SMAW مراجعه شود.

۲-۱۲- QW-404-Filler Metals

پاراگرافهای QW-404.4, .5, .12, .30, .33 در بخش فرآیند SMAW توضیح داده شد لذا از تکرار آن خودداری شده است. برای اطلاع بیشتر به بخش مربوط به فرآیند SMAW مراجعه شود.

جدول-۹۳ : وضعیت پاراگراف QW-404 در جدول QW-256 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-404 Filler Metals	.3	ø Size			X
	.4	ø F-Number	X		
	.5	ø A-Number	X		
	.12	ø Classification		X	
	.14	± Filler	X		
	.22	± Consum. Insert			X
	.23	ø Filler metal product form	X		
	.30	ø *t*	X		
	.33	ø Classification			X
	.50	± Flux			X

* QW-404.3- ø Size

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

QW-404.3 A change in the size of the filler metal.

شکل-۲۵۵ : پاراگراف QW-404.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در اندازه‌ی فیلر متال

توضیح : فیلر متالها معمولاً دارای سایزهای متفاوتی می باشند. در بررسی Data Sheet های سازنده های مختلف مشخص گردید که حداقل سایز فیلر متال برای روش GTAW دارای قطر 1mm و حداکثر سایز آن دارای قطر 4mm می باشد و طول همه‌ی آنها 1000mm می باشد.

دو نمونه از فیلر متالهای شرکت ESAB با مشخصات (ER70S-6, ER80S-Ni2) انتخاب شده است که می توان آنها را ملاحظه نمود. در استاندارد ASME Section II-Part-C سایز و طول فیلر متالهای مخصوص فرآیند GTAW که بصورت مستقیم Straight می باشند، مشخص شده است. در این استاندارد حداقل سایز فیلر متال دارای قطر 1.1mm و حداکثر سایز دارای قطر 4.8mm و طول آنها 900mm و تلرانس طول آنها نیز 0mm- و 15mm+ می باشد. به مدارک ارائه شده مراجعه شود.

نتیجه : تغییر سایز فیلر متال جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی تغییر در سایز فیلر متال به PQR جدید نیاز ندارد. بطور نمونه اگر PQR با سایز قطر 1.6mm تهیه شده باشد ولی در WPS سایز قطر 2.4mm قید شود اشکالی ایجاد نمی کند اما اگر سایزی که در WPS قید شده است با سایزی که در کار ساخت از آن استفاده می شود متفاوت باشد، WPS باید مطابق با سایز فیلر متالی که درکار ساخت مورد استفاده قرار می گیرد اصلاح شود و WPS با شماره ویرایش جدید برای تأییدیه، به کارفرما ارائه شود.

OK Tigrod 12.61 GTAW
ER70S-6

Description
OK Tigrod 12.61 is a copper-coated Mn-Si-alloyed W3Si1/ER70S-6 solid rod for the GTAW of non-alloyed steels, as used in general construction, pressure vessel fabrication and shipbuilding.

Welding current
DC(-)

Classifications

SFA/AWS A5.18	ER70S-6
EN 1668	W3Si1

Wire composition

C	Si	Mn
0.1	0.9	1.5

Packing data

Diameter, mm	Length, mm	Weight of rods/box, kg
1.6	1000	5.0
2.0	1000	5.0
2.4	1000	5.0
3.2	1000	5.0
4.0	1000	5.0

شکل-۲۵۶ : اندازه های فیلر متال ER70S-6 مطابق Data Sheet شرکت ESAB

OK Tigrod 13.28 GTAW
ER80S-Ni2

Description
OK Tigrod 13.28 is 2.4Ni-alloyed (ER80S-Ni2), copper-coated rod for the GTAW of low-temperature, fine-grained steels in applications such as pressure vessels, pipes and the offshore industry, with a minimum yield strength of up to 470 MPa. The wire provides good impact toughness down to -60°C.

Welding current
DC(-)

Classifications

SFA/AWS A5.28	ER80S-Ni2
EN 1668	W2Ni2

Wire composition

C	Si	Mn	Ni
0.1	0.6	1.1	2.4

Packing data

Diameter, mm	Length, mm	Weight of rods/box, kg
1.0	1000	5.0
1.6	1000	5.0
2.0	1000	5.0
2.4	1000	5.0
3.2	1000	5.0
4.0	1000	5.0

شکل-۲۵۷ : اندازه های فیلر متال ER80S-Ni2 مطابق Data Sheet شرکت ESAB

جدول-۹۴ : اندازه های استاندارد فیلر متال مطابق ASME Sec.-II-Part C-2019-SFA-5.28

SFA-5.28/SFA-5.28M

Table 9
Standard Sizes[a]

Standard Package Form	Diameter			Tolerances			
				Solid		Composite	
	in		mm	in	mm	in	mm
Straight Lengths[b]		0.045	—	±0.001	—	±0.002	—
		—	1.2	—	+0.01, –0.04	—	+0.02, –0.05
	1/16	0.062	1.6	±0.002	+0.01, –0.04	±0.002	+0.02, –0.06
	5/64	0.078	2.0	±0.002	+0.01, –0.04	±0.003	+0.02, –0.06
	3/32	0.094	2.4	±0.002	+0.01, –0.04	±0.003	+0.02, –0.06
	1/8	0.125	3.2	±0.002	+0.01, –0.07	±0.003	+0.02, –0.07
	5/32	0.156	4.0	±0.002	+0.01, –0.07	±0.003	+0.02, –0.07
	3/16	0.188	4.8[c]	±0.002	+0.01, –0.07	±0.003	+0.06, –0.08

[a] Dimensions, sizes, tolerances, and package forms other than those shown shall be as agreed by purchaser and supplier.
[b] Length shall be 36 in ± 1/2 in [900 mm +25, –0 mm].
[c] Not shown as standard metric size in ISO 544.

* - QW-404.14 ± Filler

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

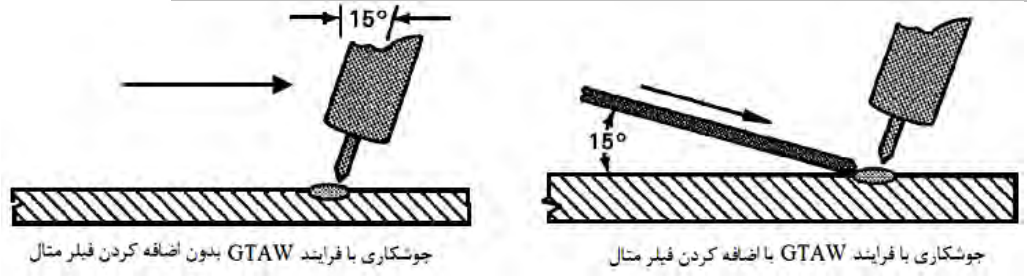
QW-404.14 The deletion or addition of filler metal.

شکل-۲۵۸ : پاراگراف QW-404.14 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : حذف یا اضافه شدن فیلر متال

توضیح : در فرآیند GTAW عملیات جوشکاری را می توان با اضافه کردن فیلر متال یا بدون اضافه کردن فیلر متال انجام داد. عمدتاً برای پاس ریشه و پاسهای دیگر از این فرآیند با اضافه کردن فیلر متال استفاده می شود. برای این منظور فیلر متالهای مختلفی با ترکیبات شیمیایی و استحکام های کششی متفاوت و نیز قابل استفاده در دماهای مختلف همچون دماهای بالا (High Temp.) یا دماهای زیر صفر (Low Temp.) تهیه شده است. اما در برخی اوقات در صورتی که ضخامت قطعه کم باشد از فرآیند GTAW بدون اضافه کردن فیلر متال استفاده می شود. در چنین شرایطی فقط از الکترود تنگستن تورچ استفاده می شود زیرا ضخامت قطعه نازک است و حرارت تنگستن تورچ باعث جوش لبه های قطعه می شود.

باید توجه نمود در صورتی که در روش GTAW قطعه PQR با اضافه شدن فیلر متال تهیه شود صرفاً همین روش را پشتیبانی و تأیید می کند و جوشکاری GTAW بدون فیلر متال را پشتیبانی و تأیید نمی کند.



شکل-۲۵۹ : جوشکاری با فرآیند GTAW در دو حالت، استفاده از فیلر و بدون استفاده از فیلر

شکل-۲۶۰ : جوشکاری با فرآیند GTAW در حالت با فیلر و بدون فیلر متال

نتیجه : نقش فیلر متال در GTAW بسیار مهم است. اگر PQR با فیلر متال جوشکاری شده باشد، جوش بدون فیلر متال را پشتیبانی و تأیید نمی کند و اگر PQR بدون فیلر متال جوشکاری شده باشد، جوشکاری با فیلر متال را تأیید نمی کند.

- QW-404.22 ± Consum. Insert

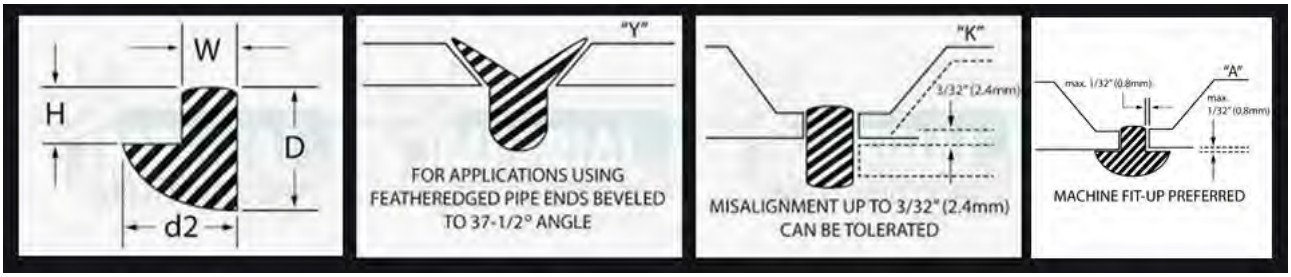
QW-404 FILLER METALS

QW-404.22 The omission or addition of consumable inserts. Qualification in a single-welded butt joint, with or without consumable inserts, qualifies for fillet welds and single-welded butt joints with backing or double-welded butt joints. Consumable inserts that conform to SFA-5.30 , except that the chemical analysis of the insert conforms to an analysis for any bare wire given in any SFA specification or AWS Classification, shall be considered as having the same F-Number as that bare wire as given in Table QW-432.

شکل-۲۶۱ : پاراگراف QW-404.22 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : (جزء متغیرات غیر اساسی است) حذف یا اضافه نمودن Insert های مصرف شونده. یک PQR که یک اتصال لب به لب یک طرفه را با یا بدون Insert مصرف شونده تأیید نموده باشد، جوشهای گوشه ای (Fillet) و جوشهای لب به لب (Butt weld) یک طرفه با Backing یا لب به لب دو طرفه را تأیید می نماید. Insert های مصرف شونده که با SFA-5.30 منطبق می باشند بجز آنالیز شیمیایی Insert هایی که با آنالیز هر سیم جوش (Bare wire) داده شده در هر SFA Specification یا AWS Classification مطابقت دارد باید به عنوان همان F-Number سیم جوش داده شده در جدول QW-432 تلقی گردد.

توضیح : Consumable Insert ها چیست؟ استاندارد AWS D10.11 بصورت کامل و گام به گام طرز استفاده از Consumable Insert را با شکل توضیح داده است. کسانی که مایل هستند درمورد طرز استفاده از Consumable Insert بیشتر بدانند باید به این استاندارد مراجعه نمایند. در این استاندارد معمولاً پنج نوع Consumable Insert متداول ارائه شده است.



شکل-۲۶۲ : نمایی از Consumable Insert ها

جدول ۹۵ : پنج نوع Consumable Insert متداول مطابق استاندارد AWS D10.11-2007

Legend	Groove Type	Joint Dimensions and Tolerances for Use with Consumable Insert Classes		
		Classes 1 and 4	Class 2	Classes 3 and 5
G	A, B, C	W +0.8 mm [0.03 in] MAX.	W +0.8 mm [0.03 in] MAX.	W +0.4 mm [0.02 in] MAX.
Y	A	0 to 0.8 mm [0.03 in] MAX.	1.5 mm [0.06 in] MAX.	0 mm to 0.8 mm [0.03 in] MAX.
Y	B, C	0 to 0.8 mm [0.03 in] MAX.	0 mm to 1.5 mm [0.06 in] MAX.	0 mm to 2.4 mm [0.09 in] MAX.
R	C	2.4 mm to 3.2 mm [0.09 to 0.13 in]		
L	B	2.4 mm +0, –0.8 mm [0.09 in +0, –0.03 in]		
M	C	2.4 mm ± 0.4 mm [0.09 in ± 0.02 in]		
X	C	5 mm [0.20 in]		
Z	C	3.2 mm [0.13 in]		

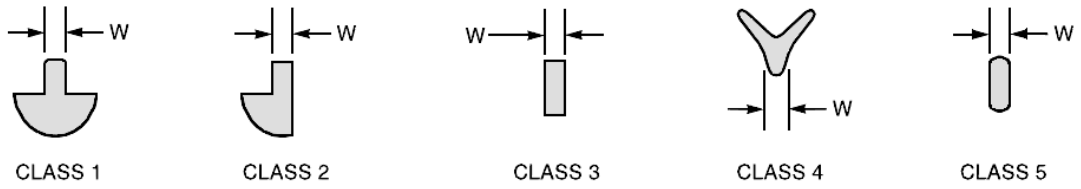


Figure 6—Groove Design, Dimensions, and Tolerances for Use with Consumable Inserts

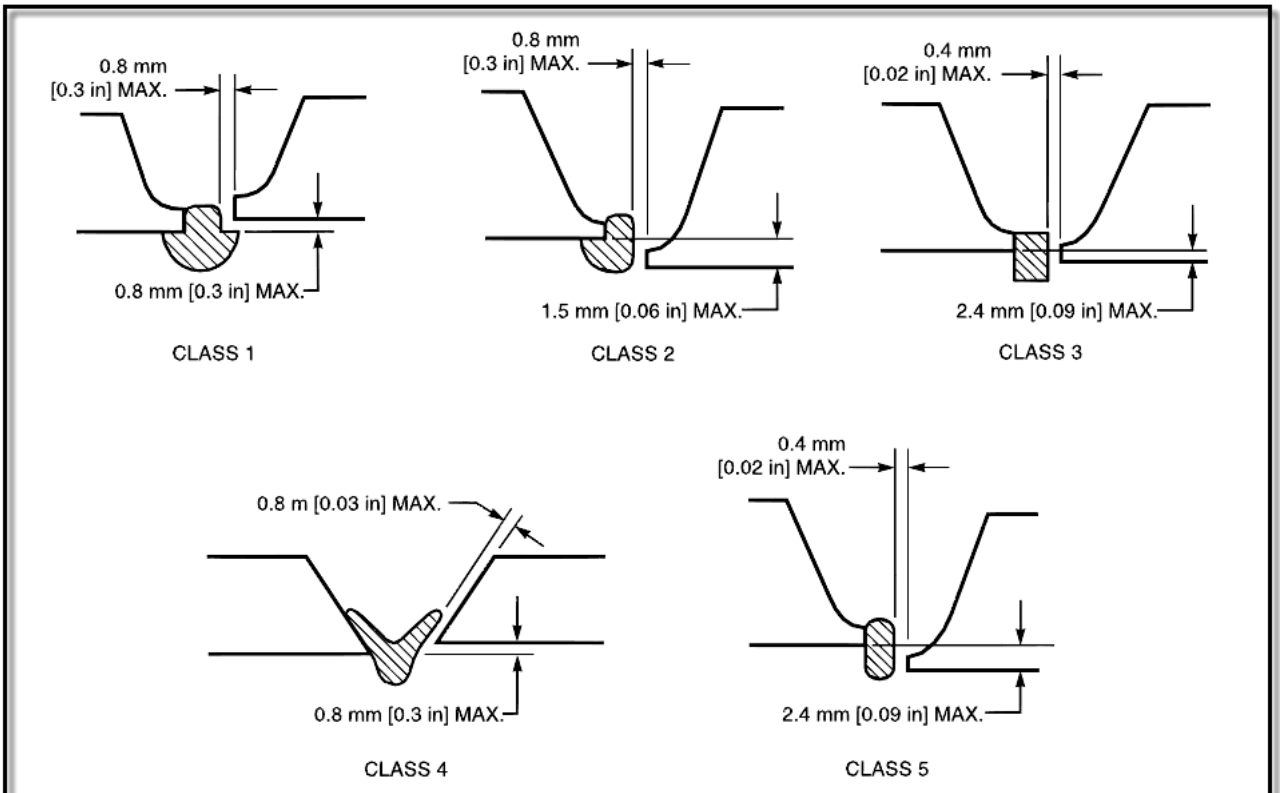
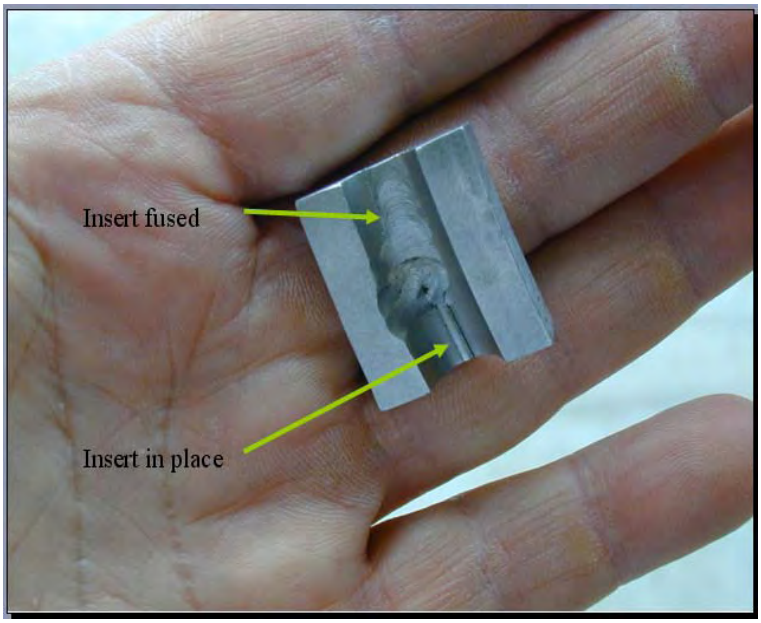


Figure 7—Assembly Tolerances for Welding Pipe, Using Five Classes of Consumable Inserts

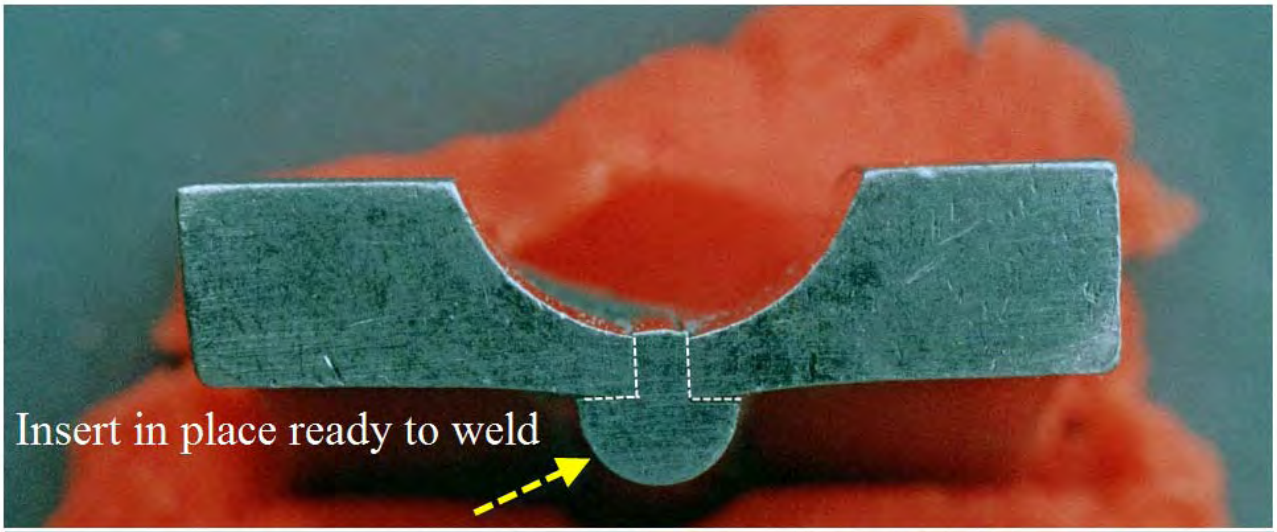
شکل ۲۶۳ : نحوی کاربرد پنج نوع Consumable Insert متداول مطابق استاندارد AWS D10.11-2007

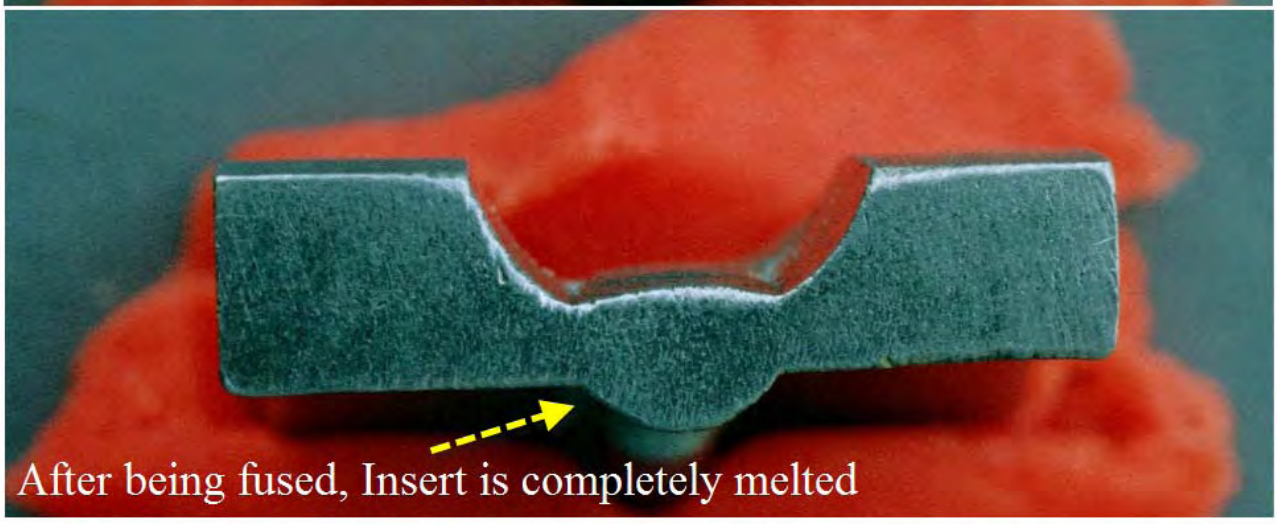
این Insert ها ارزش خود را در تأمین نفوذ کامل و یکنواختی و ظاهر خوب گرده‌ی ریشه‌ی جوش به اثبات رسانده اند.

در استاندارد AWS D10.11 میزان عدم ترازی (Hi/Low) هر کلاس از Consumable Insert ها با شکل نشان داده شده است.



شکل-۲۶۴ : حالت قبل از جوش و بعد از جوش Consumable Insert





شکل-۲۶۵ : حالت قبل از جوش و بعد از جوش Consumable Insert

❋- هدف استفاده از Consumable Insert چیست؟

استاندارد AWS D10.4 در پاراگرافهای 7.3 & 7.2 روش استفاده از Consumable Insert و همچنین هدف استفاده از آن را شرح داده است.

پاراگراف 7.2 - پاس ریشه‌ی با کیفیت بالا را می توان در اتصالات لب به لب و بدون استفاده از پشت بند (Backing) و پرج نمودن گاز بدست آورد. این کار در صنایعی که دارای جوشکاران ماهری هستند امری عادی است.

استفاده از رینگهای پشت بند دلگرم کننده نیست. اتصال جوشکاری شده با رینگهای پشت بند منجر به تشکیل دو شکاف می گردد. این شکافها به عنوان نقاط تمرکز تنش عمل کرده و نقاط کانونی برای خوردگی در حین سرویس می باشند.

خال جوشها (Tack Weld) که به علت محافظت ضعیف، اکسید شده اند قبل از جوشکاری می بایست برطرف گردند در غیر این صورت منجر به جوشهای ضعیفی خواهند شد.

همچنین رسوب غیر منظم فلز جوش به طور دستی می تواند منجر به نامناسب بودن ظاهر جوش شده که ممکن است باعث مردود شدن آن گردد و در این زمینه، قرار دادن Consumable Insert در ریشه‌ی اتصال جوش راهکاری است تا این مشکلات مرتفع گردد.

استاندارد AWS D10.11 روش نصب Consumable Insert را با شکل نشان داده است.

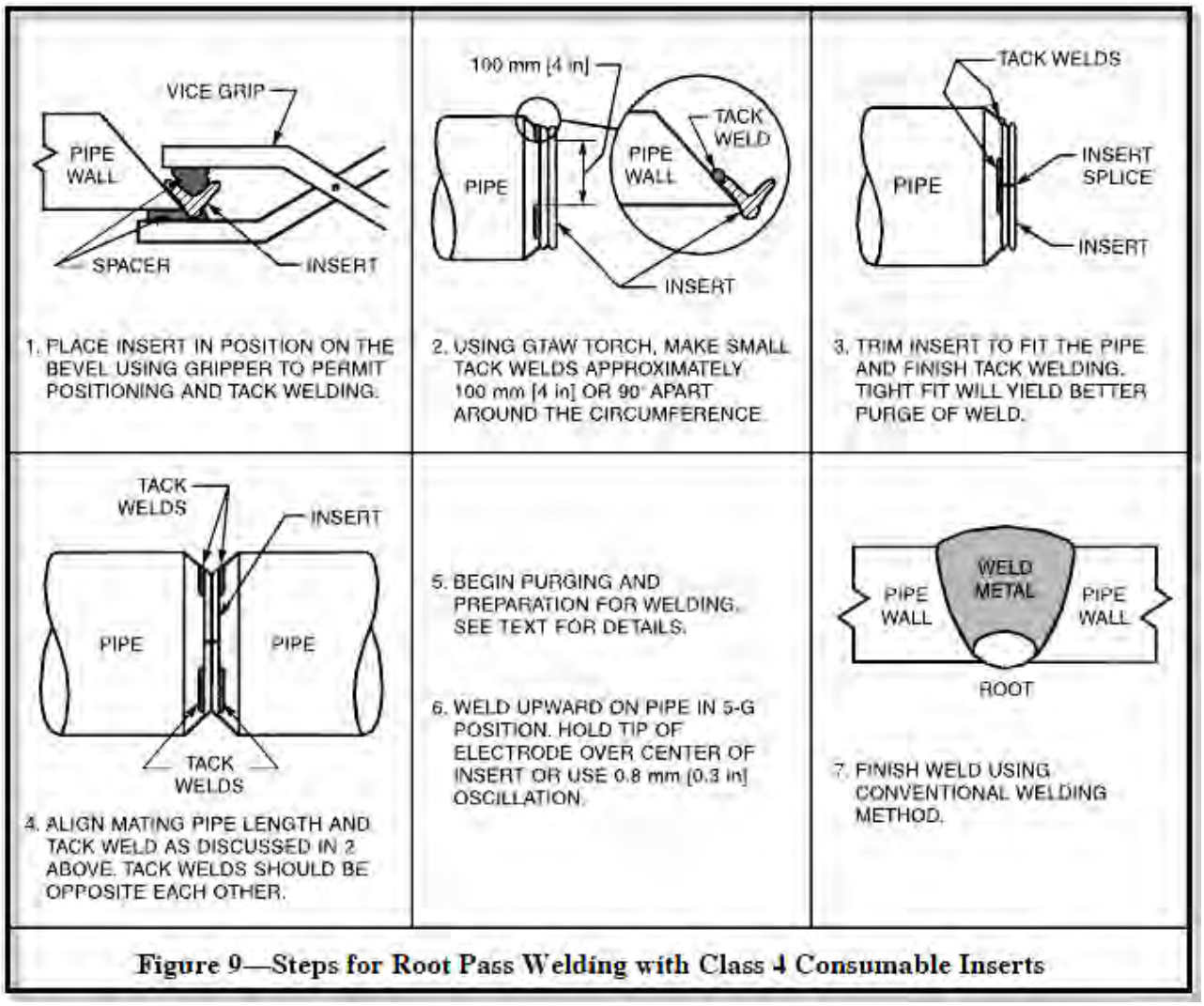


Figure 9—Steps for Root Pass Welding with Class 4 Consumable Inserts

شکل-۲۶۶ : مراحل نصب Consumable Insert کلاس ۴ مطابق با استاندارد AWS D10.11-2007

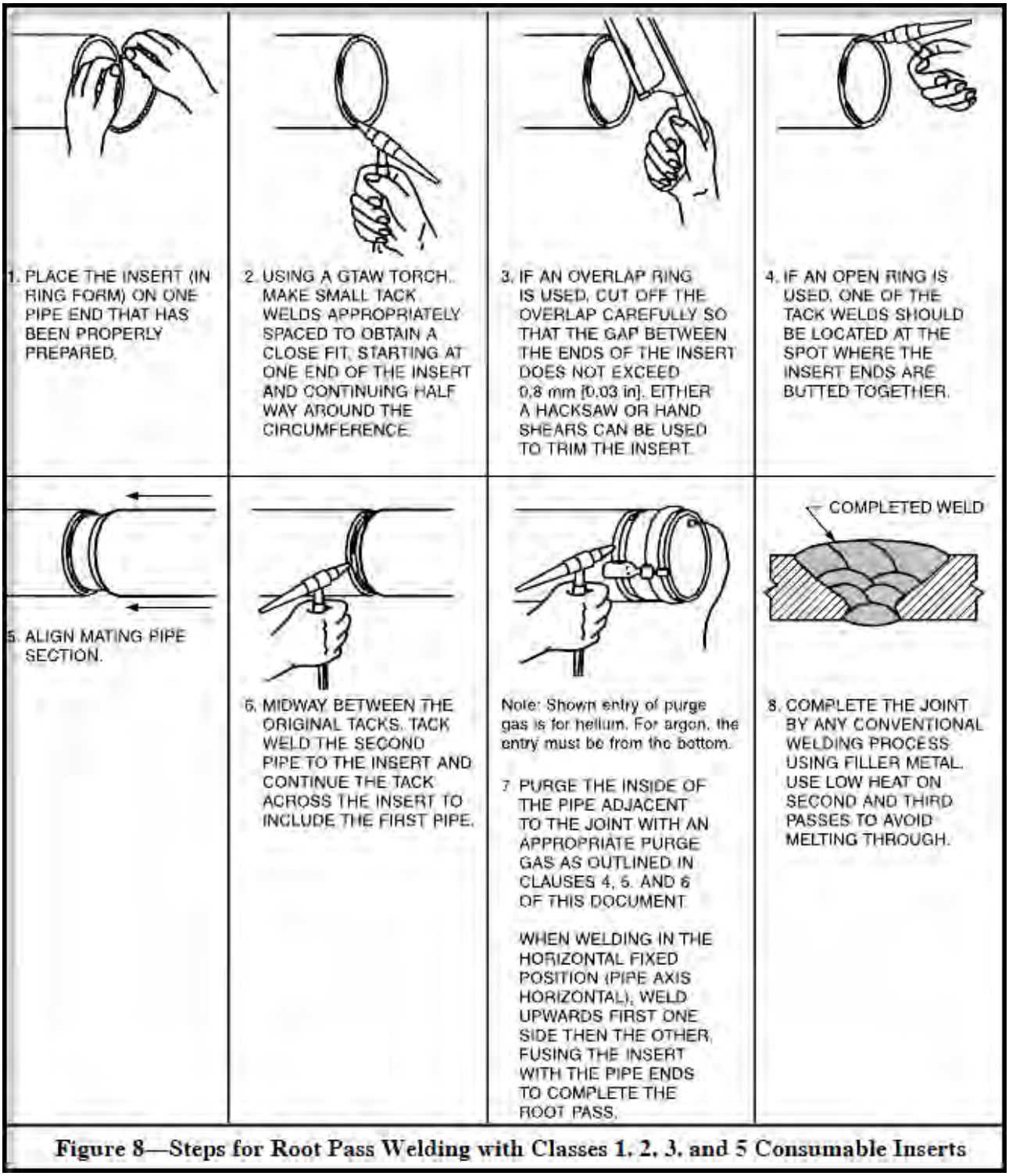


Figure 8—Steps for Root Pass Welding with Classes 1, 2, 3, and 5 Consumable Inserts

شکل-۲۶۷ : مراحل نصب Consumable Insert کلاس ۱، ۲، ۳ و ۵ مطابق با استاندارد AWS D10.11-2007

حال پس از شناخت انواع Consumable Insert ها و روش نصب شان، وضعیت آنها را در PQR بررسی میکنیم.

وضعیت Consumable Insert ها در PQR:

چنانچه یک PQR اتصال لب به لب یکطرفه را با استفاده یا بدون استفاده از Consumable Insert تأیید نماید این PQR جوشهای گوشه ای (Fillet)، جوشهای لب به لب یک طرفه با پشت بند (Backing) یا جوشهای لب به لب دو طرفه را نیز تأیید می نماید. Insert های مصرف شونده که با SFA-5.30 منطبق می باشند بجز آنالیز شیمیایی

Insert هایی که با آنالیز هر سیم جوش (Bare wire) داده شده در هر SFA Specification یا AWS Classification مطابقت دارد باید به عنوان همان F-Number سیم جوش داده شده در جدول QW-432 تلقی گردد. بطور مثال اگر مشخصات Insert های مصرف شونده یک اتصال مطابق با SFA-A5.9 باشد باید به عنوان یک Insert تلقی شود که دارای F-Number-6 مربوط به همان سیم جوش (Bare wire) استنلس استیل داده شده در جدول QW-432 باشد.

نتیجه : پاراگراف QW-404.22 جزء متغیرات غیر اساسی می باشد یعنی اضافه کردن یا حذف Insert های مصرف شونده به تهیه PQR جدید نیاز ندارد.

توجه مهم: باید توجه کرد که بعضی از استانداردها مانند B31.3 استفاده از Consumable Insert را بصورت مشروط پذیرفته اند. این موضوع در پاراگراف Para. 328.3.3 از استاندارد ASME B31.3 قید شده است "که به شرطی قابل قبول است که PQR نیز با داشتن Consumable Insert تهیه شده باشد".

328.3.3 Consumable Inserts. Consumable inserts may be used, provided they are of the same nominal composition as the filler metal, will not cause detrimental alloying of the weld metal, and the welding procedure using them is qualified as required by para. 328.2. Some commonly used types are shown in Fig. 328.3.2.

شکل-۲۶۸ : پاراگراف 328.3.3 مطابق ASME B31.3-2018

*- پاراگراف 328.3.3 – Consumable Insert

ترجمه: Insert های مصرف شدنی ممکن است استفاده شوند بشرطی که آنها از همان ترکیبات اسمی فیلر متال باشند تا منجر به آلیاژی شدن مضر فیلر متال نگردند و دستورالعمل جوشکاری آنها مطابق با پاراگراف 328.2 تأیید شده باشد. برخی از انواع Insert های معمولی مورد استفاده در شکل 328.3.2 نشان داده شده اند.

چنانچه به Consumable Insert در WPS نیاز باشد، به طریقه‌ی زیر نوشته می شود، البته باید توجه داشت که در استانداردهای AWS A5.30 یا ASME Sec. II-C – SFA5.30 مشخصات فنی اینگونه Consumable Insert ها مشخص شده اند.

جدول-۹۶ : طریقه‌ی نوشتن وضعیت Consumable Insert در WPS

*FILLER METALS (QW-404)	1	2
Spec. No. (SFA)	5.9	5.1
AWS No. (Class)	ER316L	E316L
F-No.	6	5
A-No.	8	8
Size of Filler Metals	2.4	3.2
Filler Metal Product Form	Solid	Electrode
Supplemental Filler Metal	L	L
Weld Metal		
Deposited Thickness:		
Groove	6 mm	10 mm
Fillet	All	All
Electrode-Flux (Class)	N/A	N/A
Flux Type	N/A	N/A
Flux Trade Name	N/A	N/A
Consumable Insert (SFA): 5.30	IN316L AWS Classification: ER316L	N/A
Other	N/A	N/A
*Each base metal-filler metal combination should be specified individually.		

*- وضعیت Consumable Insert در ASME Sec. II-C-SFA-5.30-2019

جدول-۹۷ : وضعیت Consumable Insert در ASME Sec. II-C-SFA-5.30-2019

TABLE 1
CARBON STEEL COMPOSITIONS

Group	AWS Classification	UNS Number[c]	Weight Percent[a,b] C	Mn	P	S	Si	Al	Zr	Ti
A	INMs1	K10726	0.07	0.90 to 1.40	0.025	0.035	0.40 to 0.70	0.05[d] to 0.15	0.02[d] to 0.12	0.05[d] to 0.15
	INMs2	K01313	0.06 to 0.15	0.90 to 1.40	0.025	0.035	0.45 to 0.70	...	...	...
	INMs3	K11140	0.07 to 0.15	1.40 to 1.60	0.025	0.035	0.80 to 1.00	...	...	...

TABLE 2
CHROMIUM-MOLYBDENUM STEEL COMPOSITIONS

Group	AWS Classification	UNS Number[c]	Weight Percent[a,b] C	Mn	P	S	Si	Al	Cr	Mo	Ni	Cu	V	Fe	Other Elements, Total
B	IN502	S50280	0.10	0.40 to 0.70	0.025	0.025	0.25 to 0.50	0.15	4.50 to 6.00	0.45 to 0.65	0.60	0.35	...	Balance	0.50
	IN504[d,e,f]	S50482	0.07 to 0.13	1.20[f]	0.010	0.010	0.15 to 0.50	0.04	8.00 to 10.50	0.85 to 1.20	0.80[f]	0.20	0.15 to 0.30	Balance	0.50
	IN515	K20900	0.07 to 0.12	0.40 to 0.70	0.025	0.025	0.40 to 0.70	0.15	1.20 to 1.50	0.40 to 0.65	0.20	0.35	...	Balance	0.50
	IN521	K30960	0.07 to 0.12	0.40 to 0.70	0.025	0.025	0.40 to 0.70	0.15	2.30 to 2.70	0.90 to 1.20	0.20	0.35	...	Balance	0.50

TABLE 3
CHROMIUM-NICKEL STAINLESS STEEL COMPOSITIONS

Group	AWS Classification	UNS Number[c]	Weight Percent[a,b] C	Cr	Ni	Mo	Nb(Cb) + Ta	Mn	Si	P	S	Cu
C	IN308[d]	S30880	0.08	19.5 to 22.0	9.0 to 11.0	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN308L[d]	S30883	0.03	19.5 to 22.0	9.0 to 11.0	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN309[d]	S30980	0.12	23.0 to 25.0	12.0 to 14.0	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN309L[d]	S30983	0.03	23.0 to 25.0	12.0 to 14.0	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN310	S31080	0.08 to 0.15	25.0 to 28.0	20.0 to 22.5	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN312[d]	S31380	0.15	28.0 to 32.0	8.0 to 10.5	0.75	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN316[d]	S31680	0.08	18.0 to 20.0	11.0 to 14.0	2.0 to 3.0	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN316L[d]	S31683	0.03	18.0 to 20.0	11.0 to 14.0	2.0 to 3.0	...	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75
	IN348[d,e,f]	S34780	0.08	19.0 to 21.5	9.0 to 11.0	0.75	10 × C min to 1.0 max	1.0 to 2.5	0.30 to 0.65	0.03	0.03	0.75

جدول-۹۸ : ادامه وضعیت Consumable Insert در ASME Sec. II-C-SFA-5.30-2019

TABLE 4
COPPER-NICKEL AND NICKEL ALLOY COMPOSITIONS

Group	AWS Classification	UNS Number[c]	Weight Percent[a,b] C	Mn	Fe	S	P	Si	Cu	Ni[h]	Al	Ti	Cr	Mo	Nb + Ta	Other Elements, Total
E	IN52	N06052	0.04	1.0	7.0 to 11.0	0.015	0.02	0.50	0.30	Rem	1.10[g]	1.0[g]	28.0 to 31.5	0.50	0.10	0.50
	IN60	N04060	0.15	4.0	2.5	0.015	0.02	1.25	Rem	62.0 to 69.0	1.25	1.5 to 3.0	...	...	...	0.50
	IN61	N02061	0.15	1.0	1.0	0.015	0.03	0.75	0.25	93.0 mln	1.5	2.0 to 3.5	...	...	...	0.50
	IN62	N06062	0.08	1.0	6.0 to 10.0	0.015	0.03	0.35	0.50	70.0 mln[d]	...	...	14.0 to 17.0	...	1.5 to 3.0[e]	0.50
	IN67	C71581	...	1.0	0.4 to 0.75	0.01	0.020	0.25	Rem	29.0 to 32.0	...	0.2 to 0.5	...	...	...	0.50[f]
	IN6A	N07092	0.08	2.0 to 2.7	8.0	0.015	0.03	0.35	0.50	67.0 mln[d]	...	2.5 to 3.5	14.0 to 17.0	...	...	0.50
	IN82	N06082	0.10	2.5 to 3.5	3.0	0.015	0.03	0.50	0.50	67.0 mln[d]	...	0.75	18.0 to 22.0	...	2.0 to 3.0[e]	0.50

TABLE A1
COMPARISON OF CLASSIFICATIONS

	AWS Classification A5.30/A5.30M	Comparable AWS Specification Number	Comparable AWS Specification Classification	Military Designation[d]	Proposed ISO Designation[e]
"A"	INMs1	A5.18[a]	ER70S-2	MIL-Ms-1	I-2031
	INMs2		ER70S-3	MIL-Ms-2	I-2130
	INMs3		ER70S-6[f]	...	I-3140
"B"	IN515	A5.28[b]	ER80S-B2	MIL-515	I-1130-1CM
	IN521		ER90S-B3	MIL-521	I-1130-2CM
	IN502		ER80S-B6	MIL-505	I-1120-6CM
	IN504		ER90S-B9	...	I-2102-9C1MV
"C"	IN308	A5.9[c]	ER308	MIL-308	IS308
	IN308L		ER308L	MIL-308L	IS308L
	IN309		ER309	...	IS309
	IN309L		ER309L	...	IS309L
	IN310		ER310	MIL-310	IS310
	IN312		ER312	MIL-312	IS312
	IN316		ER316	MIL-316	IS316
	IN316L		ER316L	MIL-316L	IS316lL
	IN348		ER348	MIL-348Co	IS348
"E"	IN52	A5.14[c]	ERNICrFe-7	...	INI 6052
	IN60		ERNICu-7	MIL-60	INI 4060
	IN61		ERNI-1	MIL-61	INI 2061
	IN62		ERNICrFe-5	MIL-62	INI 6062
	IN67	A5.7[c]	ERCuNI	MIL-67	ICu 7158
	IN6A	A5.14[c]	ERNICrFe-6	MIL-6A	INI 6092
	IN82		ERNICr-3	MIL-82	INI 6082

- QW-404.23 ø Filler metal product form

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

QW-404.23 A change from one of the following filler metal product forms to another:

(a) bare (solid or metal cored)
(b) flux cored
(c) flux coated (solid or metal cored)
(d) powder

شکل-۲۶۹ : پاراگراف QW-404.23 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر فیلر متال از یک شکل محصول به شکل محصول دیگر به شرح زیر:

(a) – فیلر متال به شکل سیم جوش Bare (solid) or Metal Cored

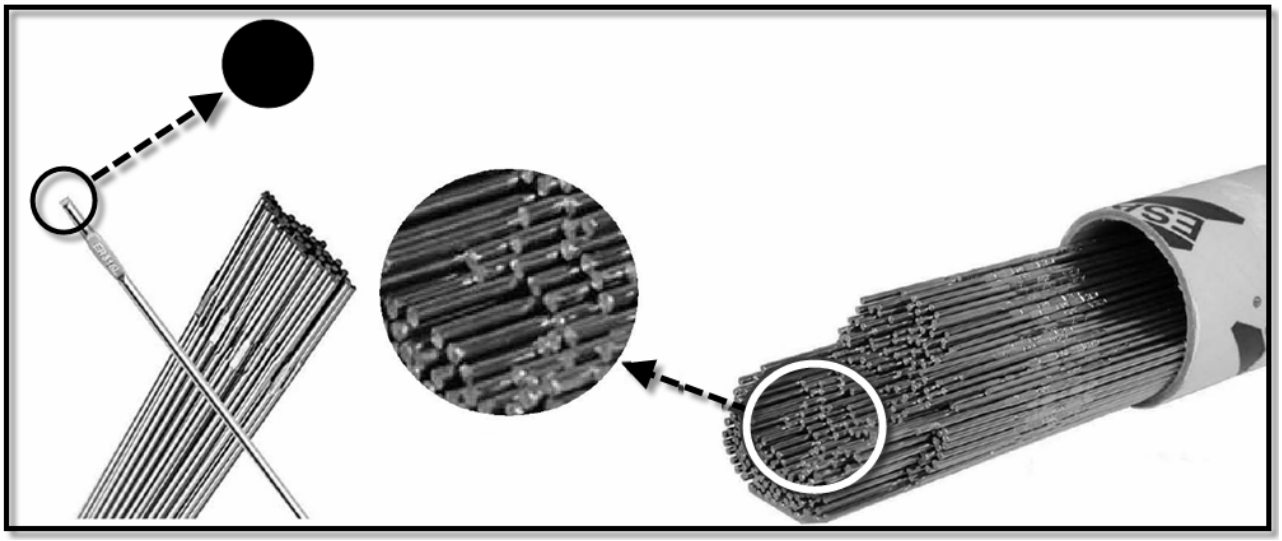
(b) – فیلر متال به شکل تو پودری Flux Cored

(c) – روکش فلاکس برای (فیلر متال توپر یا تو پودری) Flux Coated (Solid or Metal Cored)

(d) – فیلر متال پودری شکل Powder

توضیح : فیلر متالها انواع مختلفی دارند. یکی از انواع فیلر متالهایی که بطور گسترده از آن استفاده می شود نوعی است که در قسمت (a) پاراگراف فوق به آن اشاره شده است یعنی: فیلر متال به شکل سیم جوش Bare (solid) or Metal Cored می باشد مانند SFA-5.18-ER70S-3 یا SFA-5.28-ER80S-Ni1 که در جوشکاری پاس ریشه و بطور کلی برای لوله های زیر 3in. استفاده می شود. در لوله های استنلس استیل از همین نوع فیلر متال با مشخصه‌ی SFA-5.9-ER308L استفاده می شود.

- سطح مقطع فیلر متال (a) – فیلر متال به شکل سیم جوش تو پر: [Bare (solid) or Metal Cored]



شکل-۲۷۰ : سطح مقطع فیلر متال سیم جوش (Solid or Metal Cored)

در لوله های استنلس استیل چون پاس ریشه بایستی از اکسید شدن محافظت شود معمولاً پاس ریشه و Hot پاس را با استفاده از گاز محافظ آرگون از اکسید شدن محافظت می کنند اما استفاده از گاز محافظ یا Purge در بعضی اوقات دشوار

یا غیر ممکن می باشد مانند وقتی یک خط لوله با سایز بالا کامل شده باشد و پس از جوشکاری و رادیوگرافی مشخص شود که سرجوش نیاز به تعمیر دارد در چنین شرایطی ممکن است دسترسی به داخل لوله امکان پذیر نباشد. برای تعمیر این سر جوش سه راهکار وجود دارد:

راه اول : جوش بصورت کامل بریده شده و مجدداً لبه سازی شود و با استفاده از کاغذ Purge (کاغذ مخصوصی که در آب حل می شود) دردو سر ابتدا و انتهای لوله عملیات Purging انجام شود سپس دو سر لوله مجدداً مونتاژ شود و جوشکاری گردد.

راه دوم : از فیلر متال تو پودری (Flux Cored) استفاده شود. اصطلاحاً به این نوع از فیلر متال Purge Less نیز می گویند یعنی فیلر متالی که برای استفاده از آن در پاس ریشه به گاز محافظ ریشه یا Gas Purge نیاز ندارد. در مغز یا مرکز این نوع از فیلر متالها پودری مخصوص وجود دارد که در حقیقت همانند گاز محافظ پشتی عمل می کند و پاس ریشه را از اکسید شدن محافظت می کند. این روش از لحاظ اقتصادی و نیز از نظر زمانی بسیار با صرفه می باشد اما در اینجا چون شکل فیلر متال با شکل نوع Solid متفاوت است برای این نوع فیلر متال باید PQR تأیید شده باشد تا مجاز به استفاده از این نوع فیلر متال باشد در غیر این صورت استفاده از این فیلر متال مجاز نمی باشد.

راه سوم: استفاده از خمیر محافظ پشت جوش(ژل محافظ پشت جوش)

جایگزین مناسبی برای عملیات پِرج با حداقل زمان و حداکثر کیفیت جهت کلیه آلیاژهای استینلس استیل، اینکونل، و دیگر آلیاژهای تیتانیوم، مس، کروم، نیکل می باشد.

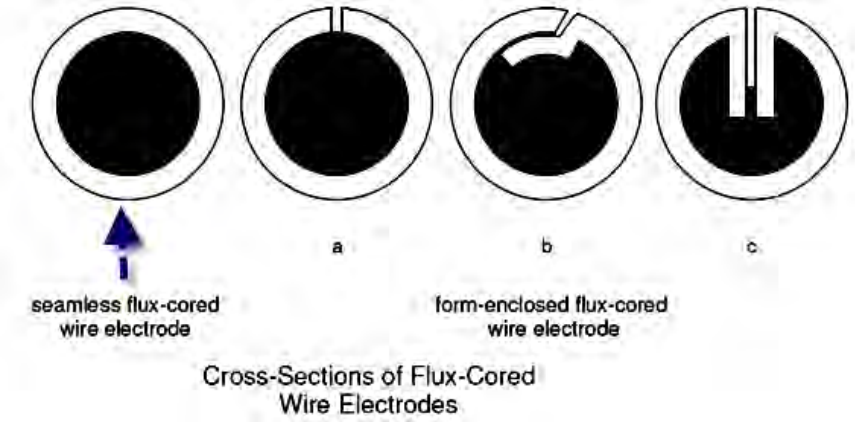
در روش جوشکاری TIG قبل از اتصال لوله ها و نیز قبل از عملیات جوشکاری خمیر فوق را به عنوان یک راه حل جدید با عملکرد سریع و با کیفیت بالای خود به سطوح پشت درز جوش به صورت یک لایه نازک اعمال می کنند و تمام سطوح داخلی درز جوش را (فلز پایه و فلز فیلر متال) را از خوردگی و سوختگی و تغییرات مضر آلیاژی محافظت می نماید. همچنین لازم بذکر است که در سالیان گذشته به صورت موردی این ماده برای پروژه های خاص از کشور ایالات متحده به کشورمان وارد شده بود که جوشکاران آن را آرگون جامد می نامیدند ولی خوشبختانه شرکت **فخر اندیش آریا** برای اولین بار در قاره آسیا و اروپا این محصول را تولید کرده و به ثبت رسانیده است.

تصاویری از روش استفاده از خمیر محافظ و مقایسه‌ی قطعات مختلف در شرایط استفاده از خمیر محافظ و نیز عدم استفاده از این خمیر.

شکل-۲۷۱ : مقایسه قطعات در شرایط استفاده از خمیر محافظ و عدم استفاده از این خمیر.

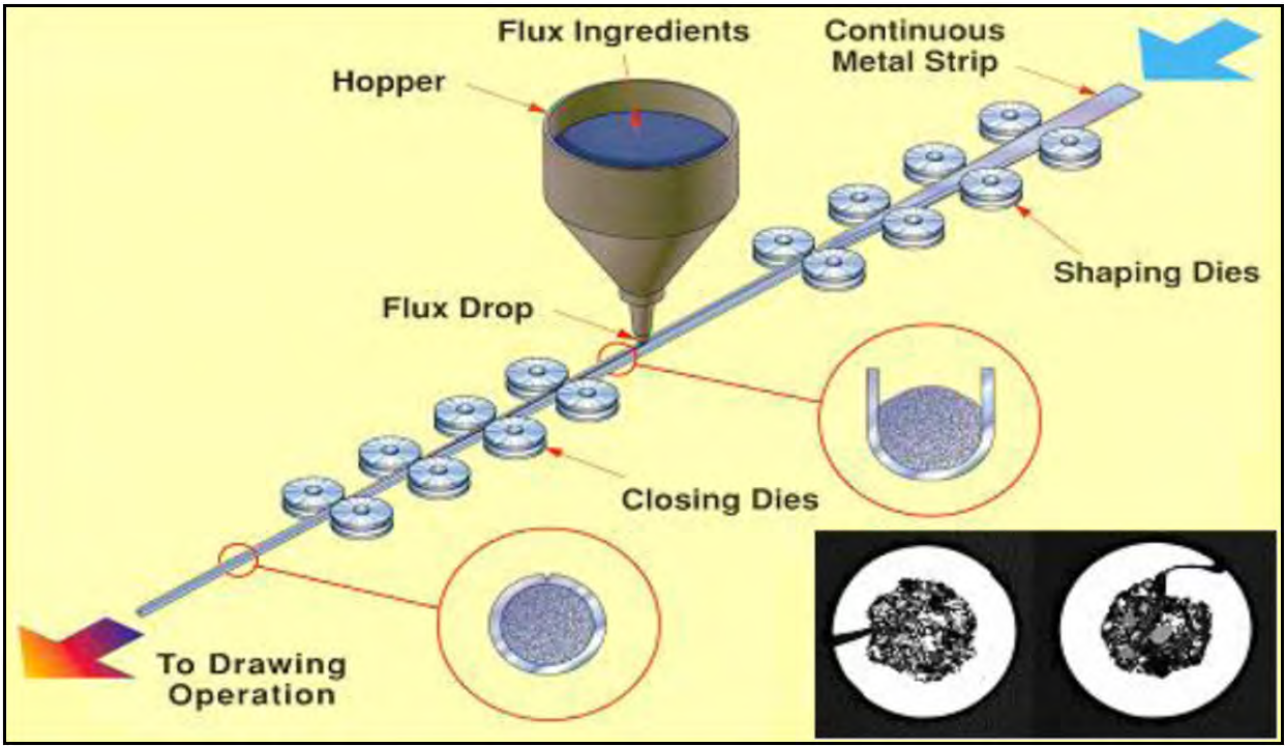
در پاراگراف QW-404.23 به فیلر متالهای محتلف اشاره شده است که این نمونه ها با یکدیگر تفاوت دارند و به این علت تغییر این فیلر متال ها به یکدیگر جزء متغیرات اساسی می باشد. بطور مثال انجام PQR با استفاده از فیلر متالی که به شکل سیم جوش [Bare (solid) or Metal Cored] تهیه شده است نمی تواند WPS فیلر متال به شکل تو پودری (Flux Cored) را تأیید کند پس در چنین شرایطی باید PQR جدید تهیه نمود.

*- سطح مقطع فیلر متال (b) – فیلر متال به شکل تو پودری Flux Cored



شکل-۲۷۲ : مقطع فیلر متال تو پودری (Flux Cored)

*- مراحل تهیه فیلرمتالهای تو پودری (Flux Cored)



شکل-۲۷۳ : مراحل تهیه فیلر متال تو پودری (Flux Cored)

*- استفاده از روکش فلاکس با استفاده از فیلر متال توپر یا تو پودری برای نفوذ بیشتر

(c) – روکش فلاکس برای (فیلر متال توپر یا تو پودری) Flux Coated (Solid or Metal Cored)

مکانیسم استفاده از روکش فلاکس برای نفوذ بیشتر چگونه است؟

IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 6, No. 3, June 2014

Effect of Flux Coated Gas Tungsten Arc Welding on 304L

M. Zuber, V. Chaudhri, V. K. Suri, and S. B. Patil

Abstract—Purpose of present work is to investigate the effect of oxide flux on welding of austenitic stainless steel 304L plates having thickness 8 mm its effect on welding distortion, ferrite number, hardness value and depth of penetration. SiO2 is used as a flux in the form of powder mixed with the acetone and applied on bead plate without making a joint preparation and without addition of filler wire. The result showed that this technique can increase depth of penetration and weld aspect\ ratio resulting in lower angular distortion.

شکل-۲۷۴ : تحقیقی در رابطه با استفاده از اثرات فلاکس اکسید سیلیس برای نفوذ بیشتر جوش

*- ترجمه: چکیده: هدف از کار حاضر بررسی تأثیر فلاکس اکسید بر جوشکاری صفحات استیل آستنیتی 304L با ضخامت ۸ میلی متر اثر آن بر اعوجاج جوش ، شماره فریت (FN) ، مقدار سختی و عمق نفوذ است.

اکسید سیلیس SiO_2 به عنوان یک فلاکس به شکل پودر که با استون مخلوط شده، استفاده می شود و بدون استفاده از آماده سازی لبه ها و بدون اضافه کردن سیم پرکننده، روی صفحه پلیت (Plate) اعمال می شود. نتایج نشان می دهد که این تکنیک می تواند باعث افزایش عمق نفوذ و از جهتی باعث کاهش زاویه‌ی پیچیدگی جوش شود.

***- ادامه مقاله تحقیقی:

*- کار تجربی: صفحات از جنس استنلس استیل آستنیتیک 304L با فرآیند ماشینکاری به مستطیل ۹۰ × ۸۵ میلی متر ساخته شده است. ترکیب شیمیایی این صفحه به شرح جدول 1 است.

TABLE I CHEMICAL COMPOSITIONS AND MECHANICAL PROPERTIES

c	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Yield	UTS	u
0.03	0.5	2	0.045	0.03	18	8	400	586	0.3

صفحات تقریباً با کاغذ سمباده انعطاف پذیر برای حذف ناخالصی های سطح جلا داده شده و سپس با استون تمیز می شوند.

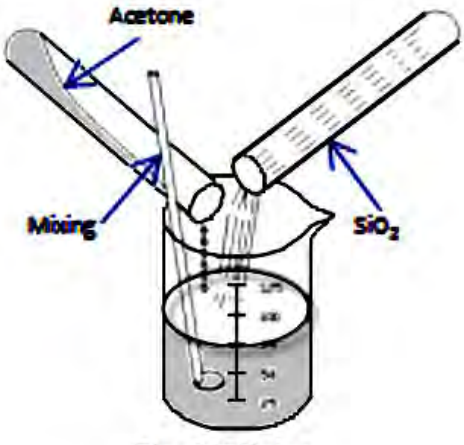


Fig. 1. Mixing

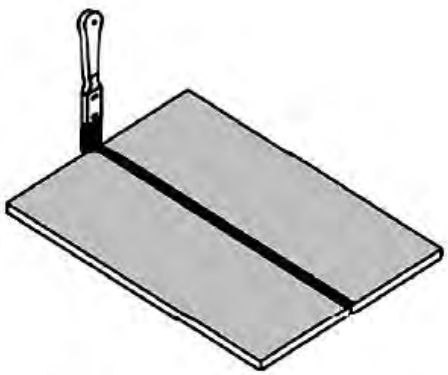


Fig. 2. Flux Coating operation

شکل-۲۷۵ : نحوی اعمال فلاکس اکسید سیلیس بر روی سطح فلز استنلس استیل آستنیتیک 304L

اکسید سیلیس (SiO_2) به عنوان یک فلاکس به صورت پودر با استون مخلوط شده که به شکل خمیر شده، استفاده می شود. همانطور که در Fig. 1 نشان داده شده است. یک لایه کمتر از 0.6 mm ضخامت بر روی سطح اتصالات قبل از جوشکاری GTAW نشان داده شده در Fig. 2 اعمال شده است. میانگین چگالی پوشش $8\ mg/cm^2$ بوده. بلافاصله پس از استفاده ، استون تبخیر می شود و یک لایه فلاکس مورد نظر را در اطراف محل اتصال می گذارد.

بلافاصله پس از کاربرد ، استون از لایه فلاکس اکسید سیلیس در اطراف طرح اتصال تبخیر می شود. جوشکاری بدون ایجاد لبه سازی مشترک و بدون اضافه کردن سیم پرکننده ، فقط با نگه داشتن صفحه در کنار هم انجام می شود.

جوش GTAW با استفاده از DCEN (الکترود قطب منفی) انجام شد. عملیات جوشکاری با تورچ استاندارد و الکترود تنگستن با قطر ۳,۲ میلی متر انجام شد. پارامترهای جوشکاری مورد استفاده در جدول II آورده شده است.

جدول-۹۹ : پارامترهای اعمال شده برای جوشکاری قطعه مورد تحقیق

TABLE II Welding Parameters for Welding Experiments

Sr. No.	Parameter	Value
01	Welding current	190 A
02	Travel speed	180 mm/min
03	Arc length	2.5-3.5 mm
04	Shielding gas	Argon
05	Gas flow rate	10 L/min

جوشکاری GTAW با روکش فلاکس (Flux Coated GTAW) برای اولین بار در سال ۱۹۵۰ توسط مؤسسه EO Paton معرفی شد. اولین مقاله منتشر شده ، استفاده از فلاکس ها برای جوشکاری آلیاژهای تیتانیوم بود و اولین کاربرد پوشش فلاکس برای فولادها در سال ۱۹۶۸ بود.

جهت جریان سیال در حوضچه مذاب می تواند بر شکل هندسه جوش تأثیر بگذارد. ضریب دما کشش سطح یک عاملی است که جهت گردش سیال در حوضچه مذاب را هدایت می کند. برای جوش GTAW بدون فلاکس ، بیشترین کشش سطح در لبه حوضچه و کمترین آن در مرکز خواهد بود بنابراین جریان سیال به بیرون و جوش کم عمق و گسترده خواهد بود. علاوه بر این از فلاکس اکسید ، بیشترین کشش سطح وابسته به دما در مرکز و کمترین آن در حوضچه خواهد بود و باعث می شود جریان سیال به سمت داخل به سمت مرکز تولید نفوذ باریک و عمیق داشته باشد که به این اثر مارنگونی گفته می شود.

*- ظاهر جوش: شکل ۳ ظاهر سطح جوش استنلس استیل آستنیتیک 304L تولید شده بدون فلاکس و با فلاکس های مختلف را نشان می دهد. شکل Fig. 3 (a) نتایج حاصل از GTAW معمولی را نشان می دهد ، که سطح تمیز و صاف را نشان می دهد. با FCGTAW سطح (جوش) ناهموار است و مقداری سرباره همانطور که در شکل Fig. 3 (b) نشان داده شده است وجود دارد. لازم به ذکر است که سطح خشن تمایل به افزایش خطر خوردگی و آلودگی محصول را دارد.

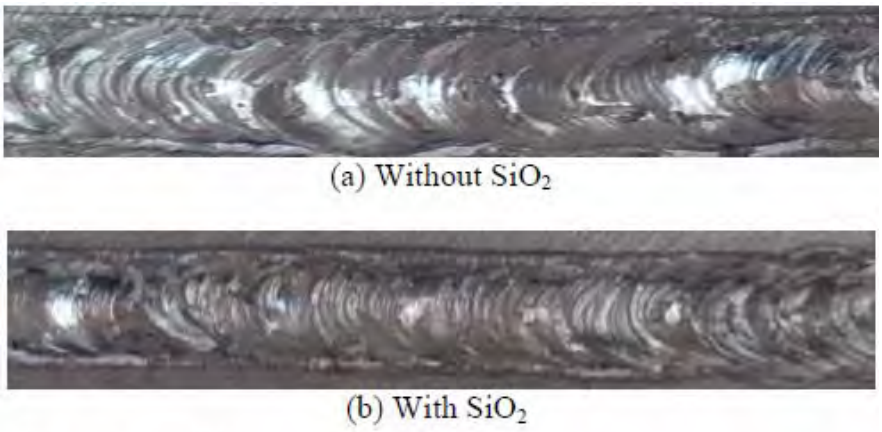


Fig. 3. Effect of SiO_2 on weld appearance

شکل-۲۷۶ : تأثیر فلاکس اکسید سیلیس بر روی عمق نفوذ

*- تأثیر فلاکس اکسید سیلیس بر روی عمق نفوذ: شکل ۴ نتیجه را از نظر عمق نفوذ به دست آمده با SiO2 GTAW تا ۶ میلی متر نشان می دهد که ۲۰۰٪ بیشتر از جوشکاری خودکار است.

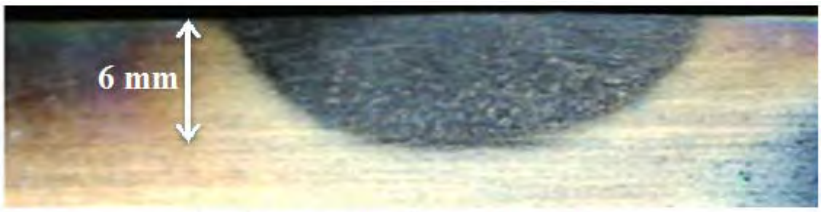


Fig.4. Depth of penetration

شکل-۲۷۷ : عمق نفوذ

در حین جوشکاری ورق (Plate) با روکش فلاکس ، ولتاژ مورد نیاز در مقایسه با جوشکاری ورق (Plate) بدون روکش فلاکس زیاد بود. شکل ۶ ویژگی های هندسه جوش با SiO_2 را در چهار موقعیت مختلف نشان می دهد. افزایش در عمق جوش نسبت عمق به عرض نسبت قابل توجهی با GTAW معمولی دارد. این افزایش عمق نفوذ و کاهش عرض به دلیل انقباض قوس و جریان مارنگونی است.

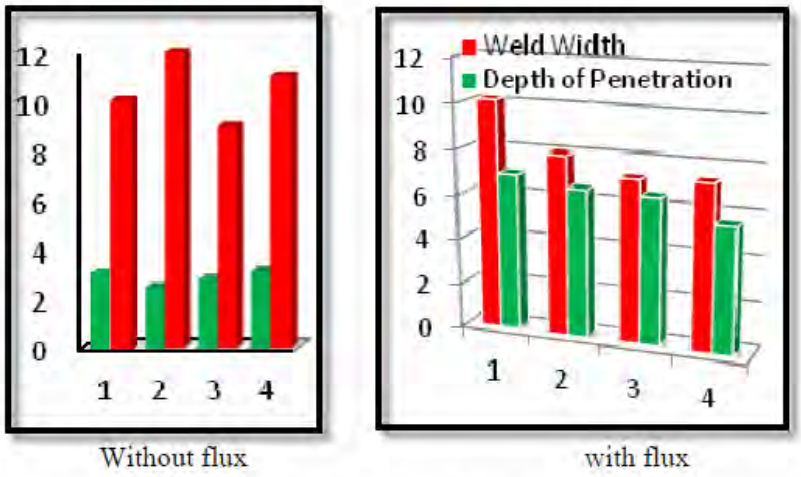


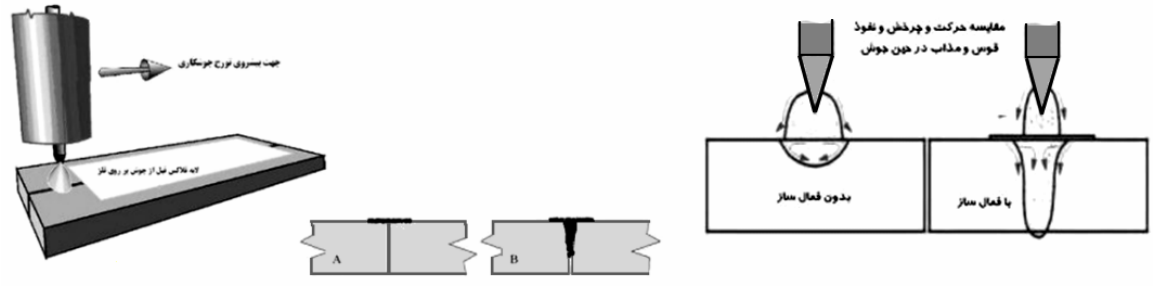
Fig. 6. weld geometry characteristics

شکل-۲۷۸ : مقایسه جوش با روکش فلاکس و بدون روکش فلاکس

***- جهت اطلاع : در ایران شرکت فخراندیش آریا این محصول را تولید و ارائه می کند. لطفاً توضیحات این شرکت را در معرفی محصولش ببینید: http://www.fakhrandish.com/active%20welding%20flux.html
Fax : (+98) 21 42693712 Tel: (+98) 21 66264321

- فلاکس فعال ساز جوش جهت فرآیندهای جوشکاری

ACTIVATOR WELDING FLUX
(TIG-MIG/MAG-SAW-LASER WELDING)
ATIG -ACTIVE FLUX FOR WELDING



شکل-۲۷۹ : فرآیند تأثیر فلاکس فعال ساز جوش شرکت فخراندیش آریا

محصول فوق بر اساس و مبنای گداخت شیمیائی و بالا بردن انرژی جنبشی در محل حوضچه جوش از یک سو باعث بوجود آمدن نفوذ بیشتر (حداقل تا ۲/۵ برابر بیشتر) و از سوی دیگر باعث پائین آمدن میزان آمپراژ مصرفی (حداقل تا ۳۰٪ کمتر) در فرآیند جوشکاری میگردد و از دیگر لحاظ نیز باعث بالا رفتن خواص مطلوب جوش ، و ترکیب بی نقص آلیاژ موجود در محل جوش بعمل آمده بین فلز پایه و فلز جوش میگردد همچنین با فعالیت مولوکولی شدید در حوضچه جوش باعث از بین رفتن تمامی عیوب موجود در منطقه مشترک بین فلز جوش و فلز پایه (HAZ) میگردد ، یکی دیگر از محاسن استفاده از این محصول عدم نیاز به عملیات پخ زنی قبل از جوشکاری در جوشهای معمولی و با مقدار نفوذ و پخ کم بوده و دیگر مزیت استفاده از این محصول عدم ایجاد اعوجاج و دوفرمگی در فلز پایه و قطعه کار می باشد که به دلیل پائین آمدن دمای ورودی (به دلیل پائین آمدن آمپراژ مصرفی) به محل جوشکاری و قطعه کار عیوبی مانند تغییرات در شبکه کریستالی فلز پایه بطور چشمگیری کاهش یافته که این امر باعث تغییر نکردن و ثابت ماندن خواص مکانیکی فلز و آلیاژ پایه میگردد.

محصول فوق در ۳ گروه A , B, C تولید شده است که به ترتیب گروه A برای نفوذ بصورت عمودی و عمقی در ریشه جوش و گروه B برای نفوذ بیشتر در فلز پایه و بصورت افقی بوده و گروه C تلفیقی از دو حالت ذکر شده قبل می باشد یعنی بالا بردن نسبی نفوذ در ریشه جوش و نیز در کناره جوش میگردد. نحوه استفاده از محلول امولاسیون فوق بدین صورت می باشد که در محل درز جوش قبل از اجرای جوشکاری بواسطه یک قلم مو یا یک مکانیزم افشانه پاش و یا روش دیگر که بتواند یک لایه نازک (به ضخامت حداقل۰/۳ میلیمتر) از محلول را بر روی سطح فلز بر جای بگذارد آغشته نموده و پس از گذشت تا ۲ دقیقه محلول خشک شده و آماده جوشکاری میگردد.

جهت اطلاع بیشتر لازم بذکر است که در حال حاضر در اکثر کشورهای اروپائی و امریکائی پیشرفته ،ازاین ماده در فرآیند تولید و جوشکاری صنایع دریائی، نظامی،هسته ای ،هوائی و ریلی و سازه های عظیم فلزی صنعتی و ساختمانی و نیروگاهی و لوله های انتقال استفاده میگردد ، که برای اولین بار در کشور عزیزمان ایران این شرکت موفق به تولید و ارائه این محصول در گروه های مختلف و با امکان تعریف و ارائه فرمول نسبت به نوع و مقدار نفوذ جهت انواع آلیاژهای کربن استیل ، استینلس استیل و آلیاژ های آلومینیوم و تیتانیوم گشته است

*- شکل دیگری از جوشکاری GTAW استفاده از فیلر متال پودری شکل Powder است که در قسمت (d) از پاراگراف QW-404.23 عنوان شده است.

(d) – فیلر متال پودری شکل Powder

برای توضیح این مبحث از مقاله تحقیق کاملی که توسط گروه مهندسی مکانیک و مواد ، دانشگاه تکنولوژیکی فدرال Paran Par، کشور برزیل انجام شده، استفاده شده است.

Full Length Research Paper

Development of a device adapted to perform the torch gas tungsten arc welding (GTAW) hardfacing using alloys in powder form

Paulo Cezar Moselli, Marcelo Falcão de Oliveira and João Roberto Sartori Moreno

Department of Mechanical and Materials Engineering, University Federal Thecnological of Paraná, Brazil.

Accepted 7 February, 2014

This work was aimed at developing a device adapted to any gas tungsten arc welding (GTAW) torch, allows obtaining hard coatings by depositing alloys in powder form. For the purpose of verifying the feasibility of implementing this process, the results and parameters were compared with the plasma transferred arc (PTA) process. Due to good wear resistance was used as the substrate alloy SAE 1020 and alloy STELLITE 6 powder as depositor/hardfacing. Deposition rate, ideal flow of protection, dilution, micrographic and X-ray diffraction analysis results were raised to evaluate the proposed technique. The data showed a coating by the process GTAW pore-free and lowest dilution for both the GTAW and PTA process semi-automatics. However, gas consumption was lower for the GTAW process (8 L/min), due to reduced flow of the carrier gas. Microstructural analysis showed a microstructure similar for both processes, but the process PTA presented a more refined microstructure, possibly due to the low dilution rate. We also conclude that the presence of phases identified as γ-Fe and γ-Ni led to an increase in dilution rate of the GTAW processes.

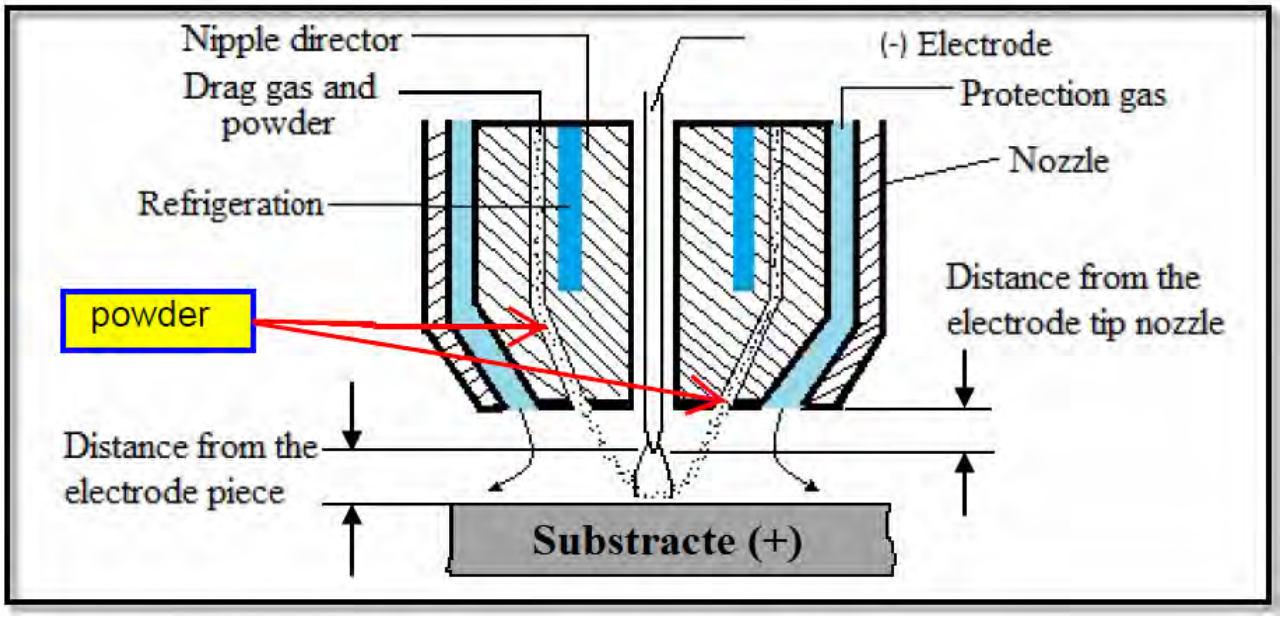
شکل-۲۸۰ : مقاله تحقیقی توسط گروه مهندسی مکانیک و مواد ، دانشگاه تکنولوژیکی فدرال برزیل

توسعه دستگاه سازگار برای انجام جوشکاری با قوس - الکترود تنگستن تحت گاز محافظ (GTAW) با تورچ و استفاده از آلیاژهای موجود در فرم پودری.

گروه مهندسی مکانیک و مواد ، دانشگاه تکنولوژیکی فدرال Paran Par، کشور برزیل.

این کار با هدف ایجاد یک وسیله ای که با هر نوع مشعل جوشکاری قوس تنگستن (GTAW) سازگار باشد، حصول پوششهای سخت بوسیله‌ی رسوب آلیاژها به صورت پودر را میسر می سازد. به منظور بررسی امکان پذیری اجرای این فرآیند، نتایج و پارامترها با فرآیند جوشکاری قوس انتقالی پلاسما (PTA) مقایسه شده اند. از آلیاژ SAE 1020 به عنوان لایه زیرین و از پودر آلیاژ STELLITE 6 به عنوان رسوب کننده، بدلیل مقاومت خوبشان در برابر سایش استفاده شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل میزان رسوب ، جریان ایده آل محافظت ، ترقیق، ماکروگرافی و پراش پرتو ایکس برای ارزیابی روش پیشنهادی مطرح شدند. داده ها با استفاده از فرآیند GTAW بدون منافذ و کمترین رقیق سازی برای هر دو مرحله نیمه اتوماتیک GTAW و PTA ، پوشش را نشان دادند. با این حال ، به دلیل جریان کاهش یافته‌ی گاز حامل ، مصرف گاز برای فرآیند GTAW (۸ لیتر در دقیقه) کمتر بود.

تجزیه و تحلیل ساختار میکروسکوپی، حاکی از تشابه این ساختار برای هر دو فرآیند بوده با این تفاوت که فرآیند PTA ساختار تصفیه شده تری را ارائه می دهد، که ممکن است بدلیل نرخ رقیق شدگی پایین باشد. ما همچنین نتیجه می گیریم که وجود فازهای γ-Fe و γ-Ni منجر به افزایش در سرعت رقیق شدگی فرآیندهای GTAW شده است.



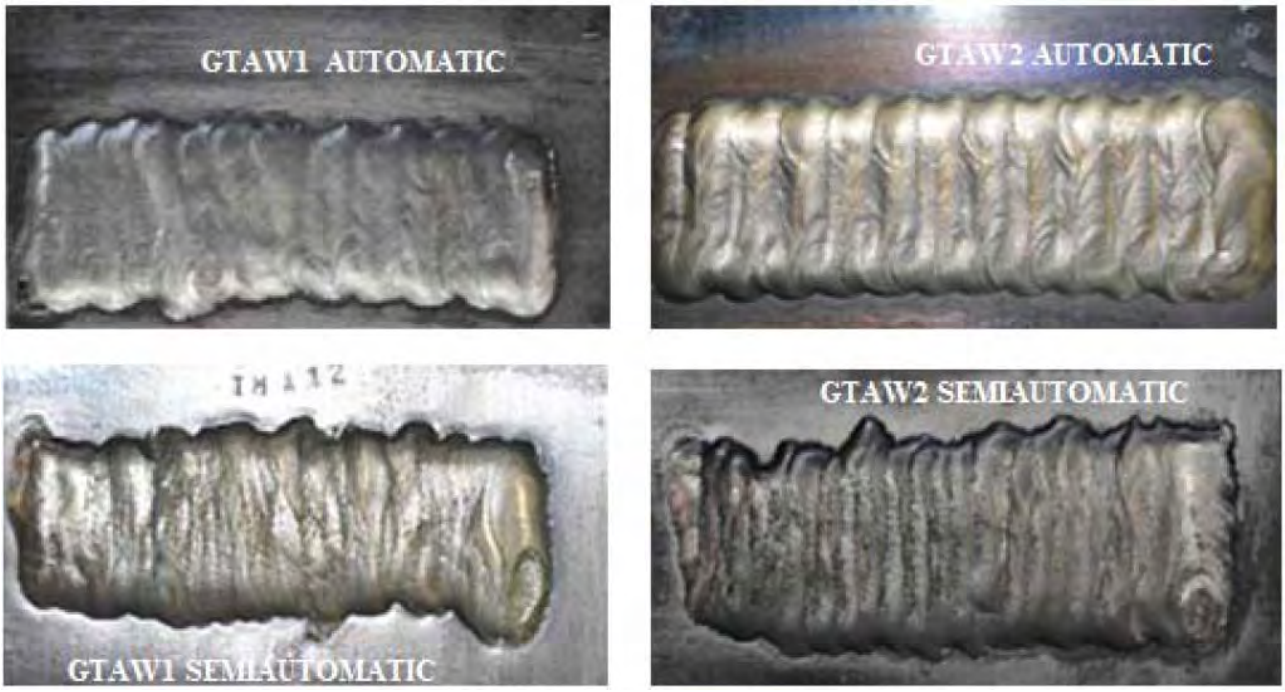
شکل-۲۸۱ : تورچ جوشکاری فرآیند GTAW با استفاده از پودر

شکل فوق نمایش شماتیک دستگاه (تورچ) برای رسوب پودر توسط فرآیند GTAW که مورد مطالعه قرار گرفت.

شکل-۲۸۲ : عکس نمای پایین تورچ سیستم GTAW که با استفاده از هشت سوراخ پودر را تزریق می کند.

شکل-۲۸۳ : نمای تورچ جوشکاری فرآیند GTAW در حال رسوب گذاری خودکار

عکس فوق دستگاه در حین کار ، با وضعیت ۸ سوراخ مرکزی (برای تزریق پودر متال جهت رسوب گذاری) ، سازگار با قرآیندهای GTAW / PTA برای رسوب گذاری خودکار.



شکل-۲۸۴ : نماهایی از جوشهای رسوب داده شده پودری با فرآیند GTAW اتوماتیک و نیمه اتوماتیک

*- توجه مهم؛ بیشترین کاربرد این روش در پوشش سخت کردن سطح کار است به اصطلاح Hard Facing Overlay است. یا هم در پر کردن حفره های خوردگی ایجاد شده روی سطح به اصطلاح Buildup بر اساس پاراگراف QW-202.3

شکل-۲۸۵ : نماهایی از حفره های خوردگی ایجاد شده روی سطح ورق

نتیجه : استفاده از تیپ های مختلف فیلر متال و همچنین استفاده از روکش فلاکس در جوشکاری GTAW چه با فیلر متال توپر و چه با فیلر متال تو پودری باشد و یا از پودر برای پوشش دادن سطوح استفاده شوند همگی جزء متغیرات اساسی هستند و برای هر کدام از این شرایط PQR جدید نیاز است.

*- QW-404.50 ± Flux

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-404 FILLER METALS

QW-404.50 The addition or deletion of flux to the face of a weld joint for the purpose of affecting weld penetration.

شکل-۲۸۶ : پاراگراف QW-404.50 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : اضافه شدن یا حذف فلاکس بر روی سطح اتصال مورد جوشکاری به منظور اثر گذاری بر نفوذ جوش.

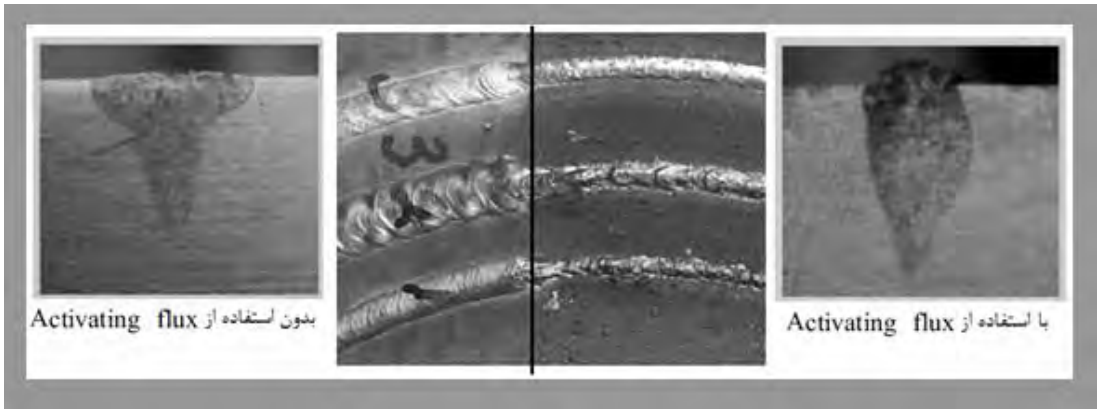
توجه مهم: کارایی این فلاکس بر نفوذ جوش بدون تاثیر بر خواص مکانیکی جوش است و با Flux Coated که در پاراگراف QW-404.23 (c) که جهت نفوذ جوش و با تأثیر بر خواص مکانیکی جوش بکار برده می شد متفاوت است.

*- توضیح: فلاکس (Suface Active Flux-QuickTIG) با استفاده از این فلاکس هزینه و زمان جوشکاری را به میزان قابل توجهی کاهش دهید، ۳۰ تا۶۰ درصد صرفه جویی در هزینه مستقیم جوشکاری. استفاده از این فلاکس مزایای زیر را داراست:

* - راه حل ساده و ارزان برای جوشکاری فولاد ضد زنگ ، تیتانیوم و آلیاژهای آلومینیوم
* - زمان جوش را به یک سوم کاهش می دهد ، عمق نفوذ را تا ۳ برابر طبیعی افزایش می دهد
* - همه جوش ها از کیفیت پرتونگاری برخوردار هستند
* - کاربرد آسان ، سازگار با محیط زیست ، بدون دود مضر.

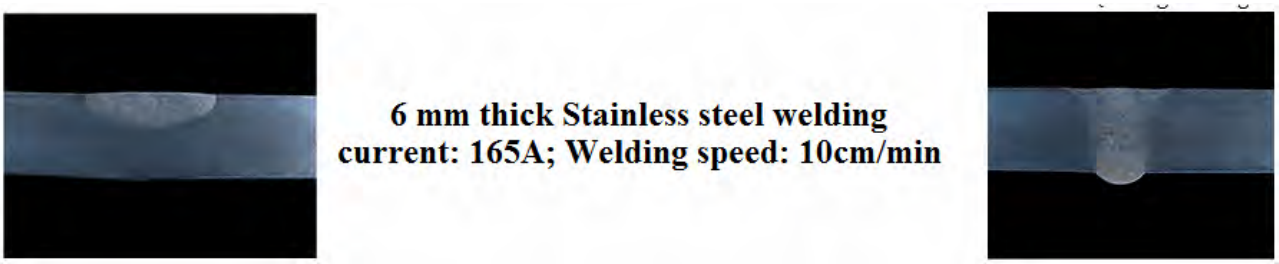
شکل-۲۸۷ : فلاکس تشدید کننده نفوذ جوش

همانگونه که مشاهده گردید نوع جریان و قطبیت جوشکاری اثر بسیار زیادی در نفوذ جوشکاری دارد. فلاکس فعال کننده‌ی نفوذ جوش قبل از شروع جوشکاری بکار برده می شود و در شدت جریان مشخصی باعث افزایش نفوذ جوش می شود. تاثیر استفاده از فلاکس فعال کننده نفوذ جوش در تصویر زیر به خوبی نشان داده شده است.



شکل-۲۸۸ : مقایسه‌ی نفوذ جوش با استفاده از فلاکس و بدون استفاده فلاکس

نتیجه : استفاده از فلاکس یا خمیر فعال کننده برای نفوذ بهتر جوش جزء متغیرات غیر اساسی است زیرا در حقیقت استفاده از این خمیر یا فلاکس نقش مؤثری در خواص مکانیکی جوش ندارد و فقط نقش کاتالیزور دارد و نفوذ جوش را بیشتر می کند. بنابراین اگر یک PQR بدون فلاکس یا خمیر تهیه شده باشد ولی در هنگام تهیه‌ی WPS این خمیر یا فلاکس اضافه شود نیازی به PQR جدید نمی باشد و بالعکس آن نیز صادق است یعنی اگر یک PQR با خمیر یا فلاکس تهیه شود ولی در WPS حذف شده باشد برای این تغییر نیازی به PQR جدید نمی باشد.



شکل-۲۸۹ : مقایسه‌ی نفوذ جوش با استفاده از فلاکس و بدون استفاده فلاکس

QW-405 Positions -۲-۱۳

جدول-۱۰۰ : پاراگراف QW-405 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	ø Position		X	
	.3	ø ↑↓ Vertical welding			X

پاراگرافهای QW-405.1, .2, .3 در فرآیند SMAW بطور مفصل توضیح داده شد، بنابراین برای اطلاع بیشتر به قسمت Position فرآیند SMAW مراجعه شود.

QW-406 Preheat -۲-۱۴

جدول-۱۰۱ : پاراگراف QW-406 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	

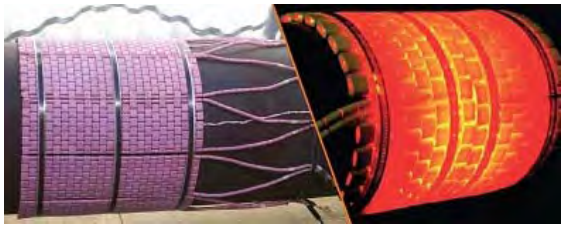
پاراگرافهای QW-406.1, .3 در فرآیند SMAW بطور مفصل توضیح داده شد، بنابراین برای اطلاع بیشتر به قسمت Preheat فرآیند SMAW مراجعه شود.

QW-407 PWHT -۲-۱۵

جدول-۱۰۲ : پاراگراف QW-407 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-407 PWHT	.1	ø PWHT	X		
	.2	ø PWHT (T & T range)		X	

پاراگرافهای QW-407.1, .2, در فرآیند SMAW بطور مفصل توضیح داده شد، بنابراین برای اطلاع بیشتر به قسمت PWHT فرآیند SMAW مراجعه شود.



QW-408 GAS -۲-۱۶

جدول-۱۰۳ : پاراگراف QW-408 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-408 Gas	.1	± Trail or ϕ comp.			X
	.2	ϕ Single, mixture, or %	X		
	.3	ϕ Flow rate			X
	.5	± or ϕ Backing flow			X
	.9	– Backing or ϕ comp.	X		
	.10	– Trail or ϕ comp.	X		

*- QW-408.1- ± Trail or ø comp.

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-408 GAS

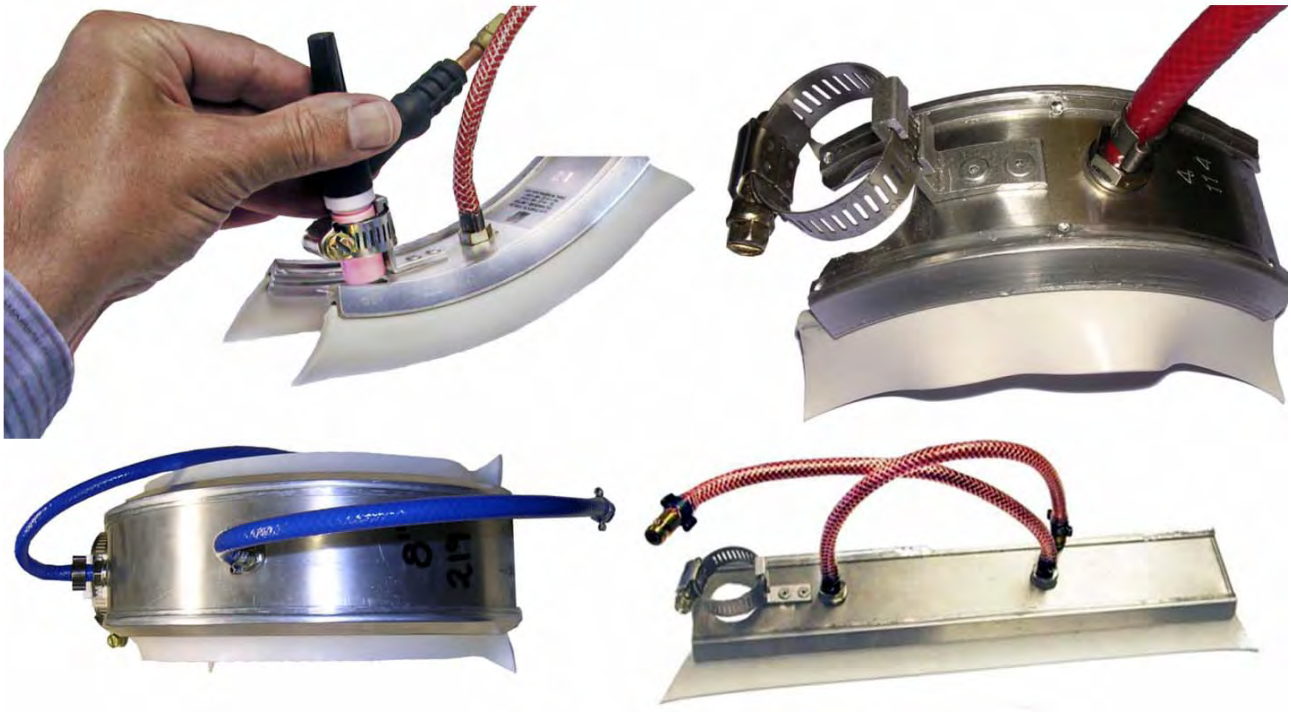
QW-408.1 The addition or deletion of trailing gas and/or a change in its composition.

شکل-۲۹۵ : پاراگراف QW-408.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : اضافه یا حذف گاز محافظ دنباله و یا تغییر در ترکیب آن.

توضیح : این پاراگراف درمورد تغییر گاز محافظ دنباله و یا تغییر در ترکیب آن توضیح می دهد.

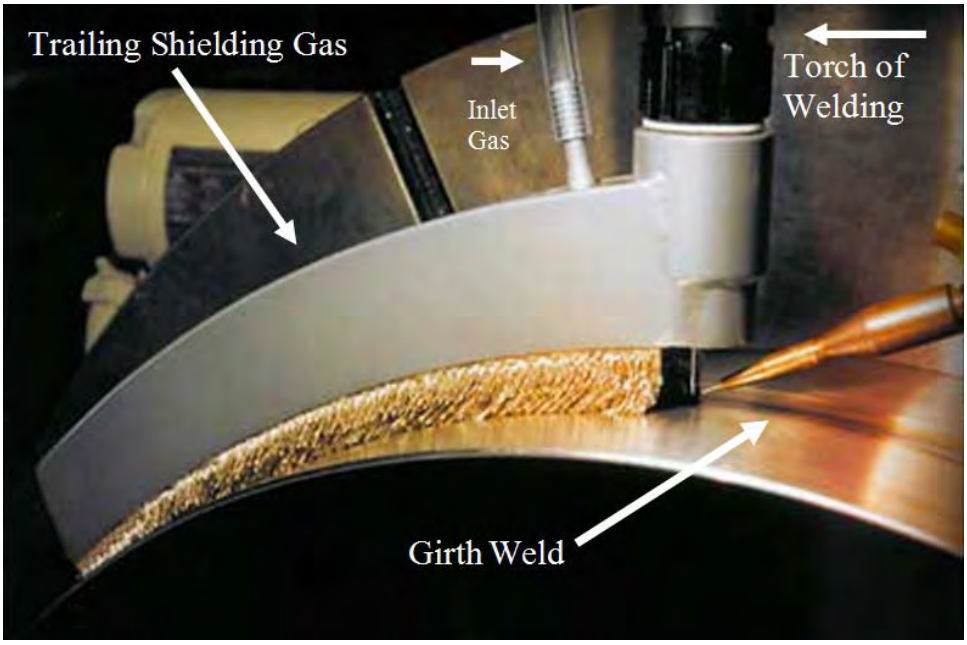
*-نمونه هایی از محفظه Trailing مورد استفاده در فرآیند GTAW



شکل-۲۹۰ : نمونه هایی از محفظه Trailing مورد استفاده در فرآیند GTAW

گاز محافظ دنباله و یا تغییر در ترکیب آن چیست؟ در فرآیند GTAW منطقه‌ی حوضچه مذاب جوش بوسیله‌ی گاز محافظ (Shielding Gas)، محافظت می شود اما با حرکت رو به جلوی تورچ جوشکاری، گاز محافظ هم از آن منطقه دور می شود چون اکسیداسیون در دمای بالا راحت تر اتفاق می افتد بنابراین اگر از وسیله‌ی Trailing در چنین فرآیندی استفاده شود بعد از حرکت رو به جلوی تورچ (طبق شکل) گاز محافظ که در درون این محفظه دنباله‌ی تورچ است از منطقه جوش شده به اندازه طول این محفظه محافظت می کند. حال چون این پاراگراف QW-408.1 جزء متغیرات غیر اساسی است بنابراین اضافه کردن این وسیله یا حذف آن یا تغییر در ترکیب گاز دنباله به ارائه PQR جدید نیاز ندارد.

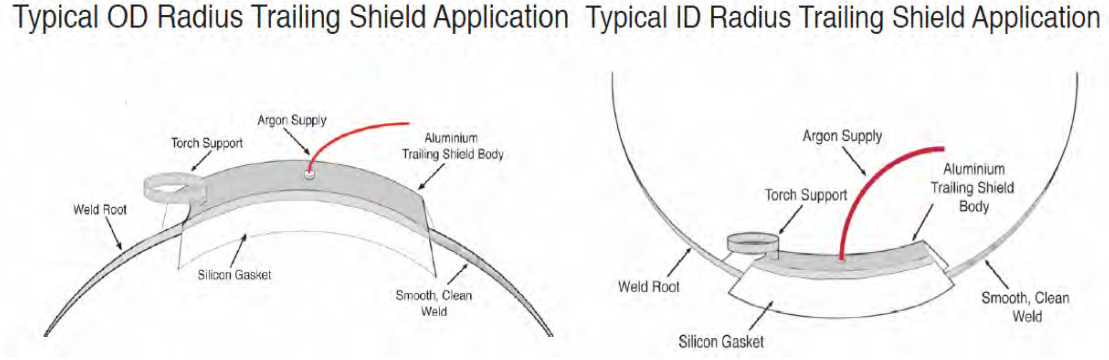
لازم به ذکر است که ورودی تزریق گاز محافظ این محفظه Trailing از شیلنگ ورودی گاز محافظ تورچ جدا است. به تصویر وسیله‌ی Trailing دقت شود:



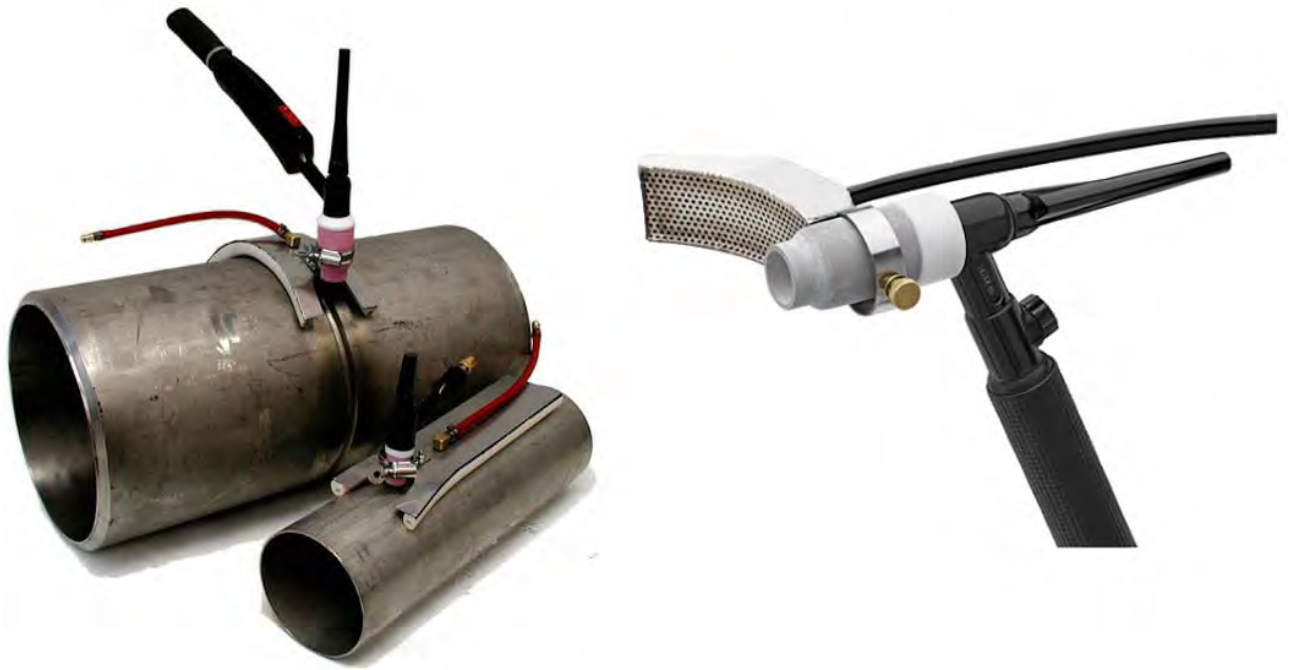
شکل-۲۹۱ : محفظه‌ی گاز محافظ Trailing

محفظه گاز محافظ Trailing معمولاً به شکل تخت و دوار موجود است که نوع تخت برای جوشهای تخت و نوع دوار با قطرهای مختلف برای سایزهای مختلف قطر خارجی یا داخلی لوله طراحی شده اند.

استفاده از محفظه گاز محافظ Trailing در جوشکاری دستی و نیز در روش اتوماتیک امکان پذیر است. اما در روش دستی چون حرکت محفظه گاز محافظ Trailing همراه با تورچی است که دست جوشکار آنها را حرکت می دهد بایستی این محفظه از جنسی ساخته شود که سبک وزن باشد به این علت جنس بدنه‌ی این محفظه ها معمولاً از آلومینیوم ساخته می شوند. جنس قسمت اطراف این محفظه که باید مانع از خروج گاز محافظ شود معمولاً از جنس سلیکون تهیه می شود.



شکل-۲۹۲ : محفظه گاز محافظ Trailing و کاربرد آن برای بیرون و داخل لوله



شکل-۲۹۳ : شکلهای مختلف از محفظه گاز محافظ Trailing

شکل-۲۹۴ : محفظه گاز محافظ Trailing نوع تخت

نتیجه : پاراگراف QW-408.1 جزء متغیرات غیر اساسی می باشد یعنی اضافه کردن یا حذف Trailing نیاز به تهیه PQR جدید ندارد و در WPSچنانچه نیاز باشد به شکل زیر نوشته می شود:

جدول-۱۰۴ : طریقه‌ی نوشتن وضعیت Trailing در مدرک WPS

QW-408 GAS			
PERCENT COMPOSITION			
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate (L/min)
SHILDING :	Argon	99.99%	8 ~ 12
TRAILING :	Argon	99.99%	8 ~ 9
BACKING :	Argon	99.99%	6 ~ 9 -Note (1)
Note (1): Purge gas is to be maintained at least for two layers of weld.			

QW-408.2 ø Single, mixture, or % -*

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-408 GAS

QW-408.2 A separate procedure qualification is required for each of the following:

(a) a change from a single shielding gas to any other single shielding gas

(b) a change from a single shielding gas to a mixture of shielding gasses, and vice versa

(c) a change in the specified percentage composition of a shielding gas mixture

(d) the addition or omission of shielding gas

The AWS classification of SFA-5.32 may be used to specify the shielding gas composition.

شکل-۲۹۵ : پاراگراف QW-408.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : برای هر یک از موارد زیر PQR جداگانه ای باید تهیه شود:

(a) – تغییر از یک گاز محافظ به گاز محافظ دیگر

(b) – تغییر از یک گاز محافظ به ترکیبی از گازهای محافظ و بالعکس

(c) – تغییر در درصد مشخص شده ترکیب عناصر گازهای ترکیبی محافظ

(d) – اضافه شدن یا حذف گاز محافظ

در استاندارد AWS Classification برای مشخص کردن ترکیب گاز محافظ می توان SFA-5.32 را مورد استفاده قرار داد.

هدف استفاده از گاز محافظ در جوشکاری GTAW چیست؟

(*) **گاز محافظ شامل آرگون، هلیوم یا مخلوطی از هر دو با حداقل خلوص 99.95% می باشد که از اکسیداسیون الکترود تنگستن توسط اکسیژن محیط جلوگیری می کند و دمای آن را کاهش می دهد تا امکان تشکیل قوس پایدار فراهم گردد. همچنین از حوضچه جوش مذاب و سیم جوش در حال ذوب در مقابل هوای اطراف محافظت می کند.**

گازهای محافظ : گاز محافظ مورد استفاده در فرآیند جوشکاری، تاثیر فراوانی در عملکرد کلی فرآیند جوشکاری دارد. از مهمترین کاربردهای گاز محافظ، حفاظت از حوضچه جوش در مقابل نیتروژن و اکسیژن هوا، ایجاد قوس پایدار و انتقال فلز بصورت یکنواخت می باشد. بیشتر فلزات تمایل بسیار زیادی به ترکیب شدن با اکسیژن (برای تشکیل اکسید) و به میزان کمتر، ترکیب شدن با نیتروژن (برای تشکیل نیتریدهای فلزی) دارند. از واکنش بین اکسیژن و کربن نیز گاز مونوکسید کربن پدید می آید. تمام این محصولات واکنشی، به طرق زیر منبع بروز نقص در جوش می شوند:

ذوب ناقص به علت اکسیدها، ضعف در استحکام و دوام به دلیل تخلخل، اکسیدها و نیتریدها و تردی فلز جوش به علت اکسیدها و نیتریدهای محلول، این محصولات واکنشی به سهولت در حضور هوا شکل می گیرند زیرا هوای اتمسفر دارای ۸۰ درصد نیتروژن و ۲۰ درصد اکسیژن است.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (مقدمه ای بر فرآیندهای جوشکاری با گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

همچنین گاز محافظ بر اجرای جوشکاری و جوش حاصله در موارد زیر مؤثر خواهد بود:

- **خصوصیات قوس**
- **چگونگی انتقال فلز**
- **نفوذ و مقطع عرضی درز جوش**
- **استحکام جوش**
- **سرعت جوشکاری**
- **بریدگی کناره جوش**
- **عملیات پاک کنندگی**

اطلاع از خواص پایه ای گاز محافظ، در انتخاب گاز یا گازهای محافظ مناسب برای کاربردهای مختلف جوشکاری لازم است زیرا استفاده از مخلوط گازهای محافظ مناسب، سبب بهبود کیفیت و کاهش هزینه کلی جوشکاری خواهد شد.

بطور کلی نقش گازهای محافظ شامل موارد زیر می باشد:

۱- جلوگیری از ورود هوا و گازهای موجود در آن به حوضچه جوش

۲- خنک نگه داشتن لبه های جوش و جلوگیری از گسترش محدوده‌ی HAZ ناشی از حرارت ورودی (Heat Input) اعمال شده

۳- جلوگیری از پاشش جرقه های جوش با آرام کردن حوضچه مذاب

۴- تاثیر بر تنظیم ولتاژ و شدت جریان جوشکاری

۵- کمک به برقراری قوس الکتریکی

۶- تنظیم طول قوس، شدت قوس و نفوذ قوس و کمک به پایداری قوس الکتریکی

۷- جلوگیری از انحراف قوس و سوختگی لبه ورق

انتخاب گاز محافظ، با توجه به تمام یا بخشی از نکات فوق و با در نظر گرفتن جنس و ابعاد سیم یا مفتول جوشکاری صورت می پذیرد.

خواص بنیادی گازهای محافظ:

چگالی گاز:

چگالی یک گاز برابر است با وزن گاز در واحد حجم. یکی از عوامل اصلی در مؤثر بودن یک گاز محافظ، چگالی آن می باشد. اساساً، گازهایی که از هوا سنگین تر هستند مانند آرگون و دی اکسید کربن نسبت به آن دسته از گازهایی که از هوا سبک ترند مانند هلیوم، نیازمند نرخ جریان پایین تری برای محافظت از حوضچه مذاب جوش می باشند.

مشخصات انواع گازهای محافظ

گازهای خنثی: این نوع گازها به دلیل داشتن یک لایه الکترونی کامل در مدار خارجی از نظر شیمیایی غیر فعال (خنثی) می باشند و تأثیری بر فرآیندهای متالورژیکی حوضچه جوش ندارند. به دلیل آنکه این گازها عناصر فلز مذاب را نمی سوزانند و ترکیب شیمیایی فلز جوش نیز با کاربرد این گازها تغییر نخواهد کرد.

آرگون : آرگون، گازی غیر قابل احتراق و بدون بو می باشد که هیچگونه واکنش شیمیایی با اتمسفر اطراف و مواد موجود در حوضچه جوش انجام نمی دهد. این گاز، ۱/۴ برابر سنگین تر از هوا بوده و به همین دلیل می توان آنرا با شدت جریان کمتری به جریان در آورده و از این رو نسبت به سایر گازها به کمترین فشار نیاز دارد. آرگون را می توان از میعان هوای اتمسفر نیز به دست آورد. گاز آرگون حاصل از این روش تا ۹۹/۹۹ درصد خالص می باشد.

مزایای استفاده از گاز آرگون عبارتند از:

۱- گازی است که واکنش حوضچه‌ی مذاب را به حداقل می رساند.
۲- برای بدست آوردن شدت جریان و طول قوس مناسب، به ولتاژ کمتری نیاز دارد. این مزیت به ویژه در جوشکاری دستی ورقهای نازک کاربرد دارد.
۳- قدرت پاک کنندگی و شکنندگی قوس را در مواجهه با اکسیدها در جوشکاری AC، و جوشکاری فلزات آلومینیوم و منیزیم افزایش می دهد.
۴- قیمت آن از هلیوم ارزان تر بوده و تهیه آن آسانتر می باشد.
۵- شروع قوس بسیار آسانتری نسبت به هلیوم دارد.

به دلیل اینکه آرگون ۳۸ درصد از هوا سنگین تر است، برای جوشکاری در وضعیت های تخت و افقی به ویژه در جوشهای گوشه ای بسیار مناسب است. آرگون پتانسیل یونیزاسیون کمتری نسبت به هلیوم دارد. به همین دلیل به ولتاژ کمتری برای برقراری قوس نیاز دارد و در نتیجه حوضچه جوش در مجاورت آن از حرارت پایین تری برخوردار است. به همین علت آرگون را گازی مناسب برای جوشکاری ورقهای نازک می شناسند. آرگون در حدود ۱۰ برابر از هلیوم سنگین تر است به همین دلیل برای یک جوشکاری مشابه، به مقدار گاز آرگون کمتری نسبت به هلیوم نیاز می باشد. از این گاز در مواردی که اعوجاج قطعه باید تحت کنترل باشد و یا توانایی پل زنی (Gap Bridging) مناسبی روی شیار مورد نیاز باشد نیز استفاده می شود.

هلیوم : هلیوم گازی است خنثی که هوا ۱/۷ برابر سنگین تر از آن بوده و به همین دلیل برای جاری ساختن آن در سیستم مستلزم ایجاد فشار می باشد. هلیوم نیز گازی غیر قابل احتراق و بدون بو بوده و آن را از گاز طبیعی تهیه می کنند و درجه خلوص آن تا ۹۹/۹۹ درصد نیز می رسد. به طور معمول شدت جریان گاز هلیوم، دو تا سه برابر آرگون بوده و اغلب در وضعیت سربالا و سقفی کاربرد پیدا می کند زیرا شدت جریان گاز در این وضعیت، حوضچه جوش را به اندازه کافی پوشش می دهد. مقدار پاشش و جرقه جوش در هنگام استفاده از هلیوم به مراتب بیشتر از آرگون است زیرا حوضچه‌ی مذابی داغ، فعال و جوشان تولید می کند.

بطور معمول از هلیوم برای جوشکاری قطعات ضخیم و نیز فلزات و آلیاژهایی که از انتقال حرارت بالاتری برخوردارند (مانند مس، آلومینیوم و منیزیم و آلیاژهای آنها) استفاده می شود. به دلیل هدایت حرارتی بالای هلیوم عرض گرده جوش پهن تر از آرگون و عمق آن بیشتر است و بدلیل قیمت بالای گاز هلیوم معمولاً از مخلوط این گاز با آرگون استفاده می شود.

گازهای فعال: بر خلاف گازهای خنثی مانند آرگون و هلیوم، گازهای فعال مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و دی اکسید کربن و مخلوط این گازها با گاز خنثی به صورت شیمیایی فعال و واکنش پذیر می باشند. این گازها با حوضچه جوش واکنش داده و نقش احیایی یا اکسیدی خود را نشان می دهند.

گاز دی اکسید کربن: اغلب گازهای فعال را نمی توان به تنهایی به عنوان گاز محافظ در فرآیندهای جوشکاری به کار گرفت اما دی اکسید کربن تنها گاز فعالی است که امکان استفاده از آن به عنوان گاز محافظ به تنهایی یا در ترکیب با سایر گازها برای بعضی فلزات و آلیاژها به ویژه فولادها وجود دارد. استفاده از گاز CO_2 همراه با آرگون باعث بهبود پایداری قوس و نفوذ بهتر جوش خواهد شد. ضمن آنکه هدایت حرارتی بالاتر CO_2 به دلیل تجزیه و ترکیب مجدد اجزاء این گاز، سبب انتقال بیشتر حرارت به فلز پایه نسبت به آرگون خالص خواهد شد. در هر حال، سرعت جوشکاری بالا، نفوذ فوق العاده به همراه حوضچه داغ و بزرگ مذاب و هزینه کمتر نسبت به آرگون از مزایای CO_2 می باشد.

پس از توضیحاتی که درمورد ماهیت گازهای محافظ خنثی و فعال داده شد به توضیح پاراگراف QW-408.2 می پردازیم.

این پاراگراف جزء متغیرات اساسی است و برای تغییر در هر کدام از شرایط تعیین شده باید PQR جداگانه ای تهیه شود.
توضیح شرایط:

(a) – تغییر از یک گاز محافظ به گاز محافظ دیگر

اگر PQR با یک گاز محافظ مشخص مانند گاز آرگون تهیه شده باشد تغییر این گاز به گاز دیگری مانند گاز هلیوم به PQR جدید نیاز دارد. بنابراین هنگام انتخاب گاز محافظ باید دقت کرد که گازی انتخاب شود که دسترسی به آن راحت باشد.

(b) – تغییر از یک گاز محافظ به مخلوطی از گازهای محافظ و بالعکس

اگر PQR با یک گاز مشخص مانند گاز آرگون تهیه شده باشد تغییر این گاز به یک گاز مخلوط مانند آرگون و هلیوم به PQR جدید نیاز دارد یا برعکس اگر PQR با یک گاز مخلوط با درصد ترکیب مشخصی مانند آرگون و هلیوم تهیه شده باشد تغییر این گاز محافظ ترکیبی به یک گاز تکی مانند گاز آرگون به PQR جدید نیاز دارد.

با مراجعه به جدول ۴ از استاندارد AWS A5.32-Table-4 می توان ترکیب گازهای مخلوط محافظ را مشاهده نمود.

جدول-۱۰۵ : وضعیت گازهای مخلوط محافظ مطابق استاندارد ASME Sec. II-Part-C-2019 (SFA5.32)

TABLE 4
AWS CLASSIFICATIONS FOR TYPICAL GAS MIXTURES

AWS Classification	Typical Gas Mixtures, %	Gas
SG-AC-25	75/25	Argon + Carbon Dioxide
SG-AO-2	98/2	Argon + Oxygen
SG-AHe-10	90/10	Argon + Helium
SG-AH-5	95/5	Argon + Hydrogen
SG-HeA-25	75/25	Helium + Argon
SG-HeAC-7.5/2.5	90/7.5/2.5	Helium + Argon + Carbon Dioxide
SG-ACO-8/2	90/8/2	Argon + Carbon Dioxide + Oxygen
SG-A-G	Special	Argon + Mixture

Example:

Ar – 25% CO_2 — SG-AC-25

25 × 0.1 = 2.5
25 – 2.5 = 22.5
25 + 2.5 = 27.5
Ar with 22.5 to 27.5% CO_2

Ar – 2% O_2 — SG-AO-2

2 × 0.1 = 0.2
2 – 0.2 = 1.8
2 + 0.2 = 2.2
Ar with 1.8 to 2.2% O_2

جدول-۱۰۶ : جدول پیشنهاد نوع برق، تنگستن و گازهای محافظ از استاندارد AWS C5.5-2003

Table 8
Recommended Types of Current, Tungsten Electrodes, and Shielding Gases for Welding of Various Metals and Alloys

Type of Alloy	Thickness	Type of Current(1),(2)	Electrode(3)	Shielding Gas
Aluminum	All	AC	Pure or zirconiated	Argon or argon-helium
	> 1/8 in. [3 mm]	DCEN	Thoriated	Argon-helium or argon
	≤ 1/8 in. (3 mm)	DCEP	Thoriated or zirconiated	Argon
Copper, copper alloys	All	DCEN	Thoriated	Helium or argon-helium
	< 1/8 in. [3 mm]	AC	Pure or zirconiated	Argon
Magnesium alloys	All	AC	Pure or zirconiated	Argon
	< 1/8 in. [3 mm]	DCEP	Zirconiated or thoriated	Argon
Nickel, nickel alloys	All	DCEN	Thoriated	Argon
Plain carbon, low-alloy steels	All	DCEN	Pure or zirconiated	Argon or argon-helium
	< 1/8 in. [3 mm]	AC	Thoriated	Argon
Stainless steel	All	DCEN	Thoriated	Argon or argon-helium
	< 1/8 in. [3 mm]	AC	Pure or zirconiated	Argon
Titanium	All	DCEN	Thoriated	Argon

جدول-۱۰۷ : جدول مزیت گازهای محافظ برای متریالهای مختلف از استاندارد AWS C5.5-2003

Table 13
Advantages of Shielding Gases

Metal	Welding Type	Shielding Gas	Advantages
Aluminum and Magnesium	Manual	Argon	Better arc starting, cleaning action and weld quality; lower gas consumption.
		Argon-helium	High welding speeds possible.
	Machine	Argon-helium	Better weld quality, lower gas flow than required with straight helium.
		Helium (DCSP)	Deeper penetration and higher weld speeds than can be obtained with argon-helium.
Carbon Steel	Spot	Argon	Generally preferred for longer electrode life. Better weld nugget contour, ease-of-starting, and lower gas flows than helium.
	Manual	Argon	Better pool control; especially for position welding.
	Machine	Helium	Higher speeds obtained than with argon.
Stainless Steel	Manual	Argon	Excellent control of penetration on light gage materials.
		Argon-helium	Higher heat input, higher welding speeds possible on heavier gages.
	Machine	Argon-hydrogen (up to 35%-H_2)	Prevents undercutting, produces desirable weld contour at low current levels, requires lower gas flows.
		Argon-helium	An excellent selection for high speed tube mill operation.
		Helium	Provides highest heat input and deepest penetration.
Copper, Nickel, and Cu-Ni Alloys		Argon	Ease of obtaining pool control, penetration, and bead contour on thin gage metal.
		Argon-helium	Higher heat input to offset high heat conductivity of heavier gages.
		Helium	Highest heat input for welding speed on heavy metal sections.
Titanium		Argon	Low gas flow rate minimizes turbulence and air contamination of weld; improved heat-affected zone.
		Helium	Better penetration for manual welding of thick sections (inert gas backing required to shield back of weld against contamination).
Silicon Bronze		Argon	Reduces cracking of this “hot short” metal.
Aluminum Bronze		Argon	Less penetration of base metal.

در آیین نامه کار پیشنهادی AWS-C5.5-Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding در جداول ۸ و ۱۳ که مربوط به جوشکاری فرآیند Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) می باشد مزیت گازهای محافظ برای متریالهای مختلف به تفکیک شرح داده شده است.

(c) – تغییر در درصد مشخص شده ترکیب مخلوط گازهای محافظ

یک از شرایطی که تغییر در آن نیازمند تهیه PQR جدید می باشد، تغییر در درصد مشخص شده ترکیب مخلوط گازهای محافظ است. اگر به جدول شماره ۴ از AW-A5.32 توجه شود درصد ترکیب گازهای محافظ مشخص شده است. بطور مثال برای ترکیب گازهای آرگون و هلیوم نسبت 90/10% مشخص شده است یعنی باید 90% از گاز آرگون و 10% از گاز هلیوم با یکدیگر ترکیب شوند. بنابر شرط (c) از پاراگراف QW-408.2 اگر PQR با ترکیب گازهای آرگون و هلیوم با

درصد 90/10% تهیه شود و سپس در WPS این ترکیب به نسبت 75/25% تغییر کند برای این تغییر باید PQR جدید با شرایط جدید تهیه و آماده شود.

(d) – اضافه شدن یا حذف گاز محافظ

اضافه شدن گاز محافظ یا حذف یک گاز محافظ از فرآیند GTAW جزء متغیرات اساسی است یعنی اگر PQR با گاز آرگون تهیه شده باشد و سپس در WPS نوع گاز محافظ، گاز آرگون یا گاز هلیوم قید شود، این اضافه شدن یک گاز دیگر در WPS احتیاج به تهیه PQR جدید دارد. همچنین اگر در فرآیند GTAW برای تهیه PQR از یک گاز محافظ مانند آرگون استفاده شده باشد و در WPS این گاز حذف شود، این تغییر نیاز به ارائه PQR جدید دارد زیرا اضافه کردن یا حذف کردن گاز محافظ جزء متغیرات اساسی است.

نتیجه : پاراگراف QW-408.2 مربوط به گاز محافظ است. این پاراگراف جزء متغیرات اساسی است. در این پاراگراف تغییر یک گاز محافظ به گاز محافظ دیگری، تغییر یک گاز محافظ به ترکیبی از چند گاز محافظ یا بر عکس، تغییر در درصد مشخص شده ترکیب مخلوط گازهای محافظ و در نهایت اضافه کردن یا حذف گاز محافظ نیاز به PQR جدید دارد.

QW-408.3 ø Flow rate -*

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-408 GAS

QW-408.3 A change in the specified flow rate range of the shielding gas or mixture of gases.

شکل-۲۹۶ : پاراگراف QW-408.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در محدوده‌ی مشخص شده‌ی Flow rate (سرعت جریان) گاز محافظ یا گازهای محافظ.

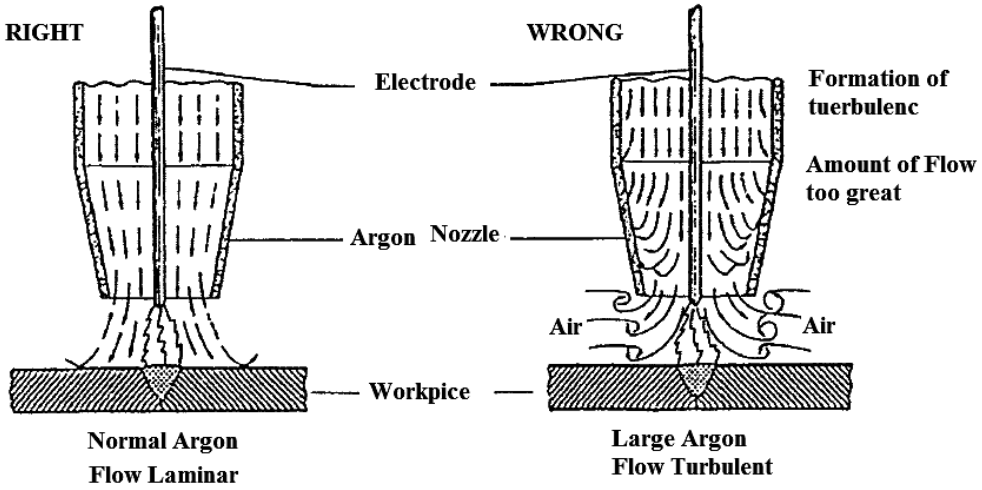
توضیح : محدوده‌ی Flow rate گاز محافظ در کیفیت جوش نقش بسزایی دارد.

(*)- سرعت مناسب گاز محافظ

سرعت گاز محافظ و میزان مصرف آن، به اندازه‌ی نازل، اندازه‌ی حوضچه‌ی جوش، سرعت حرکت هوا، ضخامت قطعات، نوع ماده، سرعت جوشکاری، نوع اتصال و ... بستگی دارد. به طور کلی، سرعت گاز متناسب با مقطع عرضی نازل افزایش می یابد. قطر نازل باید مناسب با اندازه حوضچه‌ی جوش و واکنش های فلز جوش انتخاب شود. حداقل سرعت گاز، با توجه به اثرات گرمایی قوس و وضعیت نامساعد هوا تعیین می شود. سرعت گاز محافظ در تورچ های مرسوم برای آرگون بین cfh ۳۵-۱۵ (L/min-۱۶-۷) و برای هلیوم cfh ۵۰-۳۰ (L/min-۲۴-۱۴) می باشد.

سرعت جریان بیش از حد مجاز، باعث ایجاد تلاطم در مسیر گاز می گردد که در نتیجه ممکن است آلودگی های جوی وارد حوضچه‌ی جوش گردند. سرعت بیش از حد گاز محافظ و ایجاد آشفتگی در مسیر گاز؛ برای جوشکاری مناسب نمی باشد.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران



شکل-۲۹۷ : نقش سرعت بالای گاز در فرآیندGTAW

شکل-۲۹۸ : تنظیم کننده (Regulator) نرخ جریان (Flow rate) گاز محافظ

در قسمت انتهایی تنظیم کننده (Regulator) سرعت جریان (Flow rate) گاز محافظ، یک استوانه‌ی مدرج شیشه ای قرار دارد که یک ساچمه در آن موجود است. با استفاده از پیچ تنظیم کننده در قسمت پایین این استوانه شیشه ای گاز جریان می یابد و می توان سرعت جریان (Flow rate) را به دلخواه تنظیم نمود بطوریکه با جریان یافتن گاز خروجی، ساچمه‌ی درون استوانه شیشه ای به سمت بالا حرکت می کند و کمک جوشکار با تنظیم سرعت خروج گاز، ساچمه را در سطح لازم که نشان دهنده‌ی سرعت جریان (Flow rate) در هر دقیقه است تنظیم می کند. بطور مثال در شکل تنظیم کننده (Regulator) سرعت جریان گاز در هر دقیقه حدود ۱۰ لیتر است.

در WPS سرعت جریان گاز (Flow rate) بصورت یک محدوده نوشته می شود مانند ۱۵-۳۵ cfh (۷ -۱۶ -L/min)

جدول-۱۰۸ : طریقه‌ی نوشتن اندازه‌ی سرعت جریان (Flow rate) گاز محافظ در WPS

QW-408 GAS			
PERCENT COMPOSITION			
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate (L/min)
SHILDING :	Argon	99.99%	7 ~ 16
TRAILING :	N / A	N / A	N / A
BACKING :	N / A	N / A	N / A

تصاویر زیر مربوط به دو نوع از تنظیم کننده‌های سرعت جریان گاز محافظ می باشند.

شکل-۲۹۹ : تنظیم کننده (Regulator) سرعت جریان گاز محافظ

* - QW-408.5 ± or ø Backing flow

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-408 GAS

QW-408.5 The addition or deletion of backing gas, a change in backing gas composition, or a change in the specified flow rate range of the backing gas.

شکل-۳۰۰ : پاراگراف QW-408.5

ترجمه : اضافه شدن یا حذف گاز پشت بند (Backing gas)، تغییر در ترکیب گاز پشت بند یا تغییر در محدوده‌ی مشخص شده برای سرعت جریان گاز پشت بند.

توضیح : پاراگراف QW-408.5 جزء متغیرات غیر اساسی است. مطابق این پاراگراف اضافه شدن یا حذف گاز پشت بند (Backing gas) نیاز به تهیه PQR جدید ندارد. بطور مثال اگر PQR یک متریال با استفاده از گاز محافظ پشتی تهیه شده باشد و سپس در WPS این گاز محافظ پشتی حذف شود یا برعکس اگر PQR یک متریال بدون استفاده از گاز

محافظ پشت بند (Backing gas) تهیه شده باشد و سپس در WPS گاز محافظ پشت بند (Backing gas) اضافه شود اینگونه حذف یا اضافه کردن گاز پشت بند (Backing gas) نیاز به تهیه PQR جدید ندارد.

همچنین اگر در ترکیب گاز پشت بند (Backing gas) تغییر ایجاد گردد بطور مثال اگر در PQR از ترکیب گازهای آرگون و هلیوم به نسبت 90/10% استفاده شده باشد و سپس این ترکیب در WPS به نسبت 80/20% تغییر کند به تهیه PQR جدید نیاز ندارد.

اگر در محدوده مشخص شده برای سرعت جریان گاز پشت بند (Flow Rate) تغییر ایجاد شود بطور مثال چنانچه هنگام تهیه PQR محدوده مشخص شده برای سرعت جریان گاز محافظ به میزان (L/min-۱۶-۷) تعیین شده باشد سپس در WPS این محدوده به میزان (L/min-۱۸-۱۰) تغییر کند برای این تغییر نیز به تهیه PQR جدید نیازی نمی باشد.

در WPS باید نوع گاز پشت بند (Backing gas) و سرعت جریان گاز (Flow rate) قید شود و معمولاً این سرعت بصورت یک محدوده نوشته می شود مانند (L/min- ۹- ۶)

جدول-۱۰۹ : طریقه‌ی نوشتن اندازه‌ی سرعت جریان گاز محافظ در WPS

QW-408 GAS			
	PERCENT COMPOSITION		
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate (L/min)
SHILDING :	Argon	99.99%	8 ~ 12
TRAILING :	N/A	N/A	N/A
BACKING :	Argon	99.99%	6 ~ 9 -Note (1)
Note (1): Purge gas is to be maintained at least for two layers of weld.			

* - QW-408.9 - Backing or ø comp.

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-408 GAS

QW-408.9 For groove welds in P-No. 41 through P-No. 49 and all welds of P-No. 10I, P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 51 through P-No. 53, and P-No. 61 through P-No. 62 metals, the deletion of backing gas or a change in the nominal composition of the backing gas from an inert gas to a mixture including non-inert gas(es).

شکل-۳۰۱ : پاراگراف QW-408.9

ترجمه : برای جوشهای شیاری در متریالهای P-No. 41 تا P-No. 49 و همه‌ی جوشهای متریالهای P-No. 10I و P-No. 10J, P-No. 10K و P-No. 51 تا P-No. 53 و P-No. 61 تا P-No. 62 حذف گاز پشت بند (Backing) یا تغییر در ترکیب اسمی گاز پشت بند (Backing) از یک گاز خنثی به یک گاز ترکیبی که حاوی گازهای غیر خنثی باشد.

توضیح : گاز پشت بند (Backing gas) چیست و چه زمانی از آن استفاده می شود؟

گاز پشت بند (Backing gas) جهت محافظت از ریشه جوش (برای مثال در جوشکاری فولادهای زنگ نزن) استفاده می شود. این گاز از تشکیل اکسیدها بر سطح ریشه جوش جلوگیری می کند. استفاده از گاز پشت بند (Backing gas) به عوامل مختلفی بستگی دارد در اینجا به بعضی از آنها مطابق زیر اشاره شده است:

الف)- اگر درصد کروم موجود در فیلر متال و یا الکترودی که استفاده می شود بیشتر از % 6 باشد.

مطابق استاندارد AWS D10.8 Para. 4.2 برای جوشکاری پاس ریشه‌ی فولادهای Cr-Mo دو کار انجام می شود.

(۱)- پرج کردن گاز محافظ در درون لوله برای پیشگیری از اکسیداسیون اتصالات فولادهای Cr-Mo در حین جوشکاری با وجودیکه قاعده‌ی ثابتی وجود ندارد عملیات زیر که براساس ترکیب شیمیایی فلز پرکننده می باشند انتخاب می گردد.

فیلر با کمتر از % 4 کُروم — به پرج درون لوله نیازی نیست.

فیلر با % 6 - 4 کُروم — برخی مواقع (برحسب الزامات سرویس) لازم است پرج شود.

فیلر با بیشتر از % 6 کُروم — همیشه باید پرج گردد.

(۲)- برای جوشکاری اتصالات فولادهایی که تا Cr-Mo 2-¼ دارند بعضی سازندگان اروپایی از الکترودهای روکش دار روتیلی برای پاس ریشه بطور موفقیت آمیزی استفاده نموده اند. از آنجاییکه این الکترودها کم هیدروژن نمی باشند پیشگرمی مناسب اهمیّت زیادی پیدا می کند. چنین الکترودهایی در طی دهه‌ی 1950 در ایالت متحده از نظر اقتصادی قابل تهیه بوده اند و توسط AWS با نام E8013-B2 و E9013-B3 تقسیم بندی شده اند.

ب)- چنانچه درصد کروم متریالی که از آن استفاده می شود بیشتر از %2-¼ باشد.

مطابق استاندارد API-RP-582 Para. 7.3 پاراگراف 7.3 چنانچه درصد کروم متریالی از %2-¼ بیشتر باشد جوشکاری آن متریال با روش GTAW یا GMAW به گاز محافظ پشت بند نیاز دارد. از این دسته متریالها می توان متریالهای P-No.5A/5B/5C, P-No.6, P-No.-7, P-No.-8, P-No.-9A/B, ... را نام برد.

7 Shielding and Purging Gases

7.3 Back purging is required for the GTAW and GMAW processes for welding materials having a nominal chromium content greater than 2-¼ %, unless the joint is ground or back gouged to sound metal. For GMAW-S variations, see 5.2.3 e).

شکل-۳۰۲ : معرفی درصد کروم در متریالی که به گاز محافظ پشتی نیاز دارد مطابق استاندارد API-RP-582-2016

پ)- متریالهای نیکلی و آلیاژهای کبالت

Ninth Edition Volume 5-MATERIALS AND APPLICATIONS, PART 2 — AWS WELDING HANDBOOK CHAPTER 4

NICKEL AND COBALT ALLOYS

GAS TUNGSTEN ARC WELDING

Gas tungsten arc welding (GTAW) is widely used in the welding of nickel and cobalt alloys, especially for the following applications or conditions:

2. Depositing root passes when the joint will not be back-welded,

Welding Technique and Procedure

Shielding of the weld root surface (back side of the joint) is usually required. If a complete-joint-penetration weld is made with the root surface exposed to air, the weld metal on the root reinforcement side will be oxidized and porous. Shielding of the weld root can be provided with inert gas dams (in pipe), grooved backing bars, or a backing flux (in plate). If flux is used, it should be of a thick consistency, applied in a heavy layer, and allowed to dry thoroughly prior to welding.

شکل-۳۰۳ : نیاز پاس ریشه جوش متریالهای نیکلی و آلیاژهای کبالت به گاز محافظ پشتی

ت)- متریالهای تیتانیوم

Ninth Edition Volume 5-MATERIALS AND APPLICATIONS, PART 2 AWS WELDING HANDBOOK CHAPTER 6

TITANIUM AND TITANIUM ALLOYS

GAS-SHIELDED ARC WELDING PROCESSES

Backing Gas Shielding. Inert gas shielding is required to protect the weld root and adjacent base metal from atmospheric contamination during welding. This is accomplished using shielding gas passage through a temporary backing bar or ring, as shown in Figure 6.30. The backing is incorporated into the fixturing (refer to Figure 6.29), and contains a clearance groove under the joint that is filled with inert gas prior to welding.

شکل-۳۰۴ : نیاز پاس ریشه متریالهای تیتانیوم به گاز محافظ پشتی

شکل-۳۰۵ : نمایی از پاس ریشه جوش که بوسیله‌ی گاز محافظ پشتی (Back Gas) محافظت نشده است.

در متریال استنلس استیل پاس ریشه جوش باید با گاز پشت بند (Backing gas) محافظت شود در غیر این صورت سطح داخلی پاس ریشه اکسید می شود. در شکل فوق اکسید شدن پاس ریشه بدلیل عدم محافظت با گاز محافظ دیده می شود. بنابراین برای محافظت از پاس ریشه جوش در متریالهای استنلس استیل (فولادهای زنگ نزن) و متریالهای نیکلی و آلیاژهای کبالت و همچنین متریالهای تیتانیوم، زیرکونیوم، هافنیوم، تانتالیوم و کولومبیوم بایستی از گاز محافظ پشتی استفاده شود.

طرح یک سؤال کلیدی:

چرا در متریالهای استنلس استیل حذف گاز پشتی (Back Gas) جزء متغیرات غیر اساسی است اما در متریالهای تیتانیوم و زیرکونیوم جزء متغیرات اساسی است در حالی که عدم وجود گاز پشتی (Back Gas) در هر دو متریال باعث اکسیداسیون پاس ریشه می شود؟

جواب: دلیل اینکه گاز پشتی (Back Gas) برای متریالهای تیتانیوم و زیرکونیوم و P-No.10I, J & K و جوشهای شیاری در متریالهای P-No.4X جزء متغیرات اساسی می باشد این است که وقتی این متریالها در معرض اتمسفر قرار می گیرند عناصر اکسیژن و نیتروژن موجود در اتمسفر در آنها نفوذ کرده و باعث اکسید شدن آنها می شوند و این عامل متریالهای مذکور را به شدت تُرد می کند و حتی اگر ریشه‌ی جوش اکسید شده‌ی این متریالها سنگ زنی شوند هنوز فلز جوش و فلز مبنا متریالهای مذکور تُرد و بلا مصرف خواهند بود.

اما در متریالهای استنلس استیل (P-No.8) این چنین نیست و می توان ریشه‌ی جوش اکسید شده را با سنگ زنی برطرف کرده و مجدداً جوشکاری نمود و در این زمینه اگر سطح ریشه‌ی جوش نیز به شدت اکسید شده باشد فولاد هنوز خاصیت داکتیل (انعطاف پذیر) بودن خود را خواهد داشت.

نتیجه : مطابق پاراگراف QW-408.9 برای جوشهای شیاری که دارای P-No. 41 تا P-No. 49 (منظور در متریالهای نیکلی و آلیاژهای نیکلی است) و همه‌ی جوشهای متریالهای P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 10I و متریالهای دارای P-No. 51 تا P-No. 53 و P-No. 61 تا P-No. 62 حذف گاز پشت بند (Backing) یا تغییر در ترکیب اسمی گاز پشت بند (Backing) از گاز خنثی (مثل گاز آرگون یا گاز هلیوم) به مخلوطی که حاوی گازهای غیر خنثی (مثل گاز اکسیژن، نیتروژن یا دی اکسید کربن) باشد نیاز به تهیه PQR جدید دارند.

در اینجا لیست متریالهایی که در این پاراگراف مشخص شده اند را بررسی می کنیم:

* - منظور از متریالهای دارای P-No. 41 تا P-No. 49 متریالهای نیکلی و آلیاژهای نیکلی است.
* - منظور از متریالهای دارای P-No. 51 تا P-No. 53 متریالهای تیتانیوم است.
* - منظور از متریالهای دارای P-No. 61 تا P-No. 62 متریالهای زیرکونیم است.
* - فولادهای آلیاژی دارای P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 10I .

در اینجا فولادهای آلیاژی دارای P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 10I را بررسی می کنیم:

همه‌ی این متریالها دارای درصد کروم بالایی هستند. به جدول زیر دقت شود.

(برگرفته از جدول QW-422 از Sec IX)

جدول-۱۱۰ : درصد کروم در متریالهای P-No. 10I, P-No. 10K مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition
			Ferrous					
A/SA-182	FXM-27Cb	S44627	60 (415)	10I	1	102	7.1	27Cr-1Mo
A/SA-240	Type XM-33	S44626	68 (470)	10I	1	102	7.1	27Cr-1Mo-Ti
A/SA-240	Type XM-27	S44627	65 (450)	10I	1	102	7.1	27Cr-1Mo
A/SA-240	S44635	S44635	90 (620)	10I	1	102	7.1	25Cr-4Ni-4Mo-Ti
A/SA-268	TP446-1	S44600	70 (485)	10I	1	102	7.1	27Cr
A/SA-268	TP446-2	S44600	65 (450)	10I	1	102	7.1	27Cr
A/SA-268	TPXM-33	S44626	68 (470)	10I	1	102	7.1	27Cr-1Mo-Ti
A/SA-268	TPXM-27	S44627	65 (450)	10I	1	102	7.1	27Cr-1Mo
A/SA-268	25-4-4	S44635	90 (620)	10I	1	102	7.1	25Cr-4Ni-4Mo-Ti
A/SA-240	S44660	S44660	85 (585)	10K	1	102	7.1	26Cr-3Ni-3Mo
A/SA-240	S44800	S44800	80 (550)	10K	1	102	7.1	29Cr-4Mo-2Ni
A/SA-268	26-3-3	S44660	85 (585)	10K	1	102	7.1	26Cr-3Ni-3Mo
A/SA-268	29-4-2	S44800	80 (550)	10K	1	102	7.1	29Cr-4Mo-2Ni
A/SA-479	S44800	S44800	70 (485)	10K	1	102	7.1	29Cr-4Mo-2Ni

جدول-۱۱۱ : درصد کروم در متریالهای P-No. 10J مطابق ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition
			Ferrous					
A/SA-240	S44700	S44700	80 (550)	10J	1	102	7.1	29Cr-4Mo
A/SA-268	29-4	S44700	80 (550)	10J	1	102	7.1	29Cr-4Mo
A/SA-268	S44735	S44735	75 (515)	10J	1	102	7.1	29Cr-4Mo-Ti
A/SA-479	S44700	S44700	70 (485)	10J	1	102	7.1	29Cr-4Mo
A/SA-731	S44700	S44700	80 (550)	10J	1	102	7.1	29Cr-4Mo

قبلاً در استاندارد API-RP-582 Para. 7.3 مشاهده نمودیم، متریالهایی که درصد کروم آنها از % $2\ ^{1}/_{4}$ بیشتر باشد محافظت از پاس ریشه‌ی آنها بوسیله‌ی گاز محافظ ضروری می باشد.

*- QW-408.10 ø Shielding or trailing

(جزء متغیرات اساسی است)

QW-408 GAS

QW-408.10 For P-No. 10I, P-No. 10J, P-No. 10K, P-No. 51 through P-No. 53, and P-No. 61 through P-No. 62 metals, the deletion of trailing gas, or a change in the nominal composition of the trailing gas from an inert gas to a mixture including non-inert gas(es), or a decrease of 10% or more in the trailing gas flow rate.

شکل-۳۰۶ : پاراگراف QW-408 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : برای فلزات P-No. 10I, P-No. 10K, P-No. 10J و P-No. 51 تا P-No. 53 و P-No. 61 تا P-No. 62 حذف گاز محافظ پشتی (Trailing) یا تغییر در ترکیب اسمی آن از یک گاز خنثی به مخلوطی که حاوی گازهای غیر خنثی باشد یا کاهش 10% یا بیشتر در سرعت جریان (Flow rate) گاز پشتی (Trailing)

توضیح : ابتدا باید مشخص شود P-No. های قید شده در پاراگراف فوق مربوط به کدام متریالها می باشند.

- فولادهای آلیاژی Cr & Mo دارای P-No. 10I, P-No. 10K, P-No. 10J می باشند.
- متریالهای دارای P-No. 51 تا P-No. 53 متریالهای تیتانیومی می باشند.
- متریالهای دارای P-No. 61 تا P-No. 62 متریالهای زیرکونیومی می باشند.

پس متریالهای مورد نظر این پاراگراف فولادهای آلیاژی Cr & Mo ، متریالهای تیتانیوم و متریالهای زیرکونیم می باشد. مطابق این پاراگراف برای جوشکاری این متریالها در فرآیند GTAW بایستی از گاز محافظ پشتی (Trailing) استفاده شود.

این پاراگراف جزء متغیرات اساسی است. بنابراین در این متریالها برای تغییرات زیر می بایست یک PQR جدید تهیه شود:

۱- گاز محافظ Trailing بعد از تهیه و تأیید PQR حذف شود.

۲- تغییر در ترکیب اسمی آن از یک گاز خنثی (مثل گاز آرگون یا گاز هلیوم) به مخلوطی که حاوی گازهای غیر خنثی (مانند گاز اکسیژن، نیتروژن یا دی اکسید کربن) باشد.

۳- کاهش 10% یا بیشتر در سرعت جریان (Flow rate) گاز محافظ پشتی (Trailing) (مانند اگر سرعت جریان گاز محافظ پشتی ۸ لیتر در دقیقه باشد و چنانچه این رقم به ۷ لیتر در دقیقه برسد یک PQR جدید می بایست تهیه شود).

در WPS باید برای این متریالها نوع گازمحافظ (Shilding gas)، نوع گاز پشت بند (Backing gas) و نیز گاز محافظ دنباله (Trailing) قید شود. همچنین برای هر سه گاز مذکور باید سرعت جریان گاز محافظ بصورت یک محدوده نوشته شود مانند (L/min- ۹- ۶).

جدول-۱۱۲ : طریقه‌ی نوشتن گازهای محافظ در WPS

QW-408 GAS			
PERCENT COMPOSITION			
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate (L/min)
SHILDING :	Argon	99.99%	8 ~ 12
TRAILING :	Argon	99.99%	8 ~ 9
BACKING :	Argon	99.99%	6 ~ 9 -Note (1)
Note (1): Purge gas is to be maintained at least for two layers of weld.			

۲-۱۷- QW-409- Electrical Characteristics

جدول-۱۱۳ : پاراگراف QW-409 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.3	± Pulsing I			X
	.4	ø Current or polarity		X	X
	.8	ø I & E range			X
	.12	ø Tungsten electrode			X

Legend:
+ Addition > Increase/greater than ↑ Uphill ← Forehand ø Change
- Deletion < Decrease/less than ↓ Downhill → Backhand

پاراگرافهای QW-409.1, .4, .8 قبلاً در فرآیند SMAW توضیح داده شده است بنابراین برای اطلاع بیشتر به قسمت QW-409 Electrical Characteristics در فرآیند SMAW مراجعه شود.

❋- QW-409.3 ± Pulsing I

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS
QW-409.3 The addition or deletion of pulsing current to dc power source.

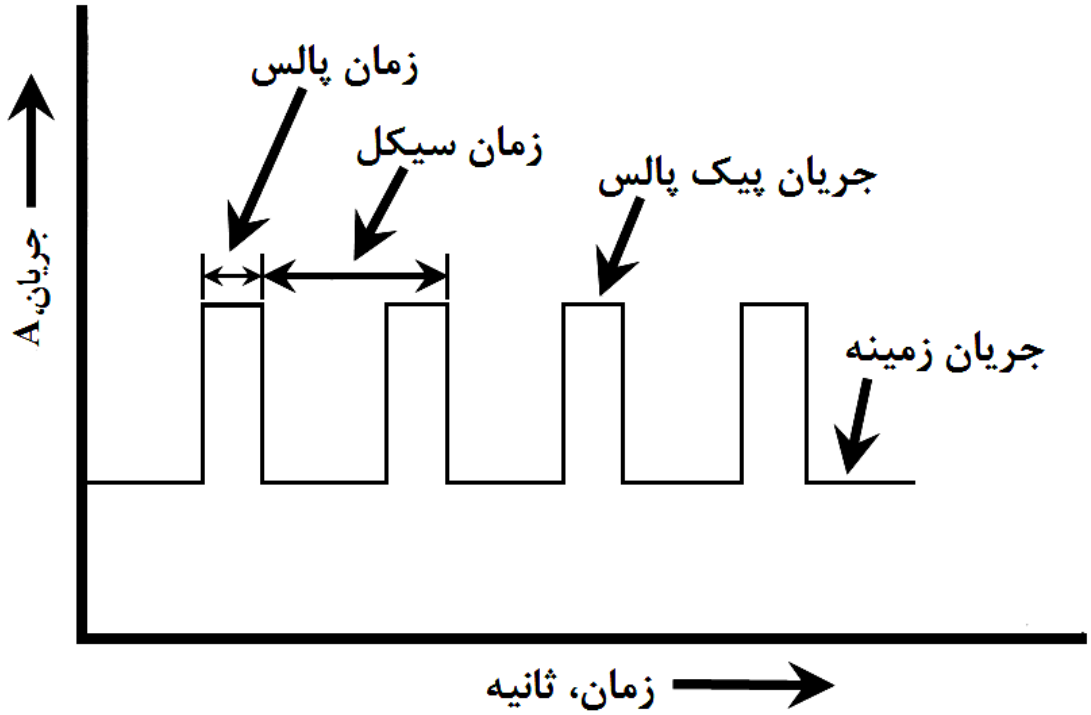
شکل-۳۰۷ : پاراگراف QW-409.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : اضافه کردن یا حذف جریان Pulsing دستگاه جوشکاری با جریان DC

توضیح : برای درک بهتر این پاراگراف، ابتدا لازم است مشخص شود جریان Pulsing چیست و در فرآیند GTAW چه تاثیری دارد؟

(*)- جوشکاری با جریان DC پالسی

در جریان DC پالسی، جریان جوشکاری مرتباً از یک مقدار زمینه (پایین) به یک مقدار پیک (بالا) تغییر می کند. در منابع تغذیه DC پالسی، امکان تنظیم زمان جریان پالسی، زمان جریان زمینه، مقدار جریان پیک و مقدار جریان زمینه، برای ایجاد شکل موج در جریان خروجی در کاربردهای خاص وجود دارد. عموماً از آنجا که زمان مدت پالس وزمینه قابل



شکل-۳۰۸ : یک نمونه از شکل موج جریان پالسی

تنظیم هستند، سطح جریان می تواند از هر دو ثانیه یکبار تا ۲۰ بار در هر ثانیه تغییر کند. جریان DC پالسی معمولاً با الکترود منفی DCEN به کار برده می شود. در جوشکاری DC پالسی مقدار جریان پالس معمولاً بین ۲ تا ۱۰ برابر مقدار جریان زمینه قرار دارد. جریان پالسی، ترکیبی از خصوصیات مؤثر و محرک قوس در جریانهای بالا و حرارت ورودی کم در جریانهای پایین را فراهم می کند. این نوع جریان باعث ایجاد نفوذ و ذوب مناسب می شود. ضمن آنکه توسط جریان زمینه قوس پایدار می ماند و منطقه جوش سرد می شود. جریان پالسی مزایای زیادی دارد. در یک مقدار جریان متوسط ثابت، نفوذی که با جریان پالسی حاصل می شود عمیق تر از نفوذی است که با جریان یکنواخت (جریان غیر پالسی) ایجاد می شود و این خاصیت برای جوشکاری فلزاتی که نسبت به حرارت ورودی حساس هستند و همچنین برای کاهش اعوجاج در قطعه‌ی کار بسیار مفید می باشد. از آنجا که زمان کافی برای گسیل گرمای قابل توجه در طول مدت کوتاه یک پالس وجود ندارد فلزات با ضخامت های متفاوت معمولاً سرعت واکنش یکسانی دارند و نفوذ یکسانی نیز می تواند در آنها به دست آید. به همین دلیل فلزات بسیار نازک را نیز می توان با این فرآیند جوشکاری کرد. ضمن اینکه برای پل زدن روی شکاف ها در درز اتصالات باز نیز استفاده از جریان DC پالسی بسیار مفید است. بیشترین کاربرد این جریان در جوشکاری های دستی است و جوشکارهای بی تجربه می توانند با شمارش پالس ها (از ۰/۵ تا ۲ پالس در ثانیه) و استفاده

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

از آنها در زمان حرکت تورچ و سیم جوش سرد مهارت خود را بالا ببرند. همچنین جوشکارهای ماهر نیز می توانند مواد نازک، آلیاژهای غیر یکسان و ضخامت های مختلف را با مشکل کمتر جوشکاری کنند.

بطور کلی مزایای جوشکاری با جریان پالسی عبارتند از:

- انجام فرآیند با انرژی حرارتی کمتر

- نسبت بیشتر عمق به عرض جوش

- پایداری بیشتر قوس

- یکنواختی پاس ریشه

- مناسب تر بودن فرآیند جوشکاری در وضعیت های مناسب

- کاهش احتمال اعوجاج قطعه

- کنترل بهتر حوضچه‌ی جوش

و از معایب آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- قیمت بالای منبع جریان پالسی

- مشکل تنظیم پارامترهای جوشکاری در حالت بهینه

حال با مشخص شدن جریان پالسی، وضعیت این جریان را در تهیه PQR بررسی می کنیم:

مطابق پاراگراف QW-409.3 اضافه کردن یا حذف جریان Pulsing جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی اگر PQR با جریان پالسی انجام شده باشد ولی در WPS جوشکاری بدون جریان پالسی انجام شود این حذف جریان پالسی نیاز به تهیه PQR جدید ندارد و بر عکس آن اگر PQR بدون جریان پالسی انجام شده باشد ولی در WPS جوشکاری با جریان پالسی انجام شود اضافه کردن جریان پالسی نیز به تهیه PQR جدید نیاز ندارد.

در اینجا این سؤال مطرح می شود که آیا همه‌ی دستگاههای موجود امکان جوشکاری GTAW با جریان پالسی را دارند؟ جواب سؤال منفی است زیرا همه‌ی دستگاههای موجود این توانایی را ندارند.

دستگاه جوشکاری TIG DC اینورتر دیجیتال

از ویژگیهای برجسته‌ی این دستگاه می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- کنترل دیجیتال تمام پارامترهای جوشکاری
- کنترل جوشکاری بصورت استاندارد و پالسی با قابلیت تنظیم آسان پارامترهای پالس در مد EASY PULSE
- جوشکاری TIG بسیار عالی
- استفاده آسان
- مصرف انرژی پایین
- توانایی ذخیره سازی و بازیابی برنامه های شخصی جوشکار
- قابلیت کنترل از راه دور جریان در جوشکاری TIG، مستقیماً با استفاده از تورچهای مخصوص
- محافظ حرارتی ترموستاتی
- سیستم شروع جرقه زنی فرکانس بالا با کارایی و دقت بالا حتی از فواصل زیاد
- از بین بردن اثر تغییرات ولتاژ برق ورودی دستگاه با استفاده از مدارهای جبران کننده در محدوده 20% - 15%+

شکل-۳۰۹ : یک نمونه از دستگاه پالسی برای فرآیند GTAW

شکل-۳۱۰ : یک نمونه از دستگاه چند کاره غیر پالسی برای فرآیند GTAW

* - QW-409.12 ø Tungsten electrode

(جزء متغیرات غیر اساسی است)

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

QW-409.12 A change in type or size of tungsten electrode.

شکل-۳۱۱ : پاراگراف QW-409.12 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در نوع یا اندازه‌ی قطر الکترود تنگستن.

توضیح : در جوشکاری فرآیند GTAW الکترود تنگستن نقش بسیار مهمی دارد زیرا قوس را ایجاد می کند و باعث ذوب فیلر متال و انجام جوشکاری می شود. مشخصات فنی مربوط به الکترودهای تنگستن را می توان در استاندارد ASME Section II-C / SFA-No.-5.12 بررسی نمود.

الکترودهای تنگستن را می توان بر اساس ترکیبهای شیمیایی دسته بندی کرد. سیستم شناسایی کُدهای رنگی برای انواع الکترودهای تنگستن عبارتند از: رنگ سبز EWP، نارنجی EWCe-2، مشکی EWLa-1، زرد EWTh-1، قرمز EWTh-2، قهوه ای EWZr-1، خاکستری EWG

جدول-۱۱۴ : جدول دسته بندی الکترودهای تنگستن بر اساس رنگ آنها

جدول ۳: کدهای آلیاژی انواع الکترود تنگستن				
طبقه بندی AWS	رنگ[a]	اجزای آلیاژی	اکسید آلیاژی	وزن اسمی اکسید آلیاژی (٪)
EWP	سبز	-	-	-
EWCe-۲	نارنجی	سریم	CeO_2	۲
EWLa-۱	مشکی	لانتانیم	La_2O_3	۱
EWTh-۱	زرد	توریم	ThO_2	۱
EWTh-۲	قرمز	توریم	ThO_2	۲
EWZr-۱	قهوه ای	زیرکنیم	ZrO_2	۰/۲۵
EWG	خاکستری	نامشخص[b]	-	-

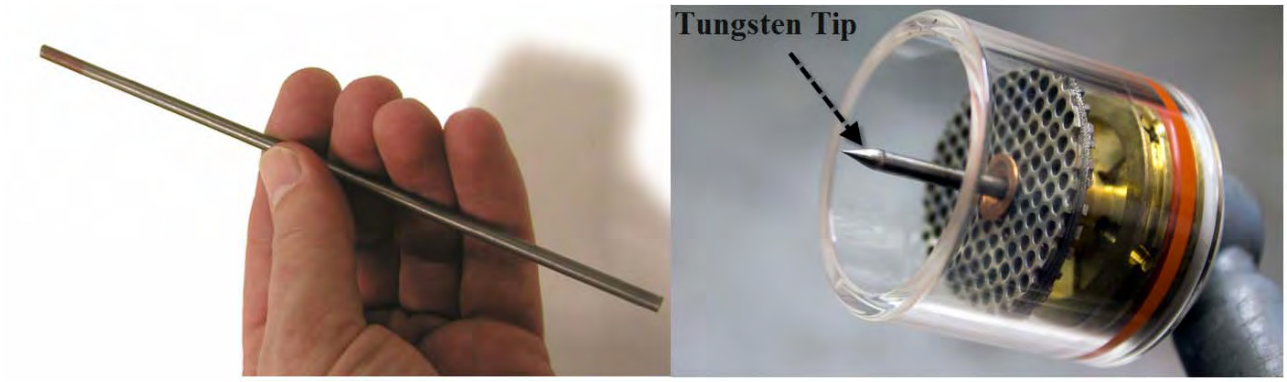
a- رنگها به شیوه‌های مختلف مثل نوار، نقطه و... روی الکترود مشخص می‌شوند.

b- سازنده باید نوع و مقدار عناصر افزوده را مشخص کند.

جدول-۱۱۵ : چند نوع از الکترودهای تنگستن با درصد آلیاژ آنها و رنگ مشخصه‌ی آنها

COLOR CODE FOR TUNGSTEN ELECTRODES

Designation		Chemical Composition Impurities ≤0.1%			
ISO 6848	AWS A5.12	OXIDE ADDITIVE	TUNGSTEN	TIP COLOR	
WT20	EWTh-2	ThO_2: 1.70–2.20%	2% THORIATED	Red	
WP	EWP	~~~~~~	PURE	Green	
WL15	EWLa-1.5	LaO_2: 1.30–1.70%	1.5% LANTHANATED	Gold	
WC20	EWCe-2	CeO_2: 1.80–2.20%	2% CERIATED	Gray	
WL20	EWLa-2	La_2O_3: 1.80–2.20%	2% LANTHANATED	Blue	
WZ8	EWZr-8	ZrO_2: 0.70–0.90%	0.8% ZIRCONIATED	White	
LaYZr™	EWG	La_2O_3: 1.3–1.7%; Y_2O_3: 0.06–0.10%; ZrO_2: 0.6–1.0%	1.5% LANTHANATED 0.8% YTTRIATED 0.8% ZIRCONIATED	Chartreuse	



شکل-۳۱۲ : ابعاد یک نمونه از الکترود تنگستن

شکل-۳۱۳ : یک نمونه از تورچ GTAW

(*)- الکترودها

الکترودهای غیر مصرفی که در فرآیند GTAW استفاده می شوند باید دارای مشخصات زیر باشند:

- **نقطه ذوب بالا**
- **هدایت حرارتی مناسب**
- **مقاومت الکتریکی کم**
- **باقی ماندن خوب شکل نوک الکترود**
- **تابع کاری کم (تابع کاری عبارت است از انرژی مورد نیاز برای آزاد سازی یک الکترون از اتمهای الکترود تنگستن).**

هر چه این ضریب پایین تر باشد شروع مجدد یا اولیه‌ی قوس الکتریکی آسان تر انجام شده و قوس پایدار تر خواهد بود.

تعداد کمی از عناصر نظیر کربن، تنگستن، تانتالیم دارای خصوصیات فوق می باشند. کربن در مدت زمان کوتاهی تخریب می شود. تانتالیم نسبتاً گران است و معمولاً به عنوان فلز مورد استفاده در نوک یک الکترود کاربرد دارد. در حالی که تنگستن به عنوان عنصری شناخته می شود که هم از نظر کارکرد و هم از نظر قیمت مقرون به صرفه می باشد.

در فرآیند GTAW، واژه‌ی تنگستن دلالت بر عنصر خالص تنگستن و انواع آلیاژهای آن دارد که به عنوان الکترود مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع الکترودها در روند کار ذوب نمی شوند یا به صورت مذاب انتقال پیدا نمی کنند و چنانچه

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

فرآیند به خوبی انجام شود الکترود در طول کار خراب نخواهد شد.

وظیفه‌ی الکترود تنگستن، تامین گرمای مورد نیاز جوشکاری به عنوان یکی از ترمینالهای الکتریکی قوس است.

نقطه ذوب الکترود تنگستن ۶۱۷۰ درجه فارنهایت (۳۴۱۰ درجه سانتیگراد) می باشد. با رسیدن به درجه حرارت بالا، تنگستن حالت ترمودینامیک پیدا کرده و تبدیل به منبع غنی الکترون می شود. مقاومت حرارتی عامل بالا رفتن دما تا این حد است. نوک الکترود به علت فعل و انفعالات الکترونی خنک می شود. اگر اثر خنک کنندگی الکترون ها نباشد نوک الکترود سریعاً ذوب می شود. آلیاژ کردن تنگستن با عناصری چون توریم، سریم یا زیرکونیوم موجب کاهش تابع کاری الکترود و افزایش عمر شکل نوک الکترود خواهد شد.

انواع الکترودهای مورد استفاده در GTAW

۱- الکترودهای گروه EWP

الکترود خالص تنگستن **(EWP)**، شامل حداقل ۹۹/۵ ٪ تنگستن و بدون هر گونه آلیاژ افزودنی می باشد. ظرفیت انتقال جریان الکترود تنگستن کمتر از الکترودهای آلیاژدار است. از الکترودهای تنگستن خالص بیشتر برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیم با جریان متناوب **(AC)** استفاده می شود.

نوک الکترودهای **EWP**، صاف، تمیز و گرد هستند و موجب ایجاد قوسی پایدار می گردند و از آنها می توان با جریان **DC** نیز استفاده کرد. اما خصوصیات استارت و پایداری قوس در الکترود تنگستن خالص به خوبی الکترودهای توریم دار، سریم دار (عنصر شیمیایی فلزی نادر) و لانتال دار (عنصری فلزی نقره فام و کمیاب) نمی باشد. این الکترودها از مقاومت بالایی در برابر اختلاط با فلز جوش برخوردارند و قیمت آنها از انواع الکترودهای دیگر به مراتب کمتر است.

۲- الکترودهای گروه EWTh

گسیل یون حرارتی (ترمویونیک) در تنگستن پس از آلیاژ شدن با برخی از اکسیدهای فلزی که تابع کاری کمی دارند بهبود می یابد. بنابراین، بدون بروز هر گونه نقصی در الکترود می توان از آنها در سطوح جریان بالاتری استفاده کرد. به منظور شناسایی این الکترودها از سایر الکترودهای تنگستنی می توان از کُد رنگ بندی که در جدول ۳ آمده است، استفاده کرد.

دو نوع الکترود تنگستن توریم دار (الکترودهای **EWTh-1** و **EWTh-2**) در بازار وجود دارد. این الکترودها به ترتیب شامل ۱و ۲ درصد اکسید توریم (توریا – ThO_2) می باشند که به صورت یکسان در تمام طول الکترود توزیع شده اند. الکترودهای توریم دار تنگستن نسبت به الکترودهای تنگستن از مزایای بسیاری برخوردار هستند. وجود توریا ظرفیت انتقال جریان بالاتر (۲۰٪)، طول عمر بیشتر و مقاومت بیشتر در برابر آلودگی جوش را فراهم می سازد. در این نوع الکترودها استارت قوس آسانتر و قوس حاصله از قوس الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکونیوم دار، پایدارتر می باشد. الکترودهای **EWTh-1** و **EWTh-2** برای کاربردهای **DCEN** طراحی شده اند و برای جوشکاری فولادهای آلیاژی و غیرآلیاژی، آلیاژهای نیکل و آلیاژهای مس مناسب می باشند.

توریم یک ماده‌ی رادیواکتیو بسیار ضعیف است. رادیواکتیویته‌ی این عنصر خطری برای سلامتی انسان ندارد. اما چنانچه جوشکاری در محیطی بسته و برای مدت زمانی طولانی انجام شود، اقدامات پیشگیرانه و تهویه‌ی هوا باید در نظر گرفته شود. نوع **EWTh-3** گروه منسوخ شده‌ی الکترودهای تنگستن می باشد. این الکترودها دارای قطعات طولی یا محوری شامل ۱ تا ۲ درصد اکسید توریم می باشند. مقدار متوسط اکسید توریم موجود در این الکترودها ۰/۳۵ تا ۰/۵۵

درصد است. با پیشرفت هایی که در زمینه متالورژی پودر و سایر فرآیندها صورت گرفت این نسل از الکترود، منسوخ شده و دیگر کاربرد خاصی در صنعت ندارد.

۳- الکترودهای گروه EWCe

الکترودهای سریم دار اولین بار در اوایل دهه ۱۹۸۰ به بازار امریکا معرفی و به عنوان جایگزینی مناسب برای الکترودهای توریم دار مطرح شدند زیرا سریم بر خلاف توریم، عنصر رادیواکتیوی نمی باشد. الکترودهای تنگستنی گروه EWCe-2 شامل ۲ درصد اکسید سریم (سریا CeO_2)می باشند و در مقایسه با الکترودهای تنگستنی خالص سرعت انتشار الکترونی این نوع الکترودها کمتر می باشد. همچنین نسبت به الکترودهای تنگستنی دیگر از تابع کاری کمتری برخوردارند.

این مزایا با افزایش مقدار سریا بهبود می یابد. الکترودهای گروه EWCe-2 با هر دو جریان AC و DC عملکرد خوبی دارند و برای جوشکاری انواع فولادهای آلیاژی و غیر آلیاژی، آلیاژهای فلزات غیر آهنی مانند آلومینیوم، منیزیم، تیتانیم، نیکل، مس و غیره کاربرد دارند.

۴- الکترودهای گروه EWLa

الکترودهای EWLa-1 تقریباً همزمان با الکترودهای سریم دار و با دلیلی مشابه یعنی رادیواکتیو نبودن عنصر لانتان (La) وارد بازار شدند. این الکترودها شامل یک درصد اکسید لانتان (لانتانا – La_2O_3) می باشند. مزایا و خصوصیات اجرایی این الکترودها بسیار شبیه به الکترودهای تنگستنی سریم دار (گروه EWCe) می باشد.

۵- الکترودهای گروه EWZr

الکترودهای زیرکونیم دار تنگستنی شامل مقدار کمی اکسید زیرکونیم (ZrO_2) می باشند و دارای خصوصیات اجرایی بین خصوصیات الکترودهای تنگستنی خالص و توریم دار هستند. الکترودهای EWZr، برای استفاده در جوشکاری با جریان DC بسیار مناسب می باشند. این نوع الکترودها خصوصیت مطلوب پایداری قوس و انتهای گرد الکترودهای تنگستنی خالص و ظرفیت جریان و استارت قوس مناسب الکترودهای تنگستنی توریم دار را یک جا دارند. این الکترودها نسبت به الکترودهای تنگستن خالص در مقابل آلودگی و جذب ناخالصی ها مقاوم تر هستند و در جوشکاری با کیفیت رادیوگرافیکی که آلودگی های تنگستن جوش باید به حداقل میزان ممکن رسانده شود، بسیار مناسب می باشند.

۵- الکترودهای گروه EWG

الکترودهای گروه EWG، شامل الکترودهای آلیاژداری است که در زمره گروه های قبلی قرار نمی گیرند. این الکترودها شامل مقادیر نامشخصی از اکسیدها یا ترکیبات اکسیدی نامعین می باشند. هدف از افزودن این اکسیدها، تاثیر گذاری روی طبیعت یا خصوصیات قوس می باشد. سازنده‌ی الکترود باید ماده یا مواد افزوده و کمیت های اسمی اضافه شده را مشخص کند. اکنون انواع زیادی از این نوع الکترودها به صورت تجاری در بازار موجود یا در حال پیشرفت و بهبود کیفیت می باشند. این الکترودها شامل مقادیر اکسید ایتریم (Yttrium) یا اکسید منیزیم می باشند. این گروه همچنین شامل الکترودهای سریم دار یا لانتال دار که دارای این اکسیدها (با مقادیر متفاوت از آنچه ذکر شد) و یا بصورت ترکیب با اکسیدهای دیگر می باشند.

شکل نوک الکترود

یکی از متغییرهای مهم فرآیند GTAW، شکل نوک الکترود تنگستن می باشد. در شکل زیر، شکلهای نوک الکترود و اثر میزان جریان با توجه به قطر الکترود، بر شکل نوک الکترود نشان داده شده است.

نوک این الکترودها با زوایای مختلف سنگ زده می شوند. در بیشتر مواقع از الکترودهای سر تخت استفاده می شود.

جدول-۱۱۶ : شکل های نوک الکترود و اثر میزان جریان (= مستقیم و متناوب) بر آن

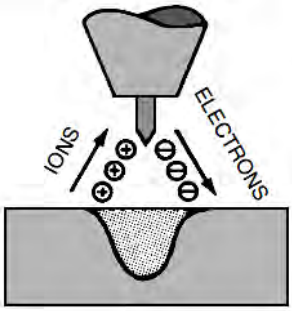
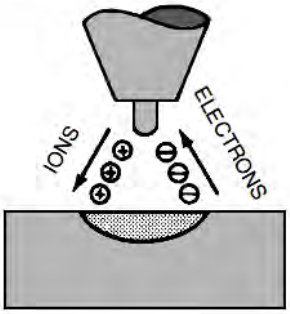
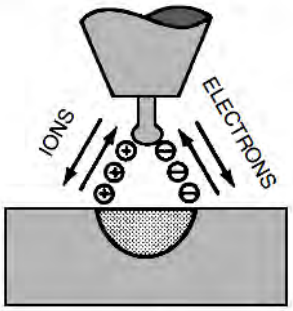
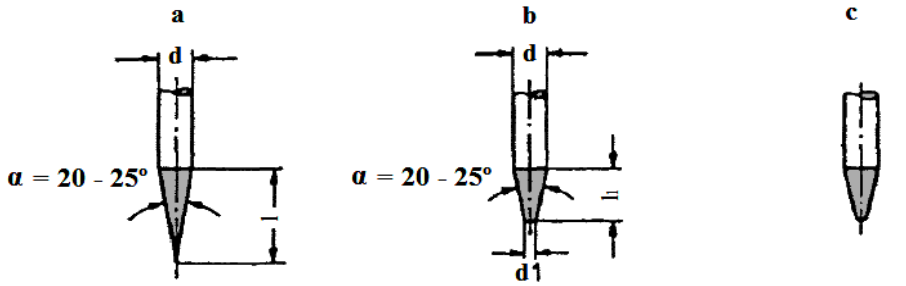
AWS-Welding Handbook Ninth Edition Volume 2 WELDING PROCESSES, PART 1- CHAPTER 3			GAS TUNGSTEN ARC WELDING
CURRENT TYPE	DCEN	DCEP	AC (BALANCED)
ELECTRODE POLARITY	NEGATIVE	POSITIVE	50% Positive 50% Negative
ELECTRON AND ION FLOW			
PENETRATION CHARACTERISTICS			
OXIDE CLEANING ACTION	NO	YES	YES—ONCE EVERY HALF CYCLE
HEAT BALANCE IN THE ARC (APPROX.)	70% AT WORK END 30% AT ELECTRODE END	70% AT WORK END 30% AT ELECTRODE END	70% AT WORK END 30% AT ELECTRODE END
PENETRATION	DEEP; NARROW	SHALLOW; WIDE	MEDIUM
ELECTRODE CAPACITY	EXCELLENT e.g., 3.2 mm (1/8 in.) 400 A	POOR e.g., 6.4 mm (1/4 in.) 120 A	GOOD e.g., 3.2 mm (1/8 in.) 225 A

Figure 3.15—Characteristics of Current Types for Gas Tungsten Arc Welding

اشکال هندسی متفاوت نوک الکترود بر روی شکل و اندازه‌ی مهره‌ی جوش تاثیر می گذارند. به طور معمول هر چه زاویه‌ی آنها بزرگتر شود نفوذ افزایش و عرض درز جوش کاهش می یابد. اگر چه ممکن است الکترودهای نازک تر با نوک مربعی شکل در جوشکاری DCEN مورد مصرف قرار گیرند اما الکترودهایی که نوک مخروطی شکل دارند خصوصیات اجرایی بهتری از خود نشان می دهند.

صرفنظر از شکل نوک الکترود عامل مهم دیگر، شکل هندسی الکترود می باشد که باید با فرآیند مورد نظر سازگار باشد. تغییر در شکل هندسی الکترود می تواند اثرات مهمی روی شکل و اندازه‌ی درز جوش داشته باشد لذا طرح نوک الکترود یک متغییر مهم در جوشکاری است که باید در روند گسترش و پیشرفت فرآیندهای جوشکاری در نظر گرفته شود. در جدول-۱۱۶ نسبت بین پارامترهای هندسی الکترود تنگستنی به عنوان نمونه نشان داده شده است. نوک الکترود های تنگستنی اکثراً با گرد کردن، سنگ زنی یا واکنش های شیمیایی آماده می گردند.



d	l
1.0	2.5
1.6	4.0
2.4	6.0
3.2	8.0
4.0	10.0

d	d_1	l_1
1.0	0.5	1.2
1.6	0.8	2.0
2.4	1.2	3.0
3.2	1.6	4.0
4.0	2.0	5.0

شکل-۳۱۴ : نسبت بین پارامترهای الکترود تنگستنی

گرد نمودن نوک الکترود

در جوشکاری با جریان AC (معمولاً با الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکونیوم دار انجام می شود) استفاده از الکترودهایی با نوک گرد بسیار مناسب و متداول است. قبل از استفاده‌ی الکترود در جوشکاری می توان نوک آن را توسط ضربه زدن قوس روی یک بلوک مسی که با آب خنک می شود و یا سایر موادی که مناسب جوشکاری DCEP یا AC هستند، گرد کرد. در این روش جریان قوس به قدری افزایش می یابد که نوک الکترود از شدت حرارت سفید می شود. سپس تنگستن ذوب شده و قطرات کروی کوچکی روی نوک الکترود شکل می گیرند. بعد از آن جریان به تدریج کاهش یافته و قطع می گردد و قطرات کروی کوچکی روی انتهای الکترود تنگستن باقی می مانند. اندازه‌ی این قطرات نباید از ۱/۵ برابر قطر الکترود تجاوز کند در غیر این صورت هنگامی که ذوب شوند روی سطح کار سقوط می کنند.

سنگ زنی

به منظور ایجاد حالت پایداری قوس، سنگ زنی الکترود تنگستن باید در حالتی که محور الکترود بر محور چرخ سنگ زنی عمود است انجام شود. جهت خروج گرد و غباری که هنگام سنگ زنی الکترودهای تنگستن لانتال دار در فضای کار منتشر می شود لازم است که از یک هواکش در محل استفاده شود. الکترودهای تنگستنی لانتال دار، سریم دار و توریم دار به سهولت الکترودهای تنگستن خالص یا زیرکونیم دار، گرد نمی شوند و شکل خود را بهتر حفظ می کنند. اگر هنگام کار با این الکترودها از جریان AC استفاده شود اغلب ترک می خورند.

شکل-۳۱۵ : دستگاههای مختلف مکانیکی تیز کن تنگستن

واکنش های شیمیایی

تیز کردن نوک الکترود به طریقه‌ی شیمیایی بدین صورت است که قسمت انتهایی الکترود که از شدت حرارت سرخ شده است را در یک مخزن نیترات سدیم غوطه ور می کنند. فعل و انفعالات شیمیایی بین تنگستن داغ و نیترات سدیم سبب می شود که محیط و نوک الکترود به طور یکنواخت خورده شود. حرارت دادن و غوطه ور کردن مجدد تنگستن در نیترات سدیم سبب ایجاد نوکی تیز در الکترود خواهد شد.

*****- در این رابطه می توان از محصول شرکت فخراندیش آریا نام برد.**

طریقه استفاده پودر تیزکن تیزان:

ابتدا دنباله تورچ را مقداری بچرخانید تا الکترود تنگستن کمی آزاد شود سپس به مقدار ۳ تا ۴ سانتیمتر نوک الکترود را بیرون کشیده و در محل خود محکم نمائید سپس بر روی میزکار یک قوس کوتاه بوجود آورید تا ابتدای الکترود تنگستن به طول ۵ تا ۱۰ میلیمتر سرخ و گداخته شود سپس بلافاصله قسمت سرخ و برافروخته الکترود را در پودر تیزان فرو برده و به مدت چند ثانیه چرخ داده و بالا و پائین نمائید و از تماس دیگر قسمتهای تورچ با پودر جلوگیری نمائید، حال نوک الکترود شما به بهترین نحو و با دقیق ترین زاویه و فرم بطور کاملا حرفه ای و استاندارد تیز شده و آماده استفاده می باشد.

شکل-۳۱۶ : پودر تیز کن تیزان شرکت فخراندیش آریا

ویژگی ها:

- زمان خود را جهت تیز کردن الکترود تنگستن از دست ندهید
- قابل دسترس بودن در هر زمان و مکان در کنار تورچ جوشکاری
- افزایش مدت زمان کارکرد و طول عمر الکترود تنگستن تا ۴ برابر زمان معمول
- جوش های خود را بخاطر وجود آخال تنگستن در جوش انجام شده تعمیر نکنید
- کیفیت و دقت فوق العاده بالا و استثنائی در الکترودهای تیز شده با این محصول
- جلوگیری از شکسته شدن پیاپی الکترودها در حین باز و بسته کردن و تیز کردن
- بالا بردن عمر مفید قطعات مکانیکی تورچ بواسطه عدم نیاز به باز و بسته شدن مکرر
- بهینه شدن فرم ظاهری و نفوذ جوش بواسطه فرم دقیق و استاندارد نوک الکترود با این روش تیز کردن
- هزینه مالی بسیار ناچیز و اندک جهت هر بار تیز کردن الکترود (هر بسته جهت حداقل ۵۰۰ مرتبه تیز کردن)
- پائین آوردن مصرف الکترود تنگستن بواسطه جلوگیری از سنگزنی های مکرر جهت رسیدن به نوک استاندارد
- جلوگیری از انتشار غبارهای سرطان زای فلز تنگستن که از سنگزنی آن در محیط آزاد میگردد
- جلوگیری از حوادث فردی جبران ناپذیر که تکه های تیز تنگستن در هنگام سنگ زنی ایجاد می نمایند
- بدون بو ، بدون دود و فاقد هرگونه خطر برای پوست و یا شخص مصرف کننده
- روش مصرف فوق العاده سریع و آسان در مدت زمان بسیار اندک و در محل جوشکاری (حداکثر ۳۰ ثانیه)

بعد از بررسی الکترود تنگستن به پاراگراف QW-409.12 بر می گردیم:

تغییر در نوع یا اندازه‌ی قطر الکترود تنگستن جزء متغیرات غیر اساسی است. یعنی اگر در تهیه یک PQR از نوع **توریم دار EWTh-2%** استفاده شود ولی در WPS بجای این نوع الکترود از نوع سریم دار **EWCe-2** استفاده شود این تغییر

نوع تنگستن نیاز به PQR جدید ندارد. همچنین تغییر در سایز الکترود هم نیاز به PQR جدید ندارد. یعنی اگر در تهیه یک PQR از نوع توریم دار با سایز ۱/۲ میلیمتر استفاده شود ولی در WPS بجای این سایز الکترود از نوع سریم دار **EWCe-2** با سایز ۲/۴ میلیمتر استفاده شود این تغییر نوع و سایز تنگستن نیاز به PQR جدید ندارد.

نتیجه : با توجه به اینکه تغییر سایز و نوع الکترود تنگستن جزء متغیرات غیر اساسی است اما با توجه به ویژگی های مختلف انواع الکترودهای تنگستنی، باید در جوشکاری نوعی را انتخاب نماییم که مناسب متریال کار باشد.

در WPSوضعیت نوع و سایز الکترود تنگستن را به صورت زیر می توان نوشت:

جدول-۱۱۷ : طریقه‌ی نوشتن اندازه و نوع الکترود تنگستنی در مدرک WPS

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
PROCESSES	GTAW
CURRENT :	DC
POLARITY :	SP
AMPERE RANGE :	90 - 130
VOLT RANGE :	10 - 13
TUNGSTEN SIZE and TYPE:	2.4mm and EWTH-2%

۲-۱۸- QW-410 – Technique

جدول-۱۱۸ : پاراگراف QW-410 مطابق ASME Sec. IX-2019

QW-256 WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary	Nonessential
QW-410 Technique	.1	ø String/weave			X
	.3	ø Orifice, cup, or nozzle			X
	.5	ø Method cleaning			X
	.6	ø Method back gouge			X
	.7	ø Oscillation			X
	.9	ø Multiple to single pass/side		X	X
	.10	ø Single to multi electrodes		X	X
	.11	ø Closed to out chamber	X		
	.15	ø Electrode spacing			X
	.25	ø Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
	.64	Use of thermal processes	X		

Legend:

+ Addition	> Increase/greater than	↑ Uphill	← Forehand	ø Change
- Deletion	< Decrease/less than	↓ Downhill	→ Backhand	

پاراگرافهای .64 ,.26 ,.25 ,.9 ,.6 ,.5 ,QW-410.1 قبلاً در فرآیند SMAW توضیح داده شده است. بنابراین برای اطلاع بیشتر به قسمت QW-410 - Technique در فرآیند SMAW مراجعه شود.

*- QW-410.3- ø Orifice, Cup, or Nozzle

(جزء متغیرات غیر اساسی)

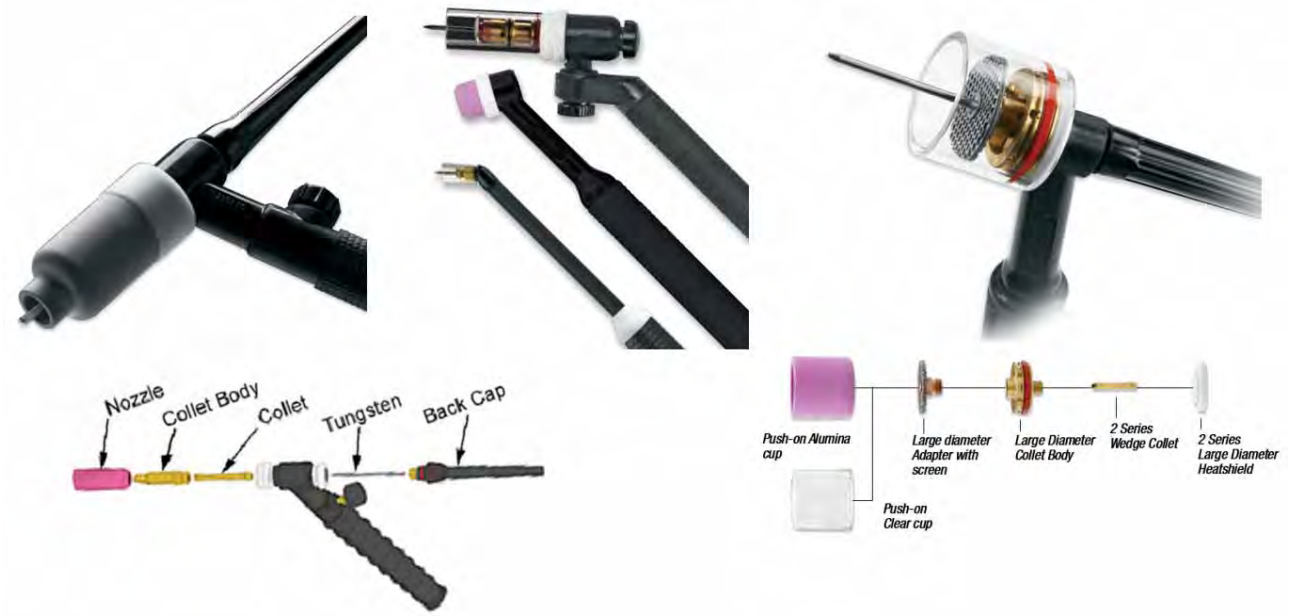
QW-410 TECHNIQUE

QW-410.3 A change in the orifice, cup, or nozzle size.

شکل-۳۱۷ : پاراگراف QW-410.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر در اندازه‌ی Orifice, Cup یا Nozzle نازل.

توضیح : تغییر در اندازه‌ی Orifice, Cup یا Nozzle جزء متغیرات غیر اساسی است و نیاز به تهیه PQR جدید ندارد.
برای درک بهتر این پاراگراف قطعات فوق را بررسی می کنیم.
هر تورچ جوشکاری در فرآیند GTAW از قطعات مختلفی تشکیل شده است مطابق شکل زیر:



شکل-۳۱۸ : نمونه هایی از تورچ جوشکاری در فرآیند GTAW

(*)- مشعل جوشکاری (تورچ)

کاربردهای اصلی مشعل جوشکاری در فرآیند GTAW عبارتند از:

۱) نگهداری الکترود تنگستن که جریان الکتریکی را به قوس می رساند.

۲) هدایت گاز محافظ به منطقه قوس

بیشتر تورچ ها به گونه ای طراحی شده اند که با انواع الکترودها و نازل ها در اندازه های مختلف مطابقت داشته باشند. اغلب تورچ هایی که در کاربردهای دستی مورد مصرف قرار می گیرند دارای زاویه سر (زاویه بین الکترود و دسته‌ی تورچ) ۱۲۰ درجه ای می باشند.

معمولاً روی دسته‌ی تورچ های GTAW دستی، سوئیچ ها و دریچه های اضافی قرار دارند که جریان الکتریکی و جریان گاز را کنترل می کنند.

(*) بر گرفته از مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران

شکل-۳۱۹ : نمونه ای از تورچ جوشکاری در فرآیند GTAW

اجزاء اصلی ساختمان یک مشعل (تورچ) عبارتند از:

۱- الکترودگیر

الکترودها در اندازه و قطر های مختلف در دستگیره یا نگهدارنده هایی با اندازه های مناسب محکم می شوند. معمولاً این نگهدارنده ها از جنس آلیاژ مس ساخته می شوند. برای انتقال مناسب جریان و خنک شدن الکترود، برقراری اتصال مناسب بین الکترود و دیواره درونی نگهدارنده ضروری است.

شکل-۳۲۰ : نمونه هایی از الکترودگیر یا Collet

۲- نازل

گاز محافظ توسط نازل یا سربوری گازی که روی نوک تورچ قرار می گیرد به منطقه‌ی جوشکاری هدایت می شود. دیفیوزرهایی که به دقت طراحی شده اند نیز در بدنه تورچ قرار گرفته اند که گاز محافظ را درون نازل تغذیه می کنند و هدف آنها کمک به تولید یک جریان آرام گاز محافظ خروجی می باشد. جنس نازل گازی از مواد مقاوم در برابر حرارت بوده و در شکل ها، قطرها و طول های متفاوتی ساخته می شوند. نازل ها از سرامیک، فلز، سرامیک با روکش فلزی، کوارتز مذاب یا سایر مواد ساخته می شوند. نازلهای سرامیکی ارزان قیمت ترین و متعارف ترین نوع نازل ها هستند اما بسیار شکننده می باشند و مرتباً باید آنها را تعویض نمود. نازل های کوارتزی بسیار شفاف هستند و می توان قوس و الکترود را توسط آنها بهتر مشاهده کرد. اما آلودگی هایی که از بخار فلز در طول جوشکاری به وجود می آیند، می تواند

باعث مات شدن و تیرگی این نوع نازل ها گردند. این نازل ها نیز ترد و شکننده می باشند. نازل های فلزی که با آب خنک می شوند طول عمر بیشتری دارند.

شکلهای مختلفی از قطعه Cup or Nozzle :

شکل-۳۲۱ : اشکال مختلف نازلهای تورچ جوشکاری در فرآیند GTAW

شکل-۳۲۲ : اشکال مختلف نازلهای تورچ جوشکاری در فرآیند GTAW

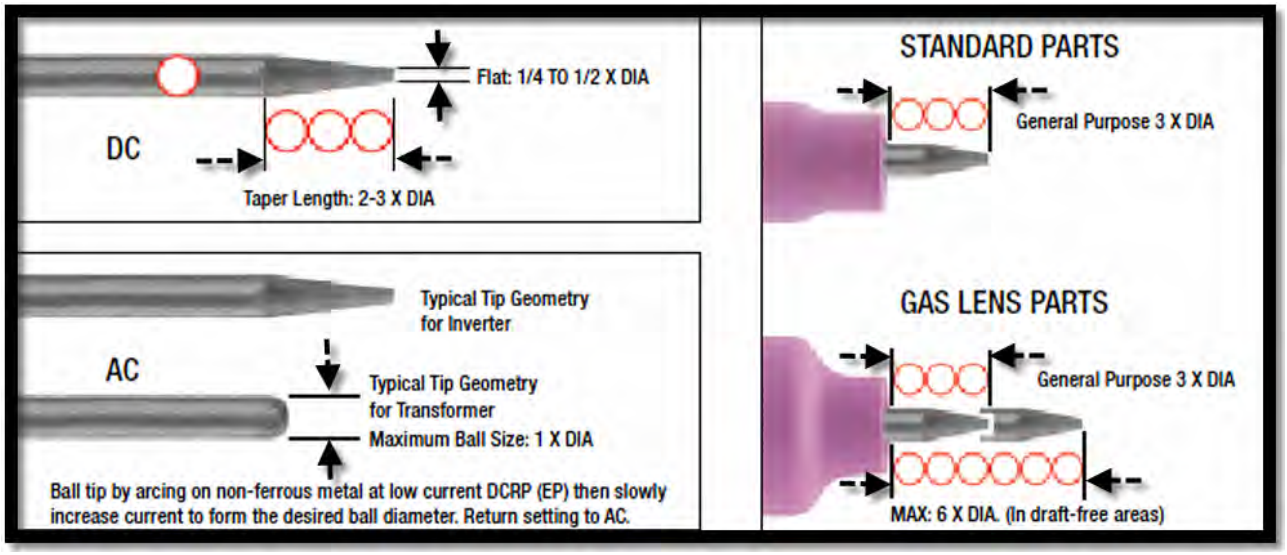
جدول-۱۱۹ : نازلها برای انواع الکترود در جوشکاری فرآیند GTAW

جدول ۲: انواع الکترود تنگستن [a] و نازل گازی GTAW						
			جریان مستقیم A		جریان متناوب A	
قطر الکترود		نازل گازی اینچ	قطبیت [b] مستقیم DCEN	قطبیت [b] معکوس DCEP	موج [C] نامتقارن	موج [C] تقارن
میلیمتر	اینچ					
۰/۲۵	۰/۰۱۰	$\frac{1}{4}$	حداکثر۱۵		حداکثر۱۵	حداکثر۱۵
۰/۵۰	۰/۰۲۰	$\frac{1}{4}$	۵-۲۰		۵-۱۵	۱۰-۲۰
۱/۰۰	۰/۰۴۰	$\frac{2}{8}$	۱۵-۸۰		۱۰-۶۰	۲۰-۳۰
۱/۶	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$	۷۰-۱۵۰	۱۰-۲۰	۵۰-۱۰۰	۳۰-۸۰
۲/۴	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{2}$	۱۵۰-۲۵۰	۱۵-۳۰	۱۰۰-۱۶۰	۶۰-۱۳۰
۳/۲	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	۲۵۰-۴۰۰	۲۵-۴۰	۱۵۰-۲۱۰	۱۰۰-۱۸۰
۴/۰	$\frac{5}{32}$	$\frac{1}{2}$	۴۰۰-۵۰۰	۴۰-۵۵	۲۰۰-۲۷۵	۱۶۰-۲۴۰
۴/۸	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{8}$	۵۰۰-۷۵۰	۵۵-۸۰	۲۵۰-۳۵۰	۱۹۰-۳۰۰
۶/۴	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	۷۵۰-۱۱۰۰	۸۰-۱۲۵	۳۲۵-۴۵۰	۳۵۲-۴۵۰

a- مقادیر جدول با توجه به استفاده از آرگون به عنوان گاز محافظ حاصل شده است.
b- از الکترودهای EWTh-۲ استفاده شود.
c- از الکترودهای EWP استفاده شود.

نازل گاز یا سربوری باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند پوشش مناسبی از گاز محافظ روی منطقه‌ی حوضچه‌ی مذاب ایجاد کرده و فلز پایه داغ را در بر گیرد. لازم است که بین قطر نازل و سرعت جریان گاز تعادل نسبی وجود داشته باشد. چنانچه سرعت جریان گاز در یک نازل با قطر مشخص، بیش از حد مجاز باشد به دلیل تلاطم ایجاد شده اثر محافظت، مطلوب نخواهد بود. بنابراین در صورت سرعت بالای جریان گاز از نازل های با قطر بیشتر باید استفاده کرد. انتخاب نسبت اندازه‌ی نازل به اندازه‌ی الکترود به نوع اتصال، محافظت مناسب از منطقه‌ی جوش و دسترسی به اتصال بستگی دارد. اندازه‌ی پیشنهادی نازل ها برای انواع الکترودها در جدول ۱۱۹ آمده است.

الکترودهای تنگستن و نازلهای گازی برای جریانهای مختلف



شکل-۳۲۳ : اندازه بیرون زدگی الکترود تنگستن از نازل سرامیکی جوشکاری فرآیند GTAW

۳- عدسی گازی

اگر طول مؤثر الکترود یعنی فاصله بین دهانه‌ی نازل و نوک الکترود زیاد باشد حفاظت توسط گاز محافظ به اندازه کافی مؤثر نخواهد بود. عدسی گازی که در داخل نازل قرار می گیرد تلاطم جریان گاز را کاهش داده و در نتیجه، جریان ملایمی از گاز و محافظت کافی توسط آن بدون مخلوط شدن هوا صورت خواهد گرفت. با استفاده از این وسیله، جوشکار می تواند نازل را تا فاصله‌ی ۱ اینچی (۲۵/۴ میلیمتر) یا بیشتر نسبت به قطعه‌ی کار نگه دارد و بدین ترتیب وسعت میدان دید او برای مشاهده جوش افزایش می یابد. ضمن اینکه دستیابی به محل هایی که دسترسی کمتری دارند مانند گوشه های درونی کار نیز آسان تر می شود.

انواع مختلف عدسی گازی

شکل-۳۲۴ : اشکال مختلف تورچ و عدسی گازی جوشکاری فرآیند GTAW

شکل-۳۲۵ : تورچ با عدسی گازی و بدون عدسی گازی در جوشکاری فرآیند GTAW

نتیجه : تغییر در اندازه‌ی Orifice, Cup یا Nozzle نیاز به تهیه PQR جدید ندارد. یعنی اگر در تهیه PQR از نازل یا Cup از جنس سرامیکی استفاده شده باشد ولی در WPS از نوع فلزی یا شیشه ای آن استفاده شود برای این تغییر به تهیه ی PQR جدید نیازی نمی باشد.

در WPSوضعیت نوع و سایز الکترود تنگستن را می توان به شرح زیر نوشت:

جدول-۱۲۰ : طریقه‌ی نوشتن اندازه و نوع الکترود تنگستنی در مدرک WPS

QW-410 TECHNIQUE	
STRING or WEAVE BEAD :	STRING & WEAVING
ORIFICE or GAS CUP SIZE (mm) :	9 - 16
INITIAL AND INTER PASS CLEANING :	BRUSHING &GRINDING
METHOD OF BACK GOUGING :	N / A
OSCILLATION :	N / A
MULTIPLE or SINGLE PASS PER SIDE :	MULTIPLE
MULTIPLE or SINGLE ELECTRODES :	SINGLE
TRAVEL SPEED :	SEE TABLE BELOW
PENNING :	for ROOT pass NOT PERMITTD

* QW-410.7- ø Oscillation

(جزء متغیرات غیر اساسی)

QW-410 TECHNIQUE

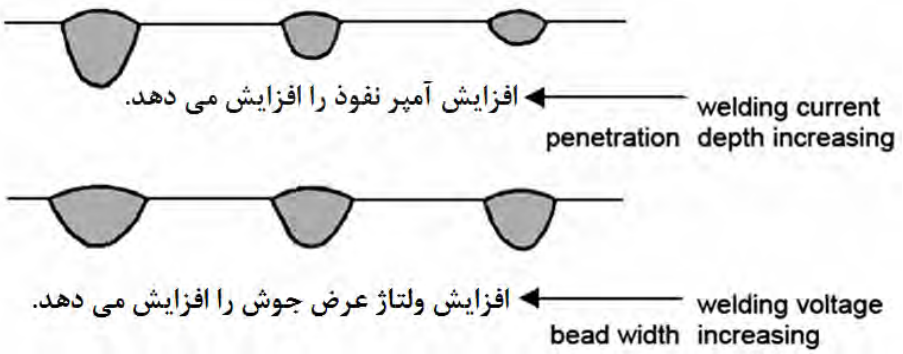
QW-410.7 For the machine or automatic welding process, a change of more than ±10% in width, frequency, or dwell time of oscillation technique.

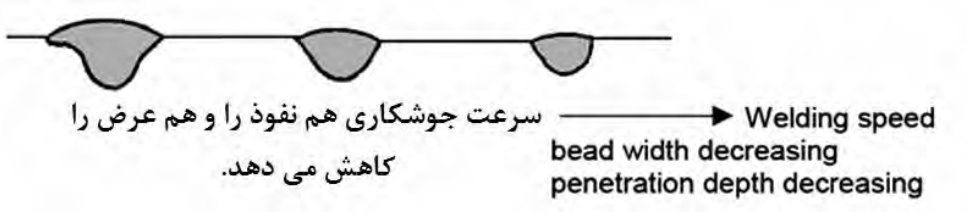
شکل-۳۲۶ : پاراگراف QW-410.7 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : برای فرآیندهای جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک تغییر بیشتر از 10% در پهنا، فرکانس یا زمان مکث تکنیک نوسانی.

توضیح : در جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک پارامترهای مختلفی وجود دارد که هر کدام اثرات خود را بر روی جوش اعمال می کنند. این اثرات می تواند ناشی از تغییر در اینگونه پارامترها باشند. این پارامتر ها عبارتند از:

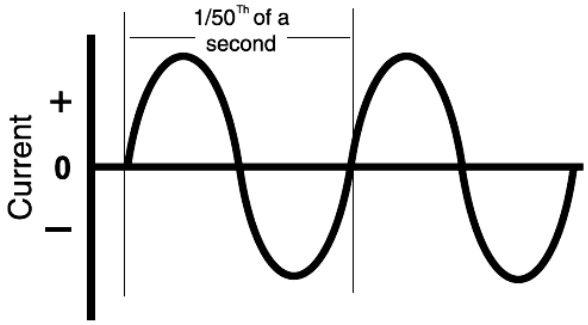
عرض جوش (Width) : آمپر، ولتاژ و سرعت نوسان تورچ در ابعاد عرض جوش مؤثر است.





شکل-۳۲۷ : تاثیر پارامترهای جوشکاری بر روی عرض جوش

فرکانس (Frequency): در جوشکاری GTAW منظور از فرکانس تعداد دفعاتی است که در هر ثانیه جهت جریان الکتریکی یک سیکل کامل نوسان را طی می کند. فرکانس بر حسب هرتز بیان می شود. فرکانس به صورت موج سینوسی است بدین صورت که جریان در یک جهت، افزایش یافته و پس از رسیدن به ماکزیمم کاهش پیدا می کند تا به صفر برسد سپس جهت جریان معکوس شده و همان روند افزایش و کاهش شدت جریان در جهت معکوس انجام می شود. به شکل زیر نگاه کنید:



شکل-۳۲۸ : شکل موج سینوسی

معکوس کننده ها: در صنایع برق از ترانسفورمرهای بزرگ و سنگین استفاده می کنند تا در جوشکاری، برق اولیه با ولتاژ بالا و آمپر پایین را به برق ولتاژ پایین و آمپر بالا تغییر دهند. منبع معکوس کننده، برق ورودی را می گیرد و آنرا به برق DC تبدیل می کند و با استفاده از سویچ های سریع Solid-State، فرکانس را به 10000 Hz هرتز می رساند سپس در جوشکاری آنرا تبدیل به برق قابل استفاده با قابلیت کنترل قوس می نماید. فرکانس افزایش یافته به دستگاه معکوس کننده اجازه می دهد تا از ترانسفورمرهای خیلی کوچکتر استفاده نموده و وزن و اندازه‌ی کلی دستگاهها را به مقدار زیادی کاهش داده است. با توجه به نوع تولید سازندگان، محدوده‌ی فرکانس جریان خروجی متفاوت می باشد. بعضی از شرکتها دستگاه هایی تولید می کنند که فرکانس آنها از 20 تا 100 هرتز تغییر می کند در حالیکه بعضی شرکتهای دیگر دستگاه هایی می سازند که فرکانس آنها از 20 تا 400 هرتز تغییر می کند. بیشتر منابع معکوس کننده، جریانهای متناوب خروجی را با فرکانس بین 20 تا 150 هرتز تامین می کنند. منابع برق می توانند برای فرکانس های خارج از محدوده‌ی 20 تا 400 هرتز طراحی شوند. بطور کلی، فرکانس های 120 تا 200 هرتز برای بیشتر جوشکاری های آلومینیوم فرکانس های مناسبی می باشند.

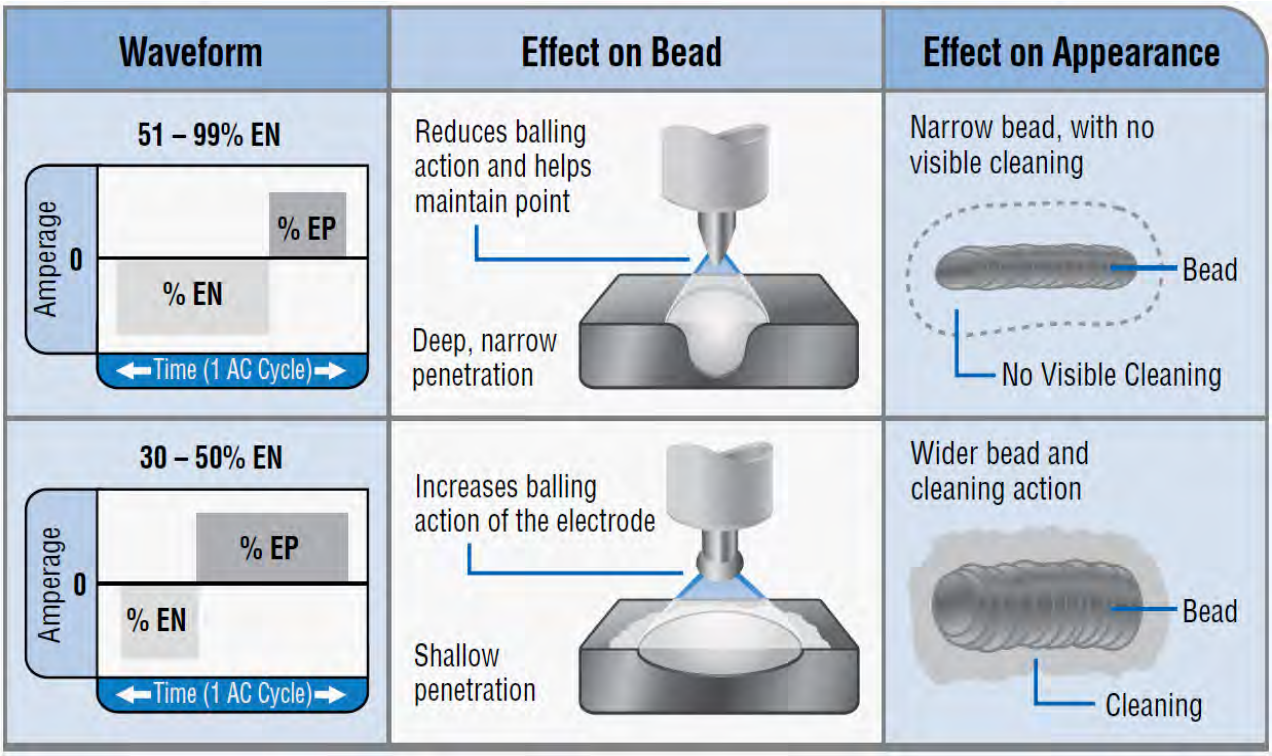
افزایش فرکانس بیشتر از 60 هرتز باعث می شود که جریان به دفعات بیشتری تغییر جهت داده که به عبارت دیگر در هر سیکل، زمان کمتری در DCEN و نیز در DCEP برای تغییر جهت جریان صرف می شود. با صرف زمان کمتر در هر قطب مخروط، قوس فرصت کمتری برای گسترش یافتن خواهد داشت.

مخروط قوس در فرکانس 120 هرتز نسبت به مخروط قوس در فرکانس 60 هرتز محدودتر و متمرکز تر است. در نتیجه، پایداری قوس در فرکانس به مقدار قابل توجه ای بهبود یافته و برای جوشهای گوشه ای (Fillet) و سایر جوشهایی که به نفوذ مناسبی نیاز دارند، ایده آل می باشد.

جریان متناوب با امواج مربعی: بعضی دستگاههای جوشکاری GTAW، به کمک تمهیدات الکترونیکی قادرند که انتقال نیم سیکل های مثبت به منفی و بالعکس را در جریان متناوب به سرعت انجام دهند. روشن است که در هنگام جوشکاری با جریان AC هر چه سرعت انتقال قطب ها (EN, EP) به یکدیگر بیشتر باشد شدت جریان در حداکثرهای خود، زمان بیشتری باقی خواهد ماند و در نتیجه کارایی ماشین می تواند بیشتر شود. مدارهای الکترونیکی این امکان را فراهم می سازند که این انتقال تقریباً بطور آنی انجام شود. این امواج به علت ناکارایی الکتریکی دستگاههای جوش، بصورت موج مربعی کاملاً چهار گوش نمی باشند ولی از آنها استفاده مؤثری می شود. در حال حاضر کارایی دستگاههای جوشکاری پیشرفته بهبود یافته اند.

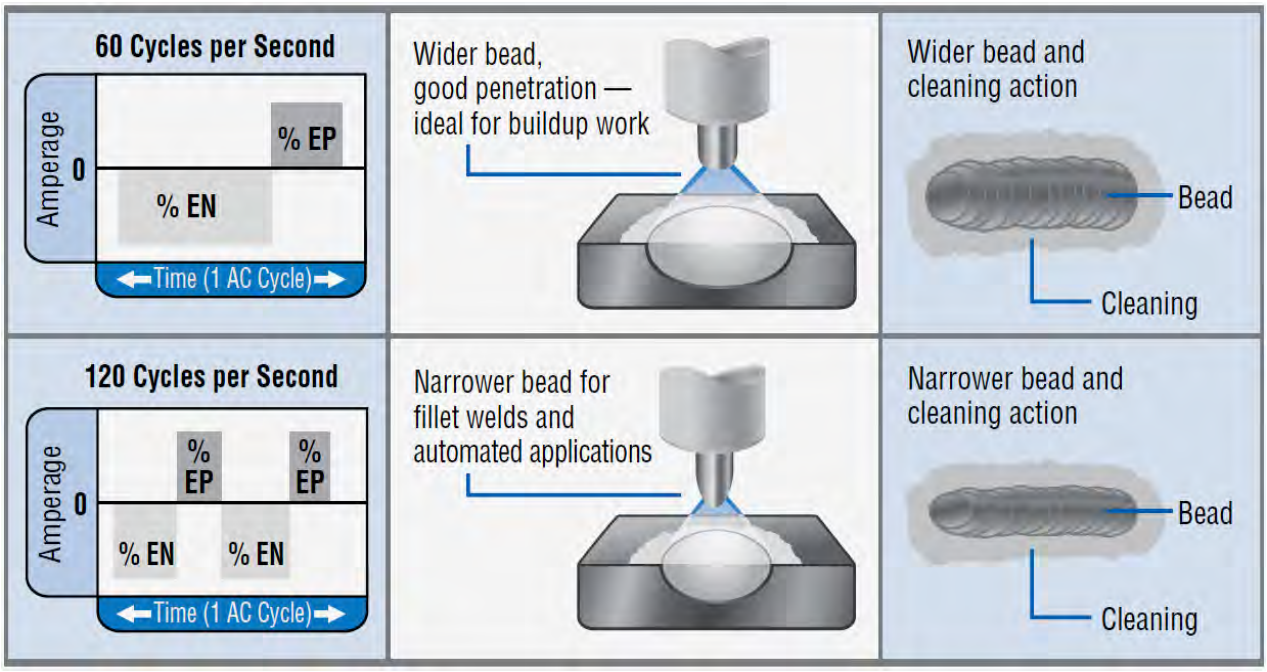
امواج مربعی پیشرفته:امواج پیشرفته به ما اجازه می دهند تا کنترل بیشتری بر روی جریان متناوب موجی شکل داشته باشیم. دستگاههای با اموج چهار گوش قادر است مدت زمانی که در هر سیکل جریان، از الکترود مثبت یا منفی عبور می کند تغییر دهد. این عمل Blance Control نامیده می شود.

AC Balance Control عمل تمیز کردن توسط قوس را کنترل می کند. با تنظیم درصد منفی بودن الکترود در جریان AC پهنای ناحیه‌ی تمیز کاری در اطراف جوش کنترل می شود.



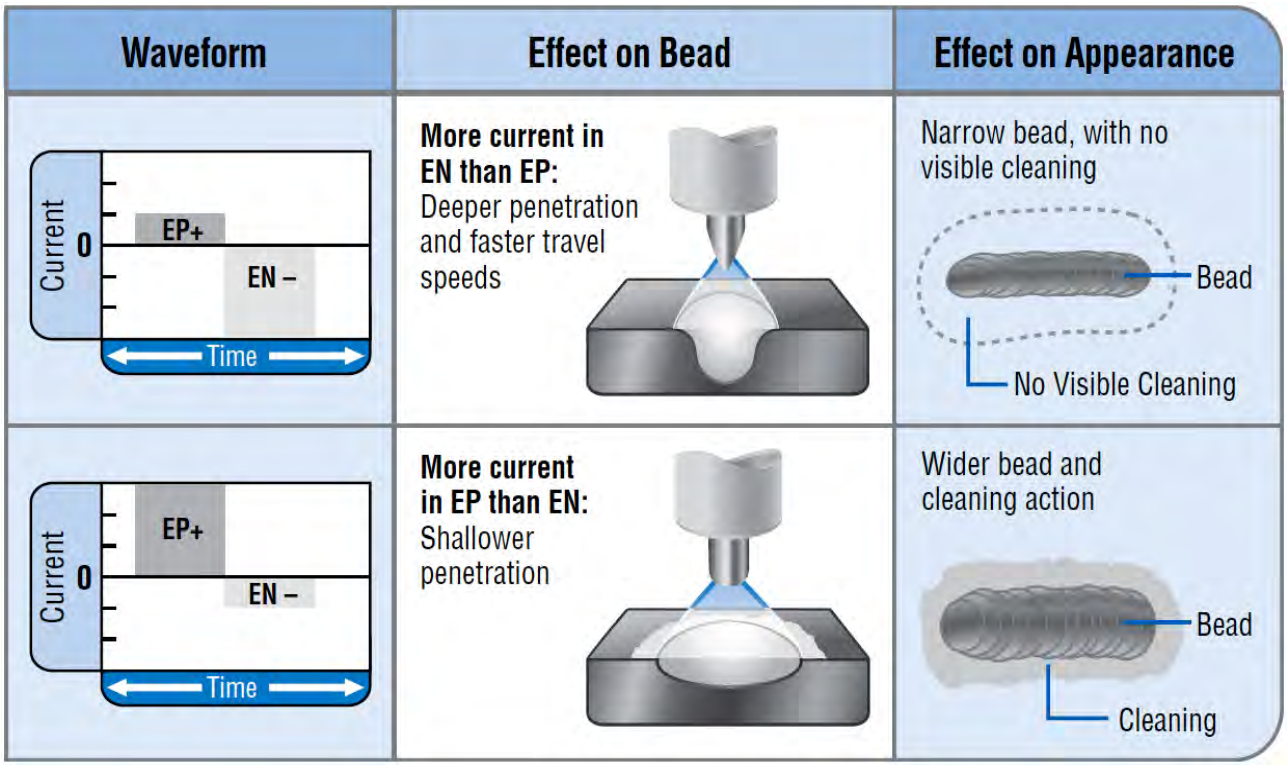
شکل-۳۲۹ : تاثیر تنظیم درصد منفی بودن الکترود در تمیز کاری اطراف جوش

AC Frequency Control پهنای مخروط قوس را کنترل می کند. افزایش فرکانس جریان متناوب AC با افزایش کنترل هدایت شده امکان تمرکز بیشتر قوس را فراهم می کند.



شکل-۳۳۰ : کنترل پهنای مخروط قوی با کنترل فرکانس

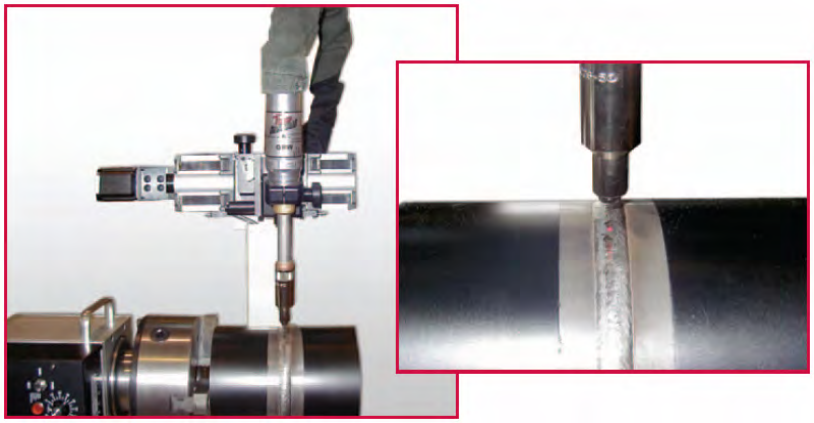
Independent AC Amperage Control اجازه می دهد که ارقام آمپر در EP و EN بطور مستقل تنظیم شود و نسبت EN به EP را کنترل می کند تا حرارت وارده (Heat input) به کار و الکترود را بطور دقیق کنترل کند.



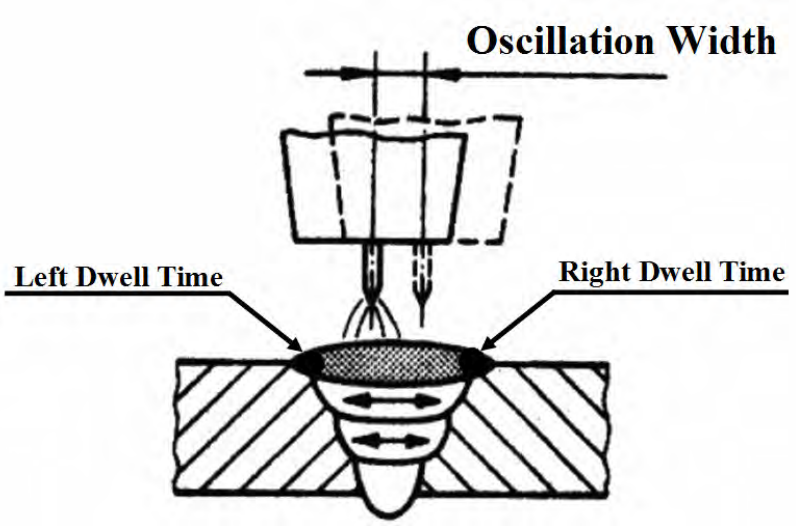
شکل-۳۳۱ : کنترل آمپراژ

تکنیک Dwell Time of Oscillation چیست؟

این تکنیک در جوش اتوماتیک GTAW دیده می شود.

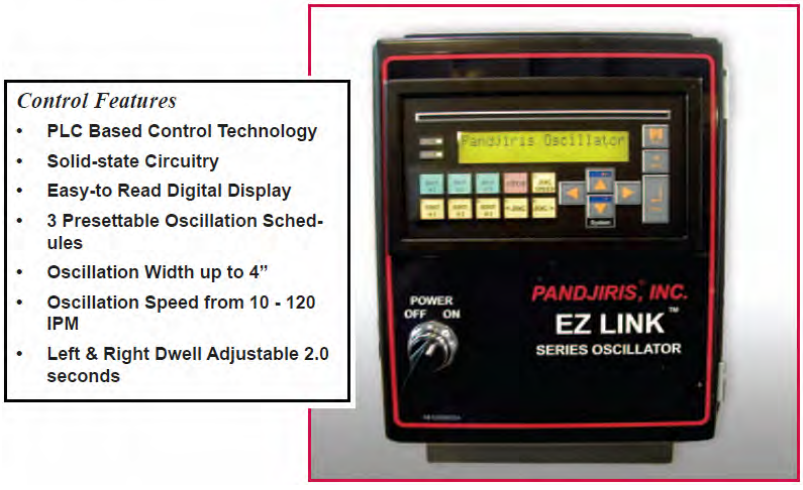


شکل-۳۳۲ : دستگاه اتوماتیک جوش GTAW



شکل-۳۳۳ : وضعیت و موقعیت Dwell Time

واژه Dwell Time به زمان مکث تورچ در لبه‌ی کناری گفته می شود و زمانی است که برای حرکت دستگاه تعریف می شود. بطور مثال وقتی تورچ به لبه های کناری می رسد ۲ ثانیه مکث می کند سپس به حرکت رو به جلو خود ادامه می دهد.



شکل-۳۳۴ : وضعیت برنامه دهی به دستگاه برای زمان بندی Dwell Time

نتیجه : در جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک فرآیند GTAW تغییر در پارامترهایی مانند پهنا، فرکانس یا زمان مکث تکنیک نوسانی (Oscillation) به تهیه‌ی PQR جدید با شرایط جدید نیاز ندارد.

- QW-410.10- ø Single to multi electrodes

(جزء متغیرات تکمیلی اساسی)

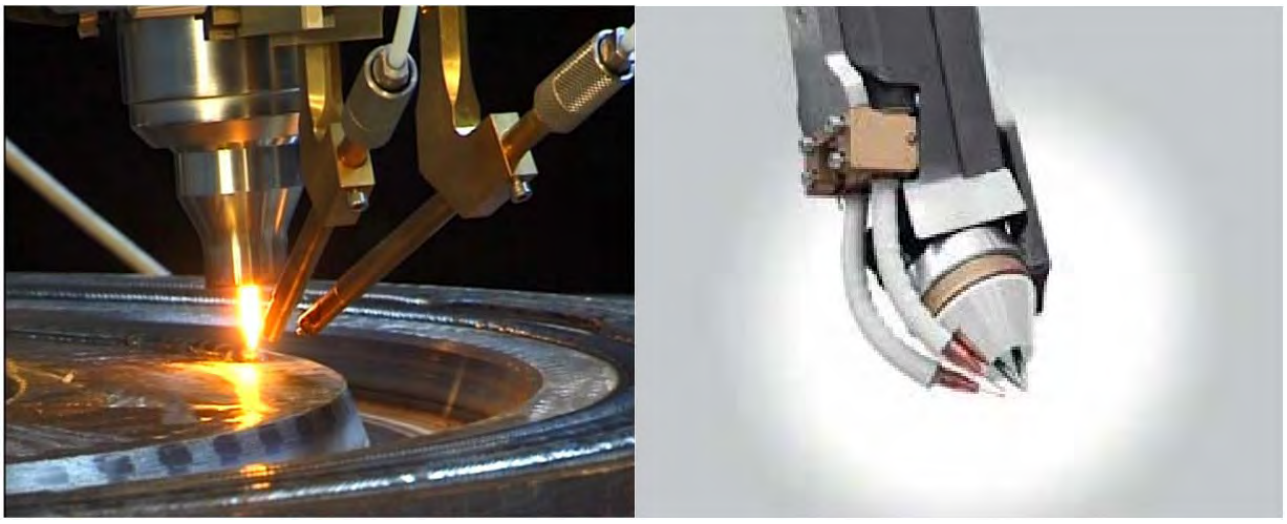
QW-410 TECHNIQUE

QW-410.10 A change from single electrode to multiple electrode, or vice versa, for machine or automatic welding only. This variable does not apply when a WPS is qualified with a PWHT above the upper transformation temperature or when an austenitic or P-No. 10H material is solution annealed after welding.

شکل-۳۳۵ : پاراگراف QW-410.10 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : فقط برای جوشکاری های اتوماتیک یا ماشینی، تغییر از تکنیک یک الکترودی به چند الکترودی یا بالعکس. وقتی PQR با عملیات حرارتی PWHT در بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی بالایی انجام شده باشد یا یک متریال آستنیتی یا متریال P-No. 10H بعد از جوشکاری با عملیات Solution annealing تأیید شده باشد این متغییر کاربردی ندارد.

توضیح : معمولاً در فرآیند های جوشکاری اتوماتیک از تکنیک یک الکترودی استفاده می کنند مگر در موارد خاصی که این موارد را می توان بیشتر در روش های Corrosion-Resistant Overlay و Hard-Facing Overlay سطح فلزات مشاهده کرد. با توجه به اینکه این پاراگراف جزء متغیرات تکمیلی اساسی است بنابراین چنانچه PQR با انجام تست ضربه تأیید شده باشد تغییر از تکنیک یک الکترودی به چند الکترودی یا بالعکس نیاز به تهیه PQR جدید دارد. اگر این PQR تحت عملیات حرارتی PWHT بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی بالایی قرار گیرد یا اگر متریال آستنیتی یا متریال P-No. 10H بعد از جوشکاری تحت عملیات حرارتی Solution annealing قرار گیرد، الزامات این پاراگراف برای چنین متریالهایی کاربرد ندارد. (قبلاً در مورد عملیات حرارتی PWHT بالاتر از درجه حرارت استحاله‌ی فازی بالایی یا عملیات Solution annealing برای متریال آستنیتی یا متریال P-No. 10H بعد از جوشکاری بصورت کامل توضیح داده شد.)



شکل-۳۳۶ : استفاده چند فیلرمتال در فرآیند جوشکاری اتوماتیک GTAW

QW-410.11- ø Closed to out chamber -*

(جزء متغیرات اساسی)

QW-410 TECHNIQUE

QW-410.11 A change from closed chamber to out-of-chamber conventional torch welding in P-No. 51 through P-No. 53 metals, but not vice versa.

شکل-۳۳۷ : پاراگراف QW-410.11 مطابق ASME Sec. IX-2019

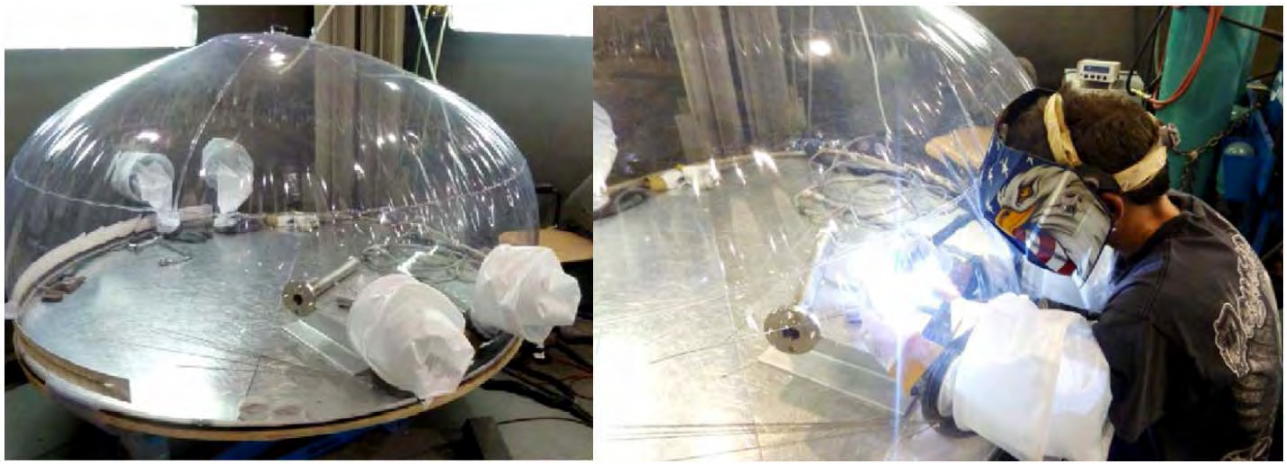
ترجمه : در مورد فلزات P-No. 51 تا P-No. 53 تغییر تکنیک جوشکاری در محفظه‌ی سر بسته به جوشکاری در خارج از محفظه با torch های متداول ولی نه بالعکس.

توضیح : فلزات P-No. 51 تا P-No. 53 چه فلزاتی هستند؟ متریالهای P-No. 51 تا P-No. 53 اساساً متریالهای تیتانیومی می باشند که با توجه به حساسیت آنها برخی اوقات عملیات جوشکاری آنها در یک محفظه بسته به نام Closed Chamber انجام می شود. این محفظه فضای بسته ای است که با گاز محافظ پر شده است در واقع منطقه حوضچه جوش با گاز محافظ Sheilding Gas محافظت می شود و منطقه پشت جوش با گاز محافظ Backing Gas محافظت می شود و بطور کلی تمام حوضچه‌ی جوش با گاز محافظ، محافظت می شود. این محفظه طوری طراحی شده است که دستهای جوشکار هنگام انجام جوشکاری در داخل این محفظه در یک پوشش و کاور مخصوصی قرار دارد که مانع ورود هوا به درون محفظه می شود. همچنین جوشکاری در این محفظه برای جوشکار بسیار آسان می باشد و میدان دید جوشکار در این محفظه محدود نیست و جوشکار می تواند هم از بالا منطقه جوش را کنترل کند و هم می تواند بصورت نشسته جوشکاری را انجام دهد.

شکل-۳۳۸ : محفظه Closed Chamber

مطابق پاراگراف QW-410.11 چنانچه PQR برای متریالهای تیتانیوم با P-No. 51 تا P-No. 53 در چنین محفظه هایی تهیه شود برای جوشکاری با تورچ های معمولی یعنی بیرون از این محفظه‌ی Closed Chamber نیاز به تهیه PQR جدید می باشد اما برعکس آن این محدودیت وجود ندارد یعنی اگر برای جوشکاری این متریالها PQR با تورچ های

معمولی و بیرون از این محفظه‌ی Closed Chamber تهیه شده باشد ولی WPS این PQR برای جوشکاری داخل محفظه ها بکار برده شود این تغییر نیاز به PQR جدید ندارد.



شکل-۳۳۹ : محفظه Closed Chamber

نتیجه : استفاده از محفظه‌ی Closed Chamber برای متریالهای تیتانیوم با P-No. 51 تا P-No. 53 جزء متغیرات اساسی است اما عکس آن جزء متغیرات اساسی نیست و اگر هنگام تهیه PQR از این محفظه ها استفاده نشده باشد پس از تهیه‌ی PQR استفاده از آن نیاز به PQR جدید ندارد.

⁎- QW-410.15- ø Electrode spacing

(جزء متغیرات غیر اساسی)

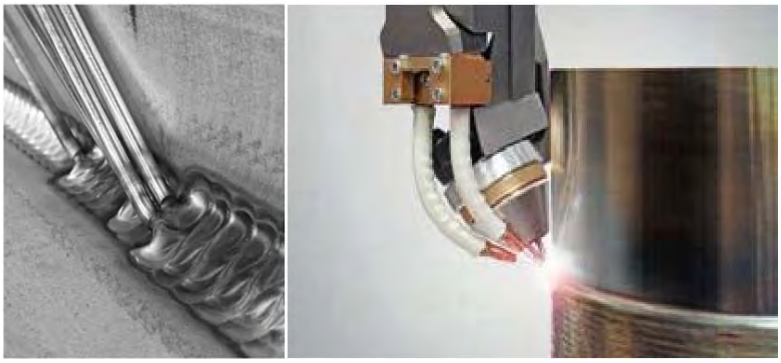
QW-410 TECHNIQUE

QW-410.15 A change in the spacing of multiple electrodes for machine or automatic welding.

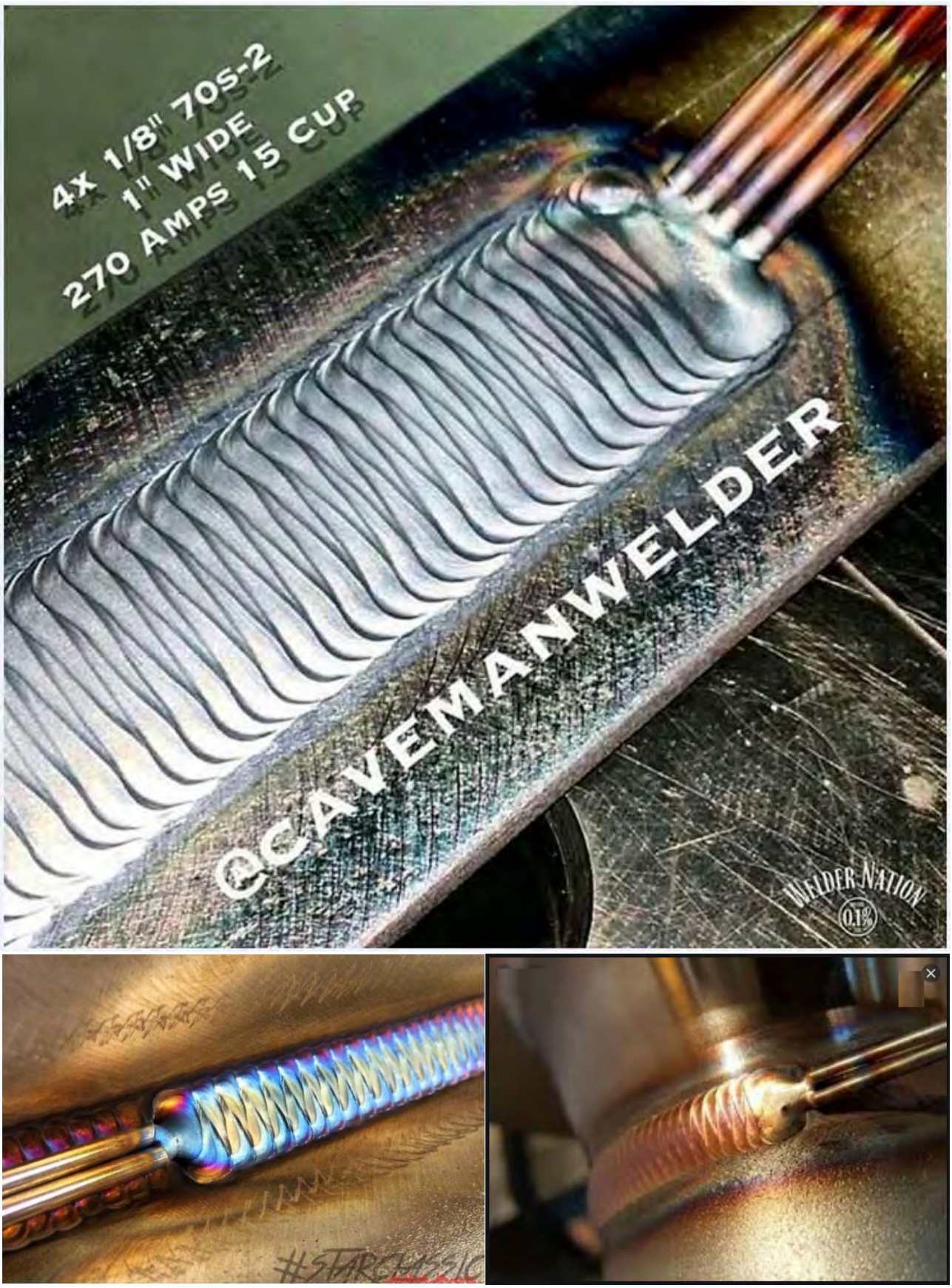
شکل-۳۴۰ : پاراگراف QW-410.15 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : تغییر فاصله‌ی بین الکترودها در جوشکاری چند الکترودی فرآیندهای جوشکاری ماشینی یا اتوماتیک.

توضیح : درجوشکاری ماشینی یا اتوماتیک که هم زمان از چند الکترود (فیلر) استفاده می شود. فاصله‌ی این الکترودها چنانچه تغییر کنند این تغییرات جزء متغیرات غیر اساسی است یعنی به PQR جدید نیاز ندارد. از این سیستم ها معمولاً برای عملیات Corrosion-Resistant Overlay استفاده می کنند. بطور نمونه برای ایجاد یک لایه مقاوم به خوردگی بر روی سطح متریال کربن استیل با عملیات جوشکاری چند لایه جوش از جنس استنلس استیل بر روی سطح متریال کربن استیل قرار می دهند. سپس با عملیات ماشینکاری یک سطح صاف و مقاوم به خوردگی بر روی سطح آن ایجاد می کنند.



شکل-۳۴۱ : نمونه هایی از جوش GTAW با چند فیلرمتال



شکل-۳۴۲ : نمونه هایی از جوش GTAW با چند فیلرمتال

***- پارامترهای مهم WPS برای فرآیندهای SMAW و GTAW در یک جدول:**

جدول-۱۲۱ : پارامترهای مهم WPS برای فرآیندهای SMAW و GTAW

WPS & PQR CHECKLIST							
PARAGRAPH		SMAW			GTAW		
QW-402 Joints							
.1	ø Groove design			N			N
.4	- Backing			N			N
.5	+ Backing						N
.10	ø Root spacing			N			N
.11	± Retainers			N			N
QW-403 Base Metals							
.5	ø Group Number		S			S	
.6	*T* Limits impact		S			S	
.8	ø *T* Qualified	E			E		
.9	t Pass > 1/2 in. (13 mm)	E					
.11	ø P-No. qualified	E			E		
QW-404 Filler Metals							
.3	ø Size						N
.4	ø F-Number	E			E		
.5	ø A-Number	E			E		
.6	ø Diameter			N			
.7	ø Diameter > 1/4 in. (6 mm)		S				
.12	ø Classification		S			S	
.14	± Filler				E		
.22	± Consum. Insert						N
.23	ø Filler metal product form				E		
.30	ø t	E			E		
.33	ø Classification			N			N
.50	± Flux						N
QW-405 Position							
.1	+ Position			N			N
.3	ø ↑↓ Vertical welding			N			N
QW-406 Preheat							
.1	Decrease > 100°F (55°C)	E			E		
.2	ø Preheat maint.			N			
.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		S			S	
QW-407 PWHT							
.1	ø PWHT	E			E		
.2	ø PWHT (T & T range)		S			S	

جدول-۱۲۲ : ادامه‌ی پارامترهای مهم WPS برای فرآیندهای SMAW و GTAW

WPS & PQR CHECKLIST

PARAGRAPH		SMAW			GTAW		
QW-408 Gas							
.1	± Trall or ø comp.						N
.2	ø Single, mixture, or %				E		
.3	ø Flow rate						N
.5	± or ø Backing flow						N
.9	- Backing or ø comp.				E		
.10	ø Shielding or trailling				E		
QW-409 Electrical Characteristics							
.1	> Heat input		S			S	
.3	± Pulsing I						N
.4	ø Current or polarity		S	N		S	N
.8	ø I & E range			N			N
.12	ø Tungsten electrode						N
QW-410 Technique							
.1	ø String/weave			N			N
.3	ø Orifice, cup, or nozzle						N
.5	ø Method cleaning			N			N
.6	ø Method back gouge			N			N
.7	ø Oscillation						N
.9	ø Multiple to single pass/side		S	N		S	N
.10	ø Single to multi electrodes					S	N
.11	ø Closed to out chamber				E		
.15	ø Electrode spacing						N
.25	ø Manual or automatic			N			N
.26	± Peening			N			N
.64	Use of thermal processes	E			E		

Legend:

+ Addition	> Increase/greater than	↑ Uphill	← Forehand	ø Change
- Deletion	< Decrease/less than	↓ Downhill	→ Backhand	

E: Essential Variables
S: Supplementary Essential Variables
N: Nonessential Variables

فصل سوم

روشهای انتخاب Filler & Electrode برای متریالهای همسان و غیر همسان در دو فرآیند جوشکاری GTAW & SMAW

شکل-۳۴۳ : نمایی از جوش GTAW و جوش SMAW در یک شکل

۳- روشهای انتخاب Filler & Electrode برای متریالهای همسان و غیر همسان در دو فرآیند جوشکاری GTAW & SMAW

انتخاب فیلر متال و الکترود به روشهای مختلفی انجام می شود که این روشها را می توان بطور کلی در چهار روش دسته بندی کرد که به شرح زیر می باشند:

۳-۱- روش اول بر اساس مشخصات فنی پروژه (Project Specification)

در پروژه‌های صنعتی مانند پروژه های نفت و گاز و پتروشیمی، پالایشگاههای مختلف صنعتی، تاسیسات زیر بنایی مانند نیروگاههای برق، سد سازی ها و غیره، هنگام طراحی و ساخت بایستی تمام الزامات ضروری از جمله مشخص کردن فیلر متال و الکترود مناسب برای متریالهای مختلف را بر اساس استانداردهای مربوطه و مشخصات فنی آن پروژه مشخص نمود.

پیشنهاد فیلرمتال و الکترودهای مشخص شده برای متریالهای مختلف به دو طریق است:

۱- صرفاً معرفی الکترود و فیلر متال برای متریالهای مختلف

۲- معرفی الکترود و فیلر متال همراه با ارائه‌ی WPS

*- طریقه‌ی اول- معرفی الکترود و فیلر متال : در بعضی از پروژه ها، استفاده از فیلرمتال و الکترود معرفی شده از جانب کارفرما (Owner) یا مشاور کارفرما (MC-Management Consulting) یا پیمانکار اصلی (Employer) طرح، الزام اجباری می باشد و هرگونه تغییر در آنها نیاز به تأیید کارفرما دارد.

بنابراین در چنین پروژه هایی WPS, PQR & WQT بایستی براساس فیلرمتالها و الکترودهای اعلام شده تهیه و تنظیم شوند و معمولاً فیلرمتالها و الکترودها یا توسط کارفرما و یا توسط پیمانکار اصلی طرح تامین می شوند. بطور مثال:

در گذشته یکی از این پیمانکاران اصلی و مجری طرح فازهای گازی در عسلویه شرکت TOTAL فرانسه بود. این شرکت در بخش جوشکاری از مشخصات فنی پروژه های خود (General Specification Welding of Piping) برای متریالهای مختلف فیلرمتال و الکترود معرفی کرده است و در این زمینه بسیار سختگیرانه عمل نموده و این سخت گیری ها در مقایسه با استاندارد ASME SECTION IX که اساس تهیه‌ی WPS & PQR برای سیستم های لوله کشی صنعتی است، بسیار محسوس می باشد. برخی از این مغایرت ها و سخت گیریها در مقایسه با استاندارد ASME SECTION IX بشرح زیر است:

۱- تغییر نام سازنده فیلر متال یا الکترود قابل قبول نیست.

بطور مثال، اگر در تهیه‌ی PQR از الکترود شرکت ESAB استفاده شده باشد در WPS نمی توان از الکترود شرکت ایرانی AMA استفاده کرد و بایستی از همان الکترودی که در PQR مورد استفاده قرار گرفته است، استفاده نمود.

۲- هر گونه تغییر در Classification الکترود یا فیلر متال قابل قبول نیست.

بطور مثال، اگر در تهیه‌ی PQR برای متریالهای استنلس استیل از الکترود E308-15 استفاده شده باشد در WPS نمی توان از الکترود E308-16 استفاده کرد.

این دو مورد مذکور در مشخصات فنی پروژه شرکت TOTAL قید شده است و از نظر استاندارد ASME Sec. IX هر دو مورد جزء متغیرات غیر اساسی می باشند.

■- معرفی فیلر و الکترود برای متریالهای همسان مطابق TOTAL Project Spec.

جدول ۱۲۳: جدول شماره ۱ لیست الکترودهای پیشنهادی Spec TOTAL برای متریالهای همسان

TOTAL

General Specification		GS EP PVV 611
Welding of pressure containing piping and equipment		
Rev.: 07	Effective date: 09/2013	Page: 27 of 38

Appendix 2

Appendix 2 Filler metal

Table 1 - Filler metal for welds joining similar materials

Base material		Covered electrodes			Welding rods	
		ASME spec	Preferred electrode	Alternative Electrode	ASME Spec	Classification
Carbon Steel	(1)	SFA5.1	E70XX (3, 4, 9)	E60XX (3, 4)	(6, 7, 8)	-
	(2)	SFA5.1	E70XX (3, 4, 9)	E80XX	(6, 7, 8)	-
Carbon-molybdenum		SFA5.3	E70XX-A1	-	(5)	-
3 1/2 nickel		SFA5.5	E8018-C2	E8016-C2	(5, 10, 11)	-
9 Nickel		SFA5.5	ENiCrMo-6			
Low Chromium Ferritic Steels	1/2 Cr - 1/2 Mo	SFA5.5	E8018-B2L	E8015-B2L (15)	(5, 11, 13, 15)	0.05 C max
	1 Cr - 1/2 Mo	SFA5.5	E8018-B2L	E8015-B2L (15)	(5, 11, 13, 15)	0.05 C max
	1 1/4 Cr - 1/2 Mo	SFA5.5	E8018-B2L	E8015-B2L (15)	(5, 11, 13, 15)	0.05 C max
	21/4Cr-1 Mo	SFA 5.5	E9018B3		ER90S B3	
	5 Cr 0.5Mo	SFA 5.5	E8015B6		ER80S B6	
Ferritic Stainless Steels	AISI Type 410S	SFA5.4	Inco-Weld A Inconel 182	E410-15 0.05 C max (14)	Inconel 82 or SFA5.9	ER410 0.05 C max
Austenitic Stainless Steels	AISI Type 304L	SFA5.4	E308L-15	E308L-16	SFA5.9	ER308L
	AISI Type 321	SFA5.4	E347-15	E347-16	SFA5.9	ER347
	AISI Type 316L	SFA5.4	E316L-15	E316L-16	SFA5.9	ER316L
	AISI Type 309S	SFA5.4	E309-15	E309-16	SFA5.9	ER309
	AISI Type 310S	SFA5.4	E310-15	E310-16	SFA5.9	ER310
	AISI Type 904 L		E385-16	E 385-15	SFA 5.9	ER 385
	Alloy 800, 800H	SFA5.11	(12)	-	SFA5.14	(12)
Nonferrous metals and alloys	Aluminium and Aluminium Alloys	SFA5.10	-	-	SFA5.10	-
	Aluminium bronze	SFA5.6	EcuAl-A2 (16)	-	SFA5.7 (16)	ERCuAl-A2 (16)
	Phosphor bronze	SFA5.6	ECuSn-A	ECuSn-C	SFA5.7	ERCuSn-A
	Alloy 600	-	(12)	-	-	(12)
	70 Cu - 30 Ni 90 Cu-10 Ni	SFA5.6	ECuNi (16)	-	SFA5.7 (16)	ERCuNi (16)

Notes to Table 1 (Numbers in parentheses in Table 1 refer to the following notes):

1. Minimum specified ultimate strength not exceeding 420 MPa or 60,000 Psi.
2. Minimum specified ultimate tensile strength greater than 420 Pa or 60,000 Psi.
3. Low hydrogen electrodes and fluxes, or a low hydrogen weld process shall be used where any of the following requirements or conditions apply:
   - Impact testing of weld metal
   - The carbon content of the base material exceeds 0.22%

- The base material thickness exceeds 12 mm
- The specified minimum yield strength of the base material exceeds 260 MPa.

4. The following classifications are not acceptable for use in pressure containing welds: E6012, E6013, E6022, EXX14 and EXX24. However, these classifications may be used for tank roof and bottom fillet welds after prior approval of the Company.
5. Where no ASME material specification exists for wire or rods, wire or rods of the same nominal composition as the base material with substantially neutral flux or inert gas may be used if they have been qualified in accordance with the applicable code and specification requirements.
6. Gas Metal Arc Welding (GMAW) wire shall conform to ASME SFA 5.18 and 5.20.
7. Submerged Arc Welding (SAW) wire and flux shall conform to ASME SFA 5.17 or SFA 5.23; however, equivalence under these standards shall not be considered adequate for substitution between different Manufacturers or between a single Manufacturer's grades without requalification.
8. For Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), ASME SFA 5.18 ER70S-2 is the preferred welding wire.
9. ASME SFA 5.1 E6010 welding electrode is acceptable for the root pass in piping welding only, if the procedure has been qualified to the appropriate code and specification requirements.
10. Alternatively, E7016-C2 welding electrodes or austenitic filler materials may be used dependent upon the minimum design temperature and toughness requirements.
11. Submerged Arc Welding (SAW) wire and flux shall conform to ASME SFA 5.23. Wire and flux combinations shall deposit welds with equivalent composition and equivalent mechanical properties as the base material. Limitations on substitution shall be as specified in Note 7 above.
12. For design temperatures less than 535°C, ENiCrFe-3 or ERNiCr-3 shall be used. For design temperatures of 535°C to 815°C, ENiCrFe-2 or ERNiCr-3 shall be used. For design temperatures greater than 815°C, ENiCrMo-3 or ERNiCrMo-3 shall be used.
13. For gas tungsten arc (GTAW) and Gas Metal Arc (GMAW) welding processes, rods and wire shall conform to ASME SFA 5.28).
14. Type E309-15, E309-16 or ER309 with 0.065 minimum carbon content may be used in some design conditions with advance approval of the Company (not to be used in cyclic service).
15. For chromium-molybdenum steel, other filler materials such as Inconel 82 and 182, or Inco-Weld A, may be used for specific services, subject to the Company approval.
16. For information only, as for cupronickel and associated materials, filler material shall comply with the Company specification GS EP PVV 620. Brazing (silver brazing) may also be considered, and, according to the specification GS EP PVV 620, is mandatory in some circumstances.

شکل-۳۴۴ : یادداشتهای جدول ۱ لیست الکترودهای پیشنهادی Spec TOTAL متریالهای همسان

*- یادداشتهای مربوط به جدول ۱ درمورد انتخاب الکترود متریالهای همسان

(۱)- حداقل استحکام نهایی مشخص شده بیشتر از 420 مگاپاسکال یا 60000 پوند بر اینچ مربع نباشد.

(۲)- حداقل استحکام نهایی مشخص شده بیشتر از 420 مگاپاسکال یا 60000 پوند بر اینچ مربع باشد.

(۳)- الکترودها یا فلاکس های کم هیدروژن یا فرآیند جوش کم هیدروژن باید استفاده شود چنانچه یکی از الزامات یا شرایط زیر بکار می روند:

- تست ضربه فلز جوش.
- مقدار کربن فلز پایه بیشتر از 0.22% باشد.
- ضخامت فلز پایه بیشتر از ۱۲ میلمتر باشد.
- حداقل استحکام تسلیم مشخص شده برای فلز پایه بیشتر از 260 مگاپاسکال باشد.

(۴)- الکترودهای زیر برای استفاده در جوشهای تحت فشار قابل قبول نمی باشند: E6012, E6013, E6022, EXX14, EXX24. این دسته بندی های الکترود ها ممکن است برای جوشهای فیلت (Fillet) سقف و کف مخازن پس از تأیید کارفرما استفاده شوند.

(۵)- جایی که برای وایر (Wire) یا راد (Rod) مشخصه متریال ASME وجود ندارد، ممکن است از وایر (Wire) یا رادی (Rod) که ترکیبات شیمیایی آن مشابه فلز پایه است با فلاکس طبیعی یا گاز خنثی استفاده شوند چنانچه مطابق با الزامات کُد و مشخصات فنی قابل کاربرد تأیید شده باشند.

(۶)- و (۷)- چونکه مربوط به فرآیندهای GMAW & SAW می باشند ترجمه نشده است.

(۸)- برای فرآیند جوشکاری GTAW وایر (Wire) جوشکاری مطابق با ASME SFA 5.18, ER70S-2 ترجیح داده شده است.

(۹)- الکترود ASME SFA 5.1-E6010 فقط برای جوشکاری پاس ریشه در لوله قابل قبول است. چنانچه دستورالعمل جوشکاری مطابق با الزامات کُد و مشخصه فنی مناسب تأیید شده باشد.

(۱۰)- متناوباً، الکترودهای E7016-C2 یا فیلر متال های آستنیتی ممکن است بسته به حداقل دمای طراحی و الزامات چقرمگی مورد استفاده قرار گیرند.

(۱۱)- در خصوص فرآیند جوش زیرپودری SAW می باشد.

(۱۲)- برای دمای طراحی کمتر از ۵۳۵ درجه سانتیگراد ENiCrFe-3 یا ERNiCr-3 بایستی مورد استفاده قرار گیرد. برای دمای طراحی از ۵۳۵ تا ۸۱۵ درجه سانتیگراد از ENiCrFe-2 یا ERNiCr-3 بایستی مورد استفاده قرار گیرد. برای دماهای طراحی بیشتر از ۸۱۵ درجه سانتیگراد ENiCrMo-3 یا ERNiCrMo-3 بایستی مورد استفاده قرار گیرد.

(۱۳)- برای فرآیندهای GTAW و GMAW راد (Rod) و وایر (Wire) باید مطابق با ASME SFA 5.28 باشد.

(۱۴)- نوع E309-16 و E309-15 یا ER309 با حداقل 0.065 کربن ممکن است در برخی شرایط طراحی با تأیید کارفرمامورد استفاده قرار گیرد. (در سرویسهای سیکلی نباید استفاده شود.)

(۱۵)- برای فولادهای کروم-مولیبدن، دیگر فیلر متالها همچون اینکونل 82 و 182 یا Incoweld A ممکن است برای سرویس های ویژه با تأیید کارفرما مورد استفاده قرار گیرد.

(۱۶)- صرفاً جهت اطلاع، برای کاپرونیکل (Cupronickel) و متریالهای وابسته، فیلر متالها بایستی مطابق با مشخصات فنی کارفرما GS EP PVV 620 باشند. ممکن است لحیم کاری [(Brazing (Silver Brazing] نیز در نظر گرفته شود و مطابق با مشخصات فنی GS EP PVV 620 در برخی شرایط ضروری باشد.

■- معرفی فیلر و الکترود برای متریالهای غیر همسان مطابق TOTAL Project Spec.

جدول ۱۲۴ : جدول شماره ۲ لیست الکترودهای پیشنهادی Spec TOTAL برای متریالهای غیر همسان

General Specification		GS EP PVV 611
Welding of pressure containing piping and equipment		
Rev.: 07	Effective date: 09/2013	Page: 29 of 38

Appendix 2

Table 2 - Filler metal for welds joining dissimilar materials

Base material number	Base material type	Base material number											
		1	2	3	4	5	8	9	12	13	14	15	16
1	Carbon Steel	A	D	B	X	B	C	C	C	C	N	B	B
2	Carbon-Molybdenum Steel		D	X	X	B	C	C	C	C	N	B	B
3	3 ½% Nickel Steel			E	X	X	B	B	B	B	B	B	B
4	9% Nickel Steel				B	X	B	B	B	B	B	B	B
5	AISI Type 410 S					B	B	B	B	B	B	B	B
8	AISI Type 304 L						K	H	L	C	N	B	B
9	AISI Type 321							H	H	C	N	B	B
12	AISI Type 316 L								M	C	N	B	B
13	AISI Type 309 S									C	N	B	B
14	AISI Type 310 S										N	B	B
15	Incoloy 825											B	B
16	Inconel 625												I

Filler material AWS classification:

- A: E-XX16 or E-XX18
- B: ENiCrFe-2, ERNiCr-3 or ENiCrFe-3 or ENiCrMo-3 or ERNiCrMo-3
- C: E309-15 or E309-16
- D: E7018-A1
- E: E80XX-C1. Alternatively one of following classifications of the AWS A5.11/A5.11M: ENiCrFe-3 or ENiCrMo-3
- H: E347-15 or E347-16
- I: ENiCrMo-3 or ERNiCrMo-3
- K: E308L-15 or E308L-16
- L: E308L-15 or EE308L-16 or E316L-15 or E316L-16
- M: E316L-15 or E316L-16
- N: E310-15 or E310-16
- X: Not normally authorised (refer to the Company for advice).

طریقه‌ی استفاده از جدول ۲:

در این جدول متریالهای مختلف در ستون عمودی به ترتیب قید شده اند و در کنار هر متریالی یک عدد مشخص شده است و همان شماره ها نیز در ستون افقی در سطر اول جدول به ردیف قید شده اند.

مثال (۱): بین متریال شماره ۱ عمودی و شماره ۱ افقی حرف A قید شده است، وقتی به زیر نوشته های جدول ۲ مراجعه کنیم برای حرف A الکترود (EXX16 or EXX18) معرفی شده است. (مثلاً E7018 و E7016)

مثال (۲): بین متریال شماره ۱ عمودی و شماره ۲ افقی حرف D قید شده است، وقتی به زیر نوشته های جدول ۲ مراجعه کنیم برای حرف D الکترود (E7018 or EXX18) معرفی شده است.

مثال(۳): بین متریال شماره ۷ عمودی و شماره ۷ افقی حرف G قید شده است، وقتی به زیر نوشته های جدول ۲ مراجعه کنیم برای حرف G الکترود (E308-15 or E308-16) معرفی شده است.

مثال(۴): بین متریال شماره ۹ عمودی و شماره ۹ افقی حرف H قید شده است، وقتی به زیر نوشته های جدول ۲ مراجعه کنیم برای حرف H الکترود (E347-15 or E347-16) معرفی شده است.

مثال(۵): بین متریال شماره ۱۶ عمودی و شماره ۱ افقی حرف B قید شده است، وقتی به زیر نوشته های جدول ۲ مراجعه کنیم برای حرف B الکترودهای:

(B: ENiCrFe-2, ERNiCr-3 or ENiCrFe-3 or ENiCrMo-3 or ERNiCrMo-3)

معرفی شده است.

۲- معرفی الکترود و فیلر متال همراه با ارائه WPS

در بعضی از پروژه ها، علاوه بر معرفی فیلرمتال و الکترود از جانب کارفرما یا مشاور کارفرما یا پیمانکار اصلی طرح، برای متریالهای مختلف، WPS های مربوطه نیز ارائه می شوند.

*- پاراگراف 2 از Spec مربوط به (Construction Specification For Welding Procedure For Piping)

2. MATERIALS

2.1 Weld Filler Metals

2.1.1 Filler metals used in conjunction with this procedure shall conform to the attached welding procedure specification (WPS) and ASME Sec.II, Part C. American Welding Society (AWS) Specification may be used when they are identical with ASME Specification

***- پاراگراف 2 – متریالها

*- پاراگراف 2.1 – فیلر متالهای جوش

*- پاراگراف 2.1.1 – فیلر متالهایی که در ارتباط با این رویه استفاده می شوند بایستی با دستورالعمل روش جوشکاری و استاندارد ASME Sec. II-Part C که پیوست شده است مطابقت داشته باشند. ممکن است از مشخصات فنی استاندارد AWS استفاده شود بشرطی که با مشخصات فنی استاندارد ASME کاملاً یکسان باشند.

جدول-۱۲۵ : جدول خلاصه لیست WPS های ارائه شده از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 24 of 64

WPS SUMMARY LIST

No.	WPS No.	CLASS/ SIZE	WELD TYPE	JOINT THICKNESS (mm)	WELDING PROCESS	BASE MATERIALS	REMARK
1	P1-1B	DBA##, DBB##, DBS##, EBA##, EBB##, GBB##	BW	6<=THK < 19.05	GTAW + SMAW	A106 Gr.B A105 A234 Gr.WPB A53 Gr.B	
2	P1-1B#	DBA##, DBB##, DBS##, EBA##, EBB##, GBB##	BW	THK >= 19.05	GTAW + SMAW	A106 Gr.B A105 A234 Gr.WPB A53 Gr.B	PWHT
3	P1-1B-1	DBE##, EBE##	BW	6<=THK < 19.05	GTAW + SMAW	A333 Gr.1, A333 Gr.6, A420 Gr.WPL6, A350 Gr.LF2	
4	P1-1B#-1	DBE##, EBE##	BW	THK >= 19.05	GTAW + SMAW	A333 Gr.1, A333 Gr.6, A420 Gr.WPL6, A350 Gr.LF2	PWHT
5	P1-1F	All Carbon Steel Piping Classes	FW	THK < 16	SMAW	All Carbon Steels	
6	P1-1F#	All Carbon Steel Piping Classes	FW	THK >= 16	SMAW	All Carbon Steels	PWHT

جدول-۱۲۶ : جدول خلاصه لیست WPS های ارائه شده از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 25 of 64

No.	WPS No.	CLASS/ SIZE	WELD TYPE	JOINT THICKNESS (mm)	WELDING PROCESS	BASE MATERIALS	REMARK
7	P1-1F-1	All Low Temp. Carbon Steel Piping Classes	FW	THK < 16	SMAW	All Low Temp. Carbon Steels	
8	P1-1F#-1	All Low Temp. Carbon Steel Piping Classes	FW	THK >= 16	SMAW	All Low Temp. Carbon Steels	PWHT
9	P8-1B	DKR##	BW	THK >= 6	GTAW + SMAW	A312 Gr.TP304L, A403 Gr.WP304L, A182 Gr.F304L, A182 Gr.F304	
10	P8-2B	DKM##, EKM##, GKM##, KKM##, OKM##	BW	THK < 6	GTAW + GTAW	A312 Gr.TP316L, A403 Gr.WP316L, A182 Gr.WP316L, A182 Gr.F316, A351 Gr.CF8M	
11	P8-3B	GSF##	BW	THK >= 6	GTAW + SMAW	A312 Gr.TP347H, A403 Gr.WP347H, A182 Gr.F347H, A240 Gr.347H	

جدول-۱۲۷ : جدول خلاصه لیست WPS های ارائه شده از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 27 of 64

No.	WPS No.	CLASS/ SIZE	WELD TYPE	JOINT THICKNESS (mm)	WELDING PROCESS	BASE MATERIALS	REMARK
18	P4-1B#	GBD## EBD##	BW	THK >=12.7	GTAW + SMAW	A335 Gr.P11 A234 Gr.WP11 CL.2 A182 Gr.F11 CL.2	PWHT
19	P4-1F	All Alloy Steel Piping Classes	FW	THK <= 13	SMAW	All Alloy Steels	
20	P4-1F#	All Alloy Steel Piping Classes	FW	THK >= 13	SMAW	All Alloy Steels	PWHT
21	P45-1B	DSM##	BW	THK >= 6	GTAW + SMAW	B673 UNS N08904, B366 Gr.WP904L, B649 UNS N08904	
22	P45-1F	DSM##	FW	THK ALL	SMAW	B673 UNS N08904, B366 Gr.WP904L, B649 UNS N08904	
23	P41-1B	DSN## ESN##	BW	THK >= 6	GTAW + SMAW	B161 Gr.201, A182 Gr.F316L	
24	P41-1F	DSN## ESN##	FW	THK ALL	SMAW	B161 Gr.201, A182 Gr.F316L	
25	SS-CS	ALL	ALL	THK >= 6	GTAW + SMAW	All Stainless Steels TO All Carbon Steels	

در این روش WPS های مربوطه توسط کارفرما یا مشاور کارفرما طرح ارائه می شوند که این امر می تواند در تسریع کار نقش بسیار مهمی داشته باشد. نمونه ای از معرفی فیلر متال در WPS های ارائه شده از طرف مشاور طراح کارفرما:

جدول-۱۲۸ : نمونه ای از WPS های ارائه شده برای متریالهای P-No. 1 از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvan d	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 30 of 64

Welding Procedure Specification (W P S)

WPS No: P1-1B
Supporting PQR No.:
Welding Process (es): GTAW + SMAW
Impact Requirement: No.
Type (s): Manual
Class Designation : DBA##, DBB##, DBS##, EBA##, EBB##, GBB##
Rev. No.:
Date:

Joint Design (QW-402)
(Refer to item 3.2.1)

Base Materials (QW-403)
P-No. 1 Group No. 1 to P-No. 1 Group No. 1&2 to
See WPS No. List
See WPS No. List
Thickness Range
Base Material(mm): 6 <= THK < 19.05
Deposited Weld Metal (mm): 6 < = THK < 19.05
Pipe Dia Range (inch): —

Position (QW-405)
Position (s) of Groove: All
Welding Progression: Up

Preheat (QW-406)
Preheat Temp. Min. (°C): 10 °C
Inter Pass Temp. Max. (°C): 260 °C
Preheat Maintenance: No

Filler Metals (QW-404)
F-No. 6+4 AWS No. ER70S-6+E7018-1
A-No. 1+1 Size of filler metals (mm)
Spec. No. (SFA) 5.18+5.5 2+2.5/3.2
Brand

Post weld Heat Treatment (QW-407)
Temperature Range: None
Time Range: None

Gas (QW-408)
Shield Gas: Argon 99.99%
Flow Rate (l / min): 6-15
Gas Backing (l / min): None

Electrical Characteristics (QW-409)
Current AC or DC: DCSP + AC/DCRP
Polarity
Amp.s (Range) (GTAW): 90-110
(SMAW): 80-150
Volts (Range) (GTAW): 10-14
(SMAW): 21-26
Heat Input Max.
Tungsten Electrode : Size: 1.6-2.0 mm
Type

Technique (QW-410)
String or Weaving Bead: String & Weaving
Max. 3 Time electrode Dia
Gas Cup Size (mm π): 9-16 mm
Initial and Interpass Cleaning
Grinding / Brushing / Chipping
Multiple or Single Pass (Per side): Multi pass

Weld (Layers)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Others
		Class	Dia.	Type Polar	Amp's Ranges			
1 2 & Over	GTAW SMAW	ER70S-6 E7018-1	2 2.5/3.2	DCSP AC/DCRP	90-110 80-150	10-14 21-26	5-10 CM/M 4-15CM/M	

جدول-۱۲۹ : نمونه ای از WPS های ارائه شده برای متریالهای P-No. 8 از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 40 of 64

Welding Procedure Specification (W P S)

WPS No P8-3B
Supporting PQR No.
Welding Process (es) GTAW+SMAW
Impact Requirement NO
Type (s) Manual

Class Designation: GSF##
Rev. No.
Date

Joint Design (QW-402)
(Refer to item 3.2.1)

Base Materials (QW-403)
P-No. 8 Group No. 1 to P-No. 8 Group No. 1 to
See WPS No. List
See WPS No. List
Thickness Range
Base Material(mm) >= 6 mm
Deposited Weld Metal (mm) >= 6 mm
Pipe Dia Range (inch) -

Position (QW-405)
Position (s) of Groove All
Welding Progression Up

Preheat (QW-406)
Preheat Temp. Min. (°C) 10 °C
Inter Pass Temp. Max. (°C) 150 °C
Preheat Maintenance No

Filler Metals (QW-404)
F-No. 6+5 AWS No. ER347+E347-17
A-No. 8+8 Size of filler metals (mm)
Spec. No. (SFA) 5.9+5.4 2+2.5/3.2
Brand

Post weld Heat Treatment (QW-407)
Temperature Range None
Time Range None

Gas (QW-408)
Shield Gas Argon 99.99%
Flow Rate (ℓ / min) 6-15
Gas Backing (ℓ / min) 6-15

Electrical Characteristics (QW-409)
Current AC or DC DCSP/ AC/DCRP
Polarity
Amp.s (Range) (GTAW) 80-150
(SMAW) 65-120
Volts (Range) (GTAW) 10-14
(SMAW) 20-26
Heat Input Max.
Tungsten Electrode : Size 1.6-2.0 mm
Type

Technique (QW-410)
String or Weaving Bead String & Weaving
Max. 3 Time electrode Dia
Gas Cup Size (mm π) 9-16 mm
Initial and Interpass Cleaning
Grinding / Brushing / Chipping
Multiple or Single Pass (Per side) Multi pass

Weld (Layers)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Others
		Class	Dia.	Type Polar	Amp.s Ranges			
1	GTAW	ER347	2	DCSP	80-150	10-14	4-10CM/M	
2 & Over	SMAW	E347-17	2.5/3.2	AC/DCRP	65-120	20-26	4-20CM/M	

جدول-۱۳۰ : نمونه ای از WPS های ارائه شده برای متریالهای P-No. 4 از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 46 of 64

Welding Procedure Specification (W P S)

WPS No P4-1B
Supporting PQR No.
Welding Process (es) GTAW + SMAW
Impact Requirement YES
Type (s) Manual

Class Designation: GBD##,EBD##
Rev. No.
Date

Joint Design (QW-402)
(Refer to item 3.2.1)

Base Materials (QW-403)
P-No. 4 Group No. 2 to P-No. 4 Group No. 2 to
See WPS No. List
See WPS No. List
Thickness Range
Base Material(mm) 6<=THK< 12.70
Deposited Weld Metal (mm) 6<=THK< 12.70
Pipe Dia Range (inch) -

Position (QW-405)
Position (s) of Groove All
Welding Progression Up

Preheat (QW-406)
Preheat Temp. Min. (°C) 150 °C
Inter Pass Temp. Max. (°C) 300 °C
Preheat Maintenance Yes

Filler Metals (QW-404)
F-No. 6+4 AWS No. ER80S-G-E8018-B2
A-No. 3+3 Size of filler metals (mm)
Spec. No. (SFA) 5.28+5.5 2+2.5/3.2
Brand

Post weld Heat Treatment (QW-407)
Temperature Range None
Time Range None

Gas (QW-408)
Shield Gas Argon 99.99%
Flow Rate (ℓ / min) 6 - 15
Gas Backing (ℓ / min) 6 - 15

Electrical Characteristics (QW-409)
Current AC or DC DCSP+AC/DCRP
Polarity
Amp.s (Range) (GTAW) 90-110
(SMAW) 80-130
Volts (Range) (GTAW) 10-14
(SMAW) 21-25
Heat Input Max.
Tungsten Electrode : Size 1.6 – 2.0mm
Type

Technique (QW-410)
String or Weaving Bead String & Weaving
Max. 3 Time electrode Dia
Gas Cup Size (mm π) 9 –16 mm
Initial and Interpass Cleaning
Grinding / Brushing / Chipping
Multiple or Single Pass (Per side) Multi pass

Weld (Layers)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Others
		Class	Dia.	Type Polar	Amp.s Ranges			
1	GTAW	ER80S-G	2	DCSP	90-110	10-14	4-8 CM/M	
2 & Over	SMAW	E8018-B2	2.5/3.2	AC/DCRP	80-130	21-25	4-14CM/M	

جدول-۱۳۱ : نمونه ای از WPS های ارائه شده برای متریالهای P-No. 45 از طرف مشاور کارفرما

Uhde / SAZEH	PVC Arvand Construction Specification For Welding Procedure For Piping	National Petrochemical Company Arvand Petrochemical Company
Uhde Project No : 03-3039	Sazeh Project No : 8047	Owner Project No : 8408205
Job Code : PVC Arvand	Job Code : PVC Arvand	Owner Job Code : PVC Arvand
		Page 50 of 64

Welding Procedure Specification (W P S)

WPS No: P45-1B
Supporting PQR No.:
Welding Process (es): GTAW + SMAW
Impact Requirement: No
Type (s): Manual
Class Designation: DSM##
Rev. No.:
Date:

Joint Design (QW-402)
(Refer to item 3.2.1)

Base Materials (QW-403)
P-No. 45 Group No. 1 to P-No. 45 Group No. 1 to
See WPS No. List
See WPS No. List
Thickness Range
Base Material(mm): >= 6 mm
Deposited Weld Metal (mm): >= 6 mm
Pipe Dia Range (inch): -

Position (QW-405)
Position (s) of Groove: All
Welding Progression: Up

Preheat (QW-406)
Preheat Temp. Min. (°C): 150 °C
Inter Pass Temp. Max. (°C): 300 °C
Preheat Maintenance: YES

Filler Metals (QW-404)
F-No. 6+4 AWS No. ER385-E385-15
A-No. 9+9 Size of filler metals (mm)
Spec. No. (SFA) 5.9+5.4 2+2.5/3.2
Brand

Post weld Heat Treatment (QW-407)
Temperature Range: None
Time Range: None

Gas (QW-408)
Shield Gas: Argon 99.99%
Flow Rate (ℓ / min): 6 - 15
Gas Backing (ℓ / min): 6 - 15

Electrical Characteristics (QW-409)
Current AC or DC: DCSP+AC/DCRP
Polarity
Amp.s (Range) (GTAW): 90-110
(SMAW): 80-130
Volts (Range) (GTAW): 10-14
(SMAW): 21-25
Heat Input Max.
Tungsten Electrode : Size / Type: 1.6 – 2.0mm

Technique (QW-410)
String or Weaving Bead: String & Weaving
Max. 3 Time electrode Dia
Gas Cup Size (mm π): 9 –16 mm
Initial and Interpass Cleaning
Grinding / Brushing / Chipping
Multiple or Single Pass (Per side): Multi pass

Weld (Layers)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Others
		Class	Dia.	Type Polar	Amp.s Ranges			
1	GTAW	ER385	2	DCSP	90-110	10-14	4-8 CM/M	
2 & Over	SMAW	E385-15	2.5/3.2	AC/DCRP	80-130	21-25	4-14CM/M	

انتخاب الکترود به این روش مزایا و معایبی دارد:

مزیت این روش: انتخاب الکترود و WPS های مربوطه از قبل تهیه و آماده شده اند و پیمانکار در اولین فرصت می تواند بر اساس آن، PQR خود را تهیه نماید.

معایب این روش: در صنایع پتروشیمی و پالایشگاههای نفت و گاز تعداد متریالهای مورد استفاده نامحدود می باشند بنابراین بر اساس این Project Spec. ها نمی توان برای همه‌ی متریالها، الکترود و فیلر متال مربوطه را مشخص نمود.

۲-۳- روش دوم بر اساس استاندارد

در زمینه‌ی انتخاب الکترود و فیلر متال می توان به استانداردهای مختلف مراجعه کرد که در اینجا به بخشی از این استانداردها اشاره می شود:

■- استاندارد ASME Section II-A

این استاندارد در مورد متریالهای آهنی Ferrous است. در این استاندارد خواص مکانیکی و همچنین آنالیز شیمیایی متریال مورد بررسی قرار می گیرد و برای بعضی از این متریالها الکترود معرفی شده است در اینجا به بعضی از این مشخصات اشاره می شود. متریال SA-182 مربوط است به:

SPECIFICATION FOR FORGED OR ROLLED ALLOY AND STAINLESS STEEL PIPE FLANGES, FORGED FITTINGS, AND VALVES AND PARTS FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE

SA-182/SA-182M

در این بخش از استاندارد برای تمام گریدهای این متریال مطابق با جدول زیر الکترود مناسب معرفی شده است:

جدول-۱۳۲ : نمونه ای از معرفی الکترود برای تعمیرات گریدهای متریال SA-182 در ASME Sec. II-A

TABLE 4 Repair Welding Requirements

Grade Symbol	Electrodes[A]	Recommended Preheat and Interpass Temperature Range, °F [°C]	Post Weld Heat-Treatment Temperature, Minimum or Range, °F [°C]
	Low Alloy Steels		
F 1	E 7018-A 1	200–400 [95–205]	1150 [620]
F 2	E 8018-B 1	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 5	E80XX-B6, where XX can be 15, 16, or 18	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 5a	E80XX-B6, where XX can be 15, 16, or 18	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 9	E80XX-B8, where XX can be 15, 16, or 18	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 10[B]	...	...	...
F 91 Types 1 and 2	...[C]	400–700 [205–370]	1350–1470 [730–800]
F 92	...[D]	400–700 [205–370]	1350–1470 [730–800]
F 93	...[D]	400–700 [205–370]	1350–1455 [730–790]
F 122	...[D]	400–700 [205–370]	1350–1470 [730–800]
F 911	...[D]	400–700 [205–370]	1365–1435 [740–780]
F 11, Class 1, 2, and 3	E 8018-B 2	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 12, Class 1 and 2	E 8018-B 2	300–600 [150–315]	1150 [620]
F 21	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 3V, and F 3VCb	3 % Cr, 1 % Mo, ¼ % V-Ti	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22 Class 1	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22 Class 3	E 9018-B 3	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 22V	2.25 % Cr, 1 % Mo, 0.25 % V-Cb	300–600 [150–315]	1250 [675]
F 23	2.25 % Cr, 1.6 % W, 0.25 % V-Mo-Cb-B	300-600 [150–315]	1350–1470 [730–800]
F 24	2.25 % Cr, 1 % Mo, 0.25 % V	200–400 [95–205][E]	1350–1470 [730–800][E]
F 36, Class 1	1.15 Ni, 0.65 Cu, Mo, Cb	400–700 [205–370]	1100–1200 [595–650]
F 36, Class 2	1.15 Ni, 0.65 Cu, Mo, Cb	400–700 [205–370]	1000–1150 [540–620]

جدول-۱۳۳ : نمونه ای از معرفی الکترود برای تعمیرات گریدهای متریال SA-182 در ASME Sec. II-A

	Martensitic Stainless Steels		
F 6a, Class 1	E 410-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 6a, Class 2	E 410-15 or 16	400–700 [205–370]	1250 [675]
F 6b	13 % Cr, 1½ % Ni, ½ % Mo	400–700 [205–370]	1150 [620]
F 6NM	13 % Cr, 4 % Ni	300–700 [150–370]	1050 [565]
	Ferritic Stainless Steels		
F XM-27Cb	26 % Cr, 1 % Mo	NR[F]	NR
F 429	E 430-16	400–700 [205–370]	1400 [760]
F 430	E 430-16	NR	1400 [760]
FR	E 8018-C2	NR	NR
	Austenitic Stainless Steels		
F 304	E 308-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ[G]
F 304L	E 308L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 304H	E 308-15 or 16[H] or E308H-XX	NR	1900 [1040] + WQ
F 304N	E 308-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 304LN	E 308L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 309H	E 309-15 or 16[H] or E309H-XX	NR	1900 [1040] + WQ
F 310	E 310-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 310H	E 310-15 or 16[H]	NR	1900 [1040] + WQ
F 310MoLN	E 310Mo-15 or 16	NR	1920–2010 [1050–1100] + WQ
F 316	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316L	E 316L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316H	E 316-15 or 16[H] or E316H-XX	NR	1900 [1040] + WQ
F 316N	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316LN	E 316L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 316Ti	E 316-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 317	E 317-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 317L	E 317L-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 72	. . .	NR	. . .
F 73	. . .	NR	. . .
F 321[B]	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 321H[B]	E 347-15 or 16[H]	NR	1925 [1050] + WQ
F 347	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 347H	E 347-15 or 16[H]	NR	1925 [1050] + WQ
F 347LN[I]	E 347-15 or 16	NR	. . .
E 348	E 347-15 or 16	NR	1900 [1040] + WQ
F 348H	E 347-15 or 16[H]	NR	1925 [1050] + WQ
F XM-11	XM-10W	NR	NR
F XM-19	XM-19W	NR	NR
F 20	E/ER-320, 320LR	NR	1700–1850 [925–1010] + WQ
F 44	E NiCrMo-3	NR	2100 [1150] + WQ
F 45[B]	. . .	. . .	. . .
F 46	. . .	. . .	. . .
F 47	. . .[J]	. . .	2100 [1150] + WQ
F 48	. . .[J]	. . .	2100 [1150] + WQ
F 49	. . .[J]	. . .	2100 [1150] + WQ
F 58	E NiCrMo-10	. . .	2100 [1150] + WQ
F 62	E NiCrMo-3	NR	2025 [1105] + WQ
F 70	ERNiCr-3, or ERNiCrMo-3, or ERNiCrMo-4	NR	1900 [1040] + WQ
F 904L	E NiCrMo-3	NR	1920–2100 [1050–1150] + WQ
	Ferritic-Austenitic Stainless Steels		
F 50	25 % Cr, 6 % Ni, 1.7 % Mo	NR	NR
F 51	22 % Cr, 5.5 % Ni, 3 % Mo	NR	NR
F 52	26 % Cr, 8 % Ni, 2 % Mo	NR	NR
F 53	25 % Cr, 7 % Ni, 4 % Mo	NR	NR
F 54	25 % Cr, 7 % Ni, 3 % Mo, W	NR	NR
F 55	25 % Cr, 7 % Ni, 3.5 % Mo	NR	NR
F 57	25 % Cr, 7 % Ni, 3 % Mo, 1.5 % Cu, 1 % W	NR	NR
F 59	E Ni CrMo-10	NR	NR
F 60	22 % Cr, 5.5 % Ni, 3 % Mo	NR	NR
F 61	26 % Cr, 9 % Ni, 3.5 % Mo	NR	NR
F 65	29 % Cr, 6.5 % Ni, 2 % Mo	NR	NR
F 66	22 % Cr, 2 % Ni, 0.25 % Mo	NR	NR
F 67	. . .	NR	NR
F 68	. . .	NR	NR
F 69	. . .	NR	NR
F 71	27.5 Cr, 7.6 Ni, 1 Mo, 2.3 W	NR	NR

[A] Except for Grades F 91 Types 1 and 2, F 92, F 93, F 911, F 122, F 47, F 48, and F 49, electrodes shall comply with AWS Specifications A5.4/A5.4M, A5.5/A5.5M, A5.9/A5.9M, A5.11/A5.11M, A5.14/A5.14M, A5.23/A5.23M, or A5.28/A5.28M.
[B] Purchaser approval required.
[C] All repairs in F 91 Types 1 and 2 shall be made with one of the following welding processes and consumables: SMAW, A5.5/A5.5M E90XX-B9; SAW, A5.23/A5.23M EB9 + flux; GTAW, A5.28/A5.28M ER90S-B9; and FCAW, A5.29/A5.29M E91T1-B9. In addition, the sum of the Ni+Mn content of all welding consumables shall not exceed 1.0 %.
[D] All repairs in F 92, F 93, F 911, and F 122, shall be made using welding consumables meeting the chemical requirements for the grade in Table 2.
[E] Preheat and PWHT are not required for this grade for forgings whose section thickness does not exceed 0.500 in. [12.7 mm].
[F] NR = not required.
[G] WQ = water quench.
[H] Filler metal shall additionally have 0.04 % minimum carbon.
[I] Matching filler metal is available.
[J] Match filler metal is available. Fabricators have also used AWS A5.14/A5.14M, Classification ERNiCrMo-3 and AWS A5.11/A5.11M, Class E, ENiCrMo-3 filler metals.

متریال SA-350 مربوط است به:

SPECIFICATION FOR CARBON AND LOW-ALLOY STEEL FORGINGS, REQUIRING NOTCH TOUGHNESS TESTING FOR PIPING COMPONENTS

SA-350/SA-350M

متریال SA-350 معمولاً مربوط به فلنج های فُرجینگ می باشند که در گریدهای مختلف تهیه شده اند.
Grade LF1, Grade LF2, Grade LF3, Grade LF5, Grade LF6, Grade LF9, Grade LF787
برای جوشکاری متریال SA-350 با گریدهای مختلف مطابق با پاراگراف 11.3.3 از الکترودهای پیشنهادی این استاندارد استفاده می شود.

SA-350/SA-350M

11.3.3 For Grade LF1 forgings, and LF2 forgings that are to be only stress-relieved after repair welding, the weld metal shall be deposited using carbon steel electrodes E 7015, E 7016, or E 7018, complying with AWS A 5.1. For Grade LF2 forgings in all other conditions of post-weld heat treatment, the weld metal shall be deposited using low-alloy steel electrodes E 7015-A1; E 7016-A1, or E 7018-A1 complying with AWS 5.5; for Grade LF3 forgings the weld metal shall be deposited using low-alloy steel electrodes E 8016-C2 or E 8018-C2 complying with AWS A 5.5; for Grades LF5, LF9, and LF787 forgings, the weld metal shall be deposited using low-alloy steel electrodes E 8016-C1 or E 8018-C1 complying with AWS A 5.5. For Grade LF6, the electrodes shall be low-hydrogen, E-XX15, E-XX16, or E-XX18 complying with AWS A 5.1 or A 5.5, as applicable.

شکل-۳۴۵ : معرفی الکترود برای متریال SA-350 بر اساس استاندارد ASME Section II-A-2019

*- برای گریدهای مختلف متریال SA-350 الکترودهای زیر توسط استاندارد ASME Section II-A-2019 معرفی شده است.

SA-350 Gr.-LF1 → SFA-5.1- E7015, E7016 & E7018
SA-350 Gr.-LF2 → SFA-5.5- E7015-A1, E7016-A1 & E7018-A1
SA-350 Gr.-LF3 → SFA-5.5- E8016-C2, E8018-C2
SA-350 Gr.-LF5 → SFA-5.5- E8016-C1, E8018-C1
SA-350 Gr.-LF9 → SFA-5.5- E8016-C1, E8018-C1
SA-350 Gr.- LF787 → SFA-5.5- E8016-C1, E8018-C1
SA-350 Gr.-LF6 → SFA-5.1 or SFA-5.5- E-XX15, EXX16 or E-XX18

متریال SA-358 مربوط است به:

SPECIFICATION FOR ELECTRIC-FUSION-WELDED AUSTENITIC CHROMIUM-NICKEL STAINLESS STEEL PIPE FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE AND GENERAL APPLICATIONS

SA-358/SA-358M

متریال SA-358 بصورت لوله های استنلس استیل جوشی (welded) تولید می شوند. برای ساخت این متریال از ورق جنس SA-240 استفاده می شود. بهمین علت الکترود و فیلر متالهایی که برای SA-358 معرفی شده اند در واقع برای متریال SA-240 نیز بکار می روند.

جدول-۱۳۴ : معرفی الکترود برای متریالهای SA-358 بر اساس استاندارد ASME Section II-A-2019

SA-358/SA-358M

TABLE 1 Plate and Filler Metal Specifications

Grade	UNS Designation	Material, Type	ASTM Plate Specification No. and Grade	Filler Metal Classification and UNS Designation[A] for Applicable[B] AWS Specification											
				A5.4/A5.4M		A5.9/A5.9M		A5.11/A5.11M		A5.14/A5.14M		A5.22/A5.22M		A5.30/A5.30M	
				Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS
...	N08020	...	A240 N08020	...	...	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
...	N08367	...	A240 N08367	...	...	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
...	N08700	...	A240 N08700	...	...	...	...	ENiCrFe-3	W86182	ERNiCr-3	N06082	...	...	...	...
800[E]	N08800	...	A240 N08800	...	...	...	...	ENiCrFe-3[F]	W86182[F]	ERNiCr-3[F]	N06082[F]	...	...	...	...
800H[E]	N08810	...	A240 N08810	...	...	...	...	ENiCrFe-3[F]	W86182[F]	ERNiCr-3[F]	N06082[F]	...	...	...	...
...	N08811	...	A240 N08811	...	...	...	...	ENiCrFe-3[F]	W86182[F]	ERNiCr-3[F]	N06082[F]	...	...	...	...
...	N08904	...	A240 N08904	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	N08926	...	A240 N08926	...	...	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
201	S20100	201	A240 Type 201	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
201LN	S20153	201LN	A240 Type 201LN	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S20400	...	A240 S20400	E 209	W32210	ER209	S20980	...	...	...	...	...	...	...	...
XM-19	S20910	XM-19	A240 Type XM-19	E209	W32210	ER209	S20980	...	...	...	...	...	...	...	...
XM-29	S24000	XM-29	A240 Type XM-29	E240	W32410	ER240	S24080	...	...	...	...	...	...	...	...
304	S30400	304	A240 Type 304	E308	W30810	ER308	S30880	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
304L	S30403	304L	A240 Type 304	E308L	W30813	ER308L	S30883	...	...	...	...	E308LT	W30835	IN308L	S30883
304H	S30409	304H	A240 Type 304H	E308H	W30810	ER308	S30880	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
...	S30415	...	A240 S30415	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
304N	S30451	304N	A240 Type 304N	E308	W30810	ER308	S30880	...	...	...	...	E308T	W30831	IN308	S30880
304LN	S30453	304LN	A240 Type 304LN	E308L	W30813	ER308L	S30883	...	...	...	...	E308LTT	W30835	IN308L	S30883
...	S30600[D]	...	A240 S30600[D]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S30815	...	A240 S30815	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
309S	S30908	309S	A240 Type 309S	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
309Cb	S30940	309Nb	A240 Type 309Cb	E309Cb	W30917	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
310S	S31008	310S	A240 Type 310S	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
310Cb	S31040	310Cb	A240 Type 310Cb	E310NB	W31017	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
...	S31254	...	A240 S31254	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S31266	...	A240 S31266	...	...	...	...	ENiCrMo-13	W86059	ERNiCrMo-13	N06059	...	...	...	...

جدول-۱۳۵ : معرفی الکترود برای متریالهای SA-358 بر اساس استاندارد ASME Section II-A-2019

SA-358/SA-358M

TABLE 1 *Continued*

Grade	UNS Desig-nation	Material, Type	ASTM Plate Specification No. and Grade	Filler Metal Classification and UNS Designation[A] for Applicable[B] AWS Specification													
				A5.4/A5.4M		A5.9/A5.9M		A5.11/A5.11M		A5.14/A5.14M		A5.22/A5.22M		A5.30/A5.30M	
				Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS	Class.	UNS
...	S31266	...	A240 S31266	...	...	...	...	ENiCrMo-10	W86022	ERNiCrMo-10	N06022	...	...	...	...
316	S31600	316	A240 Type 316	E316	W31610	ER316	S31680 W31640	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316L	S31603	316L	A240 Type 316L	E316L	W31613	ER316L	S31683	...	...	...	...	E316LT	W31635	IN316L	S31683
316H	S31609	316H	A240 Type 316H	E316H	W31610	ER316H	S31680	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316N	S31651	316N	A240 Type 316N	E316	W31610	ER316	S31680	...	...	...	...	E316T	W31631	IN316	S31680
316LN	S31653	316LN	A240 Type 316LN	E316L	W31613	ER316L	S31683	...	...	...	...	E316LT	W31635	IN316L	S31683
317	S31700	317	A240 Type 317	E317	W31710	ER 317	S31780	...	...	...	...	E317LT	W31735	...	...
317L	S31703	317L	A240 Type 317L	E317L	W34713	ER317L	S31783	...	...	...	...	E317LT	W31735	...	...
...	S31725	...	A240 S31725	...	...	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
...	S31726	...	A240 S31726	...	...	...	...	ENiCrMo-3	W86112	ERNiCrMo-3	N06625	...	...	...	...
...	S31727	...	A240 S31727	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S32050	...	A240 S32050	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S32053	...	A240 S32053	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
321	S32100	321	A240 Type 321	E347	W34710	ER321 ER347	S32180 S34780	...	...	...	...	E347T	W34731	IN348	S34780
321H[C]	S32109[C]	321H[C]	A240 Type 321H[C]	...	W34710	ER347	S34780	...	...	...	...	E347T	W34731	IN348	S34780
...	S32654	...	A240 S32654	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	S34565	...	A240 S34565	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
347	S34700	347	A240 Type 347	E347	W34710	ER347	S34780	...	...	...	...	E347T	W34731	IN348	S34780
347H[C]	S34709[C]	347H[C]	A240 Type 347H[C]			ER347	S34780					E347T	W34731	IN348	S34780
347LN	S34751		A240 Type 347LN	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
348	S34800	348	A240 Type 348	E347	W34710	ER347	S34780	...	...	...	...	E347T	W34731	IN348	S34780

[A] New designation established in accordance with Practice E527 and SAE J1086.
[B] Choice of American Welding Society specification depends on the welding process used.
[C] Minimum carbon content of the filler metal shall be 0.040 mass %.
[D] In previous editions, S30600 was incorrectly shown as S01815.
[E] Common name, not a trademark, widely used, not associated with any one producer.
[F] These filler metals have a high nickel content and, therefore, lower creep strength than the parent metal at temperatures exceeding about 1470 °F [800 °C], and its resistance to sulphurous media is inferior in certain cases.

■- استاندارد ASME Section II-C

این استاندارد، درمورد مشخصات فنی الکترود و فیلر متالهای مختلف توضیح می دهد. در این استاندارد کلیه‌ی الکترودها و فیلر متالها در دسته بندی های مشخصی تقسیم شده اند. هر دسته بندی با یک کُد مشخص تحت یک شماره که با حروف پیشوند -SFA همراه است، مشخص شده است.

این مشخصات از SFA-5.1 شروع و به SFA-5.36 ختم می شوند.

در این استاندارد وقتی درمورد الکترود یا فیلر متالی بحث و بررسی می شود، در بعضی موارد متریالهایی که برای جوشکاری با آن الکترود و فیلر متال مناسب می باشند نیز معرفی شده است که در اینجا به چند مورد از آنها اشاره می شود:

توجه مهم : متریالهایی که معرفی می شوند ممکن است:

۱- مستقیماً به شماره Specification آن متریال اشاره شده است.

مثال: الکترود E70XX-A1 برای جوشکاری متریالهایی مناسب است که دارای C-Mo می باشند.

مانند: A-204, A-335 Gr.P1

A7.1.1 E70XX-A1 [E49XX-A1] (C-Mo Steel) Electrodes. These electrodes are similar to the E70XX [E49XX] carbon steel electrodes classified in AWS A5.1/A5.1M, except that 0.5% molybdenum has been added. This addition increases the strength of the weld metal, especially at elevated temperatures, and provides some increase in corrosion resistance; however, it may reduce the notch toughness of the weld metal. Typical applications include the welding of C-Mo steel base metals such as ASTM A204 plate and A335-P1 pipe.

شکل-۳۴۶ : معرفی الکترود مناسب برای متریال بر اساس Specification No. در Sec. II-Part-C-2019

۲- به Type آن متریال اصلی اشاره شده است. بطور مثال، متریالهای SA-240, SA-312 دارای Type های مختلفی می باشند، در اینجا فقط به Type این گونه متریالها اشاره می شود مانند : TP301, TP302, TP304, TP305

مثال: الکترود E308 برای جوشکاری متریالهایی مناسب است که دارای Type هایی مانند:

Types 301, 302, 304, 305 باشد.

A7.5 E308. The nominal composition (wt %) of this weld metal is 19.5 Cr, and 10 Ni. Electrodes of this composition are most often used to weld base metal of similar composition such as AISI Types 301, 302, 304, and 305.

شکل-۳۴۷ : معرفی الکترود مناسب برای متریال بر اساس Type در استاندارد Sec. II-Part-C-2019

۳- به شماره‌ی UNS-No. یک متریال اشاره شده. در اینگونه موارد ممکن است تعدادی متریال دارای یک UNS-No. مشترک باشند و وقتی الکترودی برای یک UNS-No. مشخص می شود در واقع برای همه‌ی متریالهایی که دارای آن UNS-No. می باشند نیز مناسب است. بطور مثال، UNS-N08800 به متریالهای مختلفی تعلق دارد.

جدول-۱۳۶ : متریالهای متعلق به UNS-N08800 در استاندارد ASME Sec. IX-2019

Table QW/QB-422
Ferrous and Nonferrous P-Numbers
Grouping of Base Metals for Qualification (Cont'd)

Spec. No.	Alloy, Type, or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding P-No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Typical Product Form
				Nonferrous				
B/SB-163	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Smls. tube
B/SB-366	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Fittings
B/SB-407	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Smls. pipe & tube
B/SB-408	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Rod & bar
B/SB-409	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Plate, sheet & strip
B/SB-514	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Welded pipe
B/SB-515	...	N08800	75 (515)	45	111	45	33Ni–42Fe–21Cr	Welded tube

الکترود E2595 برای متریالهایی که دارای UNS-No. زیر می باشند مناسب است.

UNS-S32550, UNS-S32750, UNS- S32760 (Wrought),
UNS-J93370, UNS-J93380, UNS-J93404, (Cast),
Standard Duplex Stainless Steel such as UNS S31803 and UNS S32205

A7.48 E2595. The nominal composition (wt %) of this weld metal is 25.5 Cr, 9 Ni, 3.8 Mo, 0.7 Cu, 0.7 W, and 0.25 N. The sum of the Cr + 3.3 (Mo + 0.5 W) + 16 N, known as the Pitting Resistance Equivalent Number (PRE_N), is at least 40, thereby allowing the weld metal to be called a "superduplex stainless steel." This number is a semi-quantitative indicator of resistance to pitting in aqueous chloride-containing environments. It is designed for the welding of superduplex stainless steels UNS S32550, S32750, and S32760 (wrought), and UNS J93370, J93380, J93404, CD4MCuN (cast), and similar compositions. It can also be used for the welding of carbon and low-alloy steels to duplex stainless steels as well as to weld "standard duplex stainless steel" such as UNS S31803 and UNS S32205.

شکل-۳۴۸ : معرفی الکترود مناسب برای متریال بر اساس UNS-No. در استاندارد ASME Sec. II-C-2019

■- استاندارد ASME Section IX

در Appendix E از استاندارد ASME Section IX برای متریالهای مختلف با P-No. های مشخص، فیلر و الکترود مناسب معرفی شده است. بطور مثال، برای P-No. 1 فیلر متال ER70S-2 و الکترود E7018 معرفی شده است.

ASME BPVC.IX

MANDATORY APPENDIX E
PERMITTED SWPSS

The following AWS Standard Welding Procedure Specifications may be used under the requirements given in Article V .

Specification	Designation
Carbon Steel	
Combination GTAW and SMAW	
Standard Welding Procedure Specification for Gas Tungsten Arc Welding Followed by Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1/S-1, Group 1 or 2), ⅛ through 1½ inch Thick, ER70S-2 and E7018, As-Welded or PWHT Condition	B2.1-1-021-94 (R05)

شکل-۳۴۹ : معرفی فیلر و الکترود بر اساس ASME Section IX-2019

■- استاندارد AWS

استاندارد AWS در بخشهای A, B, C, D, E, F تهیه شده اند. بخش B مورد نظر ماست. در این بخش استانداردهای مختلفی وجود دارند مانند استاندارد AWS B2.1 که مربوط به تهیه‌ی دستورالعمل جوشکاری (WPS) و ثبت کیفیت جوشکاری (PQR) و نیز تست جوشکار(WQT) است.

An American National Standard AWS B2.1/B2.1M
Specification for Welding Procedure and Performance Qualification

در این بخش از استاندارد AWS تعدادی WPS های استانداردی وجود دارد که این WPS ها بوسیله‌ی PQR های مناسب تأیید و پشتیبانی شده اند که لیست PQR ها در ابتدای هر WPS استاندارد، قید شده است. این WPS ها برای متریالهای مختلف تهیه شده اند. یکی از راههایی که می توان برای متریالهای مختلف الکترود معرفی نمود استفاده از WPS های استاندارد است. این WPS ها برای فرآیندهای مختلف از جمله GTAW & SMAW تهیه شده اند.

لازم به ذکر است که این WPS ها بر اساس شماره‌ی P-No. های متریال و همچنین محدوده‌ی ضخامت آنها تهیه شده اند. در اینگونه WPS ها از حرف P و حرف M استفاده شده است که در واقع P بیانگر P-No. و M بیانگر M-No. می باشد. دسته بندی متریال در استاندارد ASME بصورت P-No. و در استاندارد AWS بصورت M-No. است.

برای نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229 را بررسی کنیم:

جدول-۱۳۷ : لیست .SFA-No ها مطابق در استاندارد ASME Sec. II-C-2019

ASME SECTION-II-C- FILLER METAL SPECIFICATIONS	
ASME	**Title**
SFA-5.01M/SFA-5.01	Welding Consumables — Procurement of Filler Materials and Fluxes
SFA-5.02/SFA-5.02M	Specification for Filler Metal Standard Sizes, Packaging, and Physical Attributes
SFA-5.1/SFA-5.1M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.2/SFA-5.2M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding
SFA-5.3/SFA-5.3M	Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.4/SFA-5.4M	Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.5/SFA-5.5M	Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes
SFA-5.6/SFA-5.6M	Specification for Covered Copper and Copper Alloy Arc Welding Electrodes
SFA-5.7/SFA-5.7M	Specification for Copper and Copper Alloy Bare Welding Rods and Electrodes
SFA-5.8/SFA-5.8M	Specification for Filler Metals for Brazing and Braze Welding
SFA-5.9/SFA-5.9M	Specification for Bare Stainless Steel Welding Electrodes and Rods
SFA-5.10/SFA-5.10M	Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.11/SFA-5.11M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.12/SFA-5.12M	Specification for Tungsten and Tungsten Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting
SFA-5.13	Specification for Solid Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.14/SFA-5.14M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Bare Welding Electrodes and Rods
SFA-5.15	Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron
SFA-5.16/SFA-5.16M	Specification for Titanium and Titanium-Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.17/SFA-5.17M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.18/SFA-5.18M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.20/SFA-5.20M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.21	Specification for Composite Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.22/SFA-5.22M	Specification for Flux Cored Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Electrodes
SFA-5.23/SFA-5.23M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.24/SFA-5.24M	Specification for Zirconium and Zirconium Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.25/SFA-5.25M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding
SFA-5.26/SFA-5.26M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding
SFA-5.28/SFA-5.28M	Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.29/SFA-5.29M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.30/SFA-5.30M	Specification for Consumable Inserts
SFA-5.31	Specification for Fluxes for Brazing and Braze Welding
SFA-5.32/SFA-5.32M	Specification for Welding Shielding Gases
SFA-5.33/SFA-5.33M	Specification for NIckel-Alloy Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.36/SFA-5.36M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding

ASME BPVC.IX

MANDATORY APPENDIX E
PERMITTED SWPSS

The following AWS Standard Welding Procedure Specifications may be used under the requirements given in Article V .

Specification	Designation
Carbon Steel to Austenitic Stainless Steel (Cont'd)	
Combination GTAW and SMAW	
Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding Followed by Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel to Austenitic Stainless Steel (M-1/P-1/S-1 Groups 1 and 2 Welded to M-8/P-8/S-8, Group 1), $\frac{1}{8}$ through $1\frac{1}{2}$ inch Thick, ER309(L) and E309(L)-15, -16, or -17, As-Welded Condition, Primarily Pipe Applications	B2.1-1/8-229: 2002 (R13)

شکل-۳۵۰ : معرفی فیلر و الکترود بر اساس ASME Section IX-2019

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)

LIMITATIONS

This procedure is not qualified for Notch Toughness or PWHT applications.

WELDING PROCESSES

Welding Processes:	Gas Tungsten Arc Welding followed by Shielded Metal Arc Welding.
Method of Application:	Manual

BASE METALS

Base Metal:[2]	Carbon Steel, M-1, P-1, or S-1, Group 1 or 2, welded to Austenitic Stainless Steel, M-8, P-8, or S-8, Group 1
Thickness Range:	1/8 in. through 1-1/2 in. for groove welds, 1/8 in. minimum for fillet welds.
Pipe Diameter:	Groove Welds: 3/4 NPS minimum, Fillet Welds: 1/2 NPS minimum.

FILLER METALS

Filler Metal Specification:[2]	AWS A5.9 or ASME SFA 5.9 for Filler Rod, AWS A5.4 or ASME SFA 5.4 for Electrode. A Number 8, F Number 6 for GTAW, and F Number 5 for SMAW.
Classification:	ER309(L) and E309(L)-15, -16, or -17
Deposit Thickness Range:	1-1/2 in. maximum plus reinforcement for groove welds. 1/8 in. through 1-1/2 in. fillet weld size for fillet welds.
Consumable Inserts:	Not permitted
Penetration Enhancing Flux:	Not permitted

JOINT DESIGNS

Joint Designs:	See Figure 1.
Backing:	Not required for GTAW, required for SMAW.
Backing Material:	Carbon Steel, M-1, P-1, or S-1, Group 1 or 2, or Austenitic Stainless Steel, M-8, P-8, or S-8, Group 1, 2, or 3, or weld metal of similar chemical analysis. Nonmetallic or nonfusing metal retainers are not permitted.

POSITIONS

Permitted Positions:	All, except as noted
Vertical Progression:	Uphill

2. M, P, and S numbers for base metal and F and A numbers for filler metal and weld metal, respectively, are as detailed in AWS B2.1 and ASME *Boiler and Pressure Vessel Code*, Section IX.

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

شکل-۳۵۱ : نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)

PREHEAT AND INTERPASS TEMPERATURE

Preheat Temperature:	50°F Minimum.
Interpass Temperature:	50°F Minimum, 350°F Maximum
Preheat Maintenance:	Continuous or special heating not required.

GAS

Torch Shielding Gas:	Welding Grade Argon or AWS A5.32, Class SG-A
Flow Rate:	10 to 25 ft^3/h
Backing/Root Shielding Gas:	Welding Grade Argon or AWS A5.32, Class SG-A. Gas shall remain in place until the joint is completed or at least 3/16 in. weld metal has been deposited. When introducing root-shielding gas to initiate a purge; it is necessary to have at least a 6-volume change of atmosphere within the purge zone prior to welding. As an alternative, the oxygen content of the purge zone shall be equal to 2% or less, as measured with on oxygen analyzer, prior to welding. It is not necessary to shield the root of fillet welds or groove welds with backing or back gouging.
Flow Rate:	A typical flow range of 5 to 15 ft^3/h may be varied depending on component configuration.
Torch Gas Nozzle Size:	1/4 to 3/4 in. inside diameter.
Trailing Gas:	None

TUNGSTEN ELECTRODES

Type:	AWS A5.12 or ASME SFA 5.12, EWTh-2, EWCe-2, or EWLa-1.5
Size:	1/16 through 1/8-inch diameter sharpened to a point.

POSTWELD HEAT TREATMENT

Postweld Heat Treatment:	None (Not qualified for PWHT applications)

TECHNIQUE

Weave or Stringer Bead:	Either
Peening:	Not permitted
Initial Cleaning:	Chemical or mechanical; joint shall be dry prior to welding.
Interpass Cleaning:	Mechanical only
BackGouging:	Not required, mechanical or thermal when used.
Single or Multiple Passes:	Multiple
Maximum Bead Thickness:	1/4 in.
Repair:	Defects in welds shall be removed by mechanical or thermal methods. The repair cavity may differ in contour and dimension from a normal joint preparation and may present different restraint conditions. Repair of base metal defects shall be in accordance with the requirements of the fabrication document(s).

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

شکل-۳۵۲ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

GROOVE WELDS

	Filler Metal		Current	
Layer	Classification[1]	Dia. (in.)	Amperes[2]	Polarity
Root[3]	ER309(L)	1/16	50–100	DCEN (Straight)
Root[3]	ER309(L)	3/32	70–120	DCEN (Straight)
Root[3]	ER309(L)	1/8	90–140	DCEN (Straight)
Balance	E309(L)-XX[4]	3/32	40–80	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	1/8	65–110	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	5/32	100–150	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	3/16[6]	120–190	DCEP (Reverse)

FILLET WELDS and GROOVE WELDS on BACKING RINGS[6]

	Filler Metal		Current	
Layer	Classification[1]	Dia. (in.)	Amperes[2]	Polarity
Root[3]	ER309(L)	1/16	50–100	DCEN (Straight)
Root[3]	ER309(L)	3/32	70–120	DCEN (Straight)
Root[3]	ER309(L)	1/8	90–140	DCEN (Straight)
Balance	E309(L)-XX[4]	3/32	40–80	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	1/8	65–110	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	5/32	100–150	DCEP (Reverse)
Balance	E309(L)-XX	3/16[6]	120–190	DCEP (Reverse)

1. The care and storage of electrodes shall be as recommended by the electrode manufacturer.
2. Values not to exceed capacity of tungsten electrodes.
3. An additional layer is optional.
4. XX Coating Type 15, -16, and -17 are acceptable.
5. Backing rings may be used when permitted by the fabrication document(s).
6. Flat and horizontal positions only.

Pulsing Current: Not permitted

COMPANY NAME _____

In the name of the Company stated above, I accept full responsibility for the application of this SWPS for use with:

_____ Dated _____

Fabrication Document(s): (Such as Code, Specification, or Contract Document)

Date _____ Approved by _____ Title _____

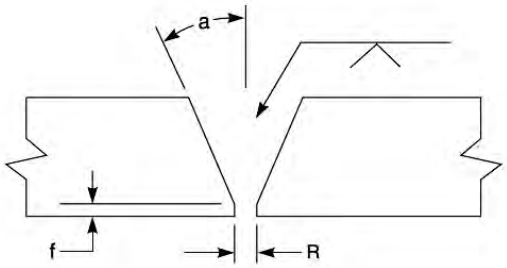
Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

شکل-۳۵۳ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)

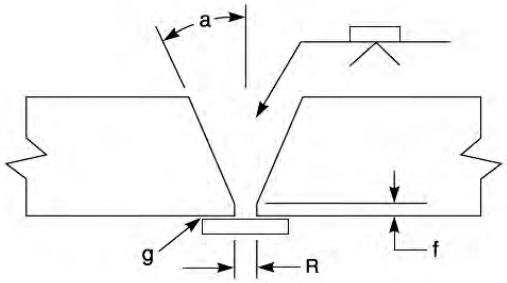
FILLET WELDS: All Joints.

GROOVE WELDS: For pipe and tubular products, see Joints 1 through 7. In addition, joints having groove designs resulting from end preparations conforming with ASME B16.25, *Butt Welding Ends*, and prequalified joint details for complete joint penetration groove welded joints permitted by AWS D1.6, *Structural Welding Code—Stainless Steel*, are also allowable for application with this SWPS.



a = 30°, +10°, −0°
f = 1/16 in. ± 1/32 in.
R = 1/8 in. ± 1/16 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

JOINT 1



a = 30°, +10°, −0°
f = 1/16 in. ± 1/32 in.
g = 1/16 in. MAX.
R = 3/16 in. ± 1/16 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

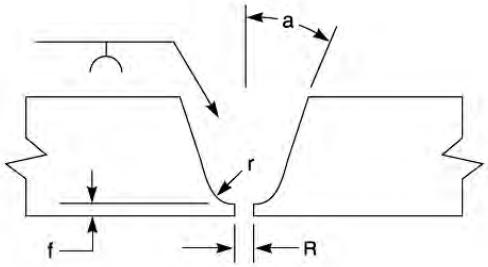
JOINT 2

Figure 1—Allowable Joint Designs

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

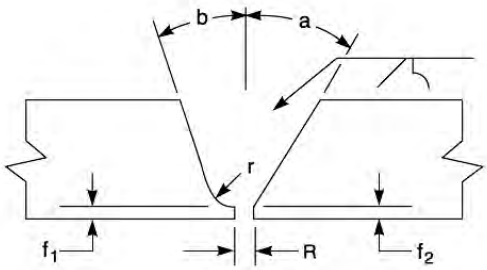
شکل-۳۵۴ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)



a = 22-1/2° ± 2-1/2°
f = 1/16 in. ± 1/32 in.
r = 1/8 in. TO 3/16 in. RADIUS
R = 1/16 in., +1/16 in., −1/32 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

JOINT 3



a = 30°, +10°, −0°
b = 22-1/2° ± 2-1/2°
f_1 = 1/16 in. ± 1/32 in.
f_2 = 1/16 in. ± 1/32 in.
r = 1/8 in. TO 3/16 in. RADIUS
R = 3/32 in. ± 1/32 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

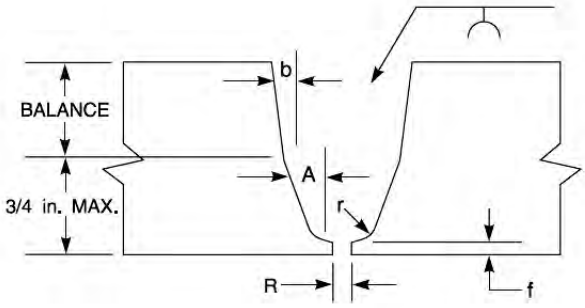
JOINT 4

Figure 1 (Continued)—Allowable Joint Designs

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

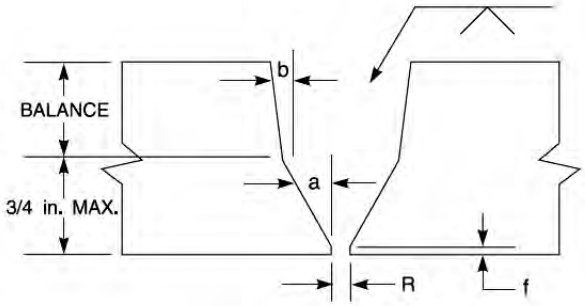
شکل-۳۵۵ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)



a = 22-1/2° ± 2-1/2°
b = 10° +5°, –0°
f = 1/16 in. ± 1/32 in.
r = 1/8 in. TO 3/16 in. RADIUS
R = 1/16 in. ± 1/16 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

JOINT 5



a = 37-1/2° ± 2-1/2°
b = 10° +5°, –0°
f = 1/16 in. TO 1/32 in.
R = 1/8 in. ± 1/16 in.
I.D. MISMATCH = 1/16 in. MAX.

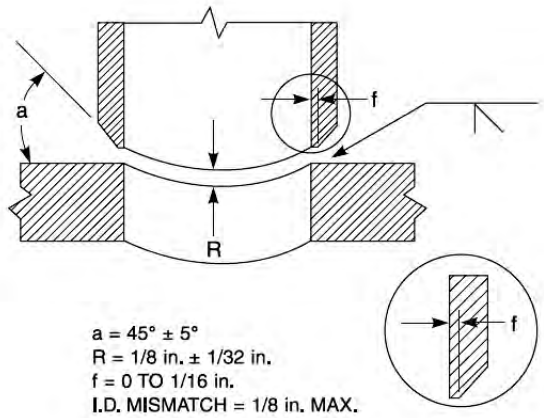
JOINT 6

Figure 1 (Continued)—Allowable Joint Designs

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

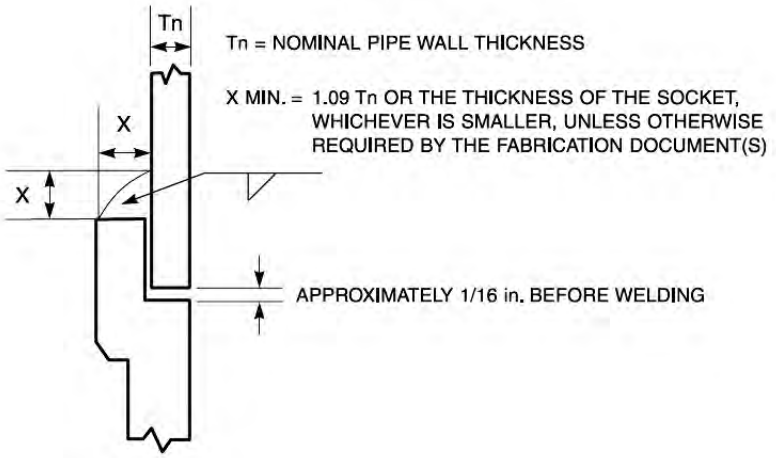
شکل-۳۵۶ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)



TYPICAL BRANCH CONNECTION

JOINT 7



RECOMMENDED WELDING DIMENSIONS FOR SOCKET WELDING COMPONENTS OTHER THAN FLANGES

JOINT 8

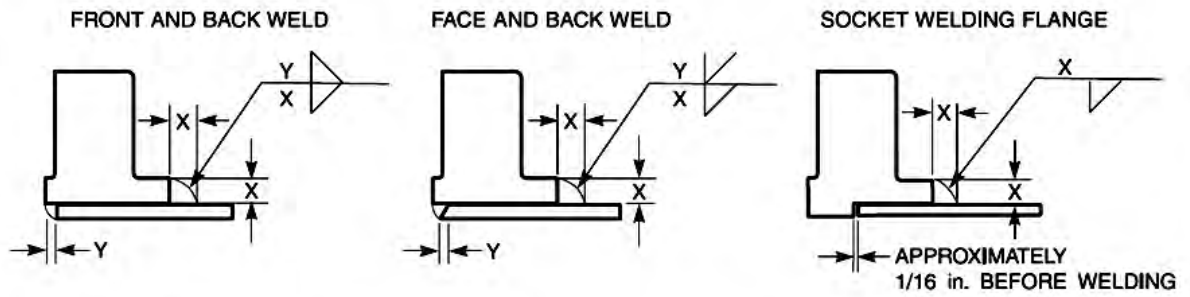
Figure 1 (Continued)—Allowable Joint Designs

Permission to reproduce for intra-company use only is granted by the American Welding Society

شکل-۳۵۷ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

AWS B2.1-1/8-229:2002
Page 10 of 16

Standard Welding Procedure Specification (SWPS)



X MIN. = 1/4 Tn OR THE THICKNESS OF THE HUB, WHICHEVER IS SMALLER, UNLESS OTHERWISE REQUIRED BY THE FABRICATION DOCUMENT(S)
Y MIN. = Tn OR 1/4 in., WHICHEVER IS SMALLER, UNLESS OTHERWISE REQUIRED BY THE FABRICATION DOCUMENT(S)
Tn = NOMINAL PIPE WALL THICKNESS

RECOMMENDED WELDING DIMENSIONS FOR FLANGES

JOINT 9

Figure 1 (Continued)—Allowable Joint Designs

شکل-۳۵۸ : ادامه نمونه WPS استاندارد AWS به شماره B2.1-1/8-229

بر اساس QW-500 از استاندارد ASME Section IX استفاده از WPS های استاندارد AWS مجاز می باشد اما با این استثناء که جایی که به تست ضربه (Impact) نیاز می باشد، نمی توان از WPS های استاندارد AWS استفاده نمود.

ARTICLE V
STANDARD WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (SWPSS)

QW-500 GENERAL

The SWPSs listed in Mandatory Appendix E are acceptable for construction in which the requirements of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX are specified. Any requirements of the applicable Construction Code Section regarding SWPS take precedence over the requirements of Section IX. These SWPSs are not permitted for construction where toughness testing of the WPS is required by the Construction Code.

شکل-۳۵۹ : پاراگراف QW-500 که استفاده از WPS های استاندارد AWS را مجاز می داند.

بر اساس پاراگراف 9.2.1.1 از استاندارد API 650-2020 که مربوط به ساخت مخازن ذخیره ای می باشد، استفاده از WPS های استاندارد AWS برای ساخت پله، پاگرد، ایستگاه، حفاظ دور پله و روی سقف مخزن مجاز می باشد.

SECTION 9—WELDING PROCEDURE AND WELDER QUALIFICATIONS

9.2 Qualification of Welding Procedures

9.2.1 General Requirements

- **9.2.1.1** Welding procedures for ladder and platform assemblies, handrails, stairways, and other miscellaneous assemblies, but not their attachments to the tank, shall comply with either AWS D1.1, AWS D1.6, or Section IX of the ASME *Code*, including the use of standard WPSs.

شکل-۳۶۰ : پاراگراف 9.2.1.1 از استاندارد API 650 که استفاده از WPS های استاندارد AWS را مجاز می داند.

جدول-۱۳۸ : لیست تعدادی از WPS های استاندارد AWS

List of AWS Documents on Welding Procedure and Performance Qualification

Designation	Title
B2.1	*Specification for Welding Procedure and Performance Qualification*
B2.1-1-001	*Standard Welding Procedure Specification (WPS) for Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1, Group 1 or 2), 3/16 through 3/4 inch in the As-Welded Condition, With Backing*
B2.1-1-002	*Standard Welding Procedure Specification (WPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel (M-1/P-1, Group 1 or 2), 3/16 through 7/8 inch in the As-Welded Condition, With or Without Backing*
B2.1-1-003	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Metal Arc Welding (Short Circuiting Transfer Mode) of Galvanized Steel (M-1), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1-004	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Metal Arc Welding (Short Circuiting Transfer Mode) of Carbon Steel (M-1, Group 1), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-8-005	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Metal Arc Welding (Short Circuiting Transfer Mode) of Austenitic Stainless Steel (M-8, P-8, or S-8), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1/8-006	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Metal Arc Welding (Short Circuiting Transfer Mode) of Carbon Steel to Austenitic Stainless Steel (M-1 to M-8, P-8, or S-8), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1-007	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Galvanized Steel (M-1), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1-008	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel (M-1, P-1, or S-1), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-8-009	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Austenitic Stainless Steel (M-8, P-8, or S-8), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1/8-010	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Gas Tungsten Arc Welding of Carbon Steel to Austenitic Stainless Steel (M-1, P-1, or S-1 to M-8, P-8, or S-8), 18 through 10 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1-011	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Shielded Metal Arc Welding of Galvanized Steel (M-1), 10 through 18 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-1-012	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Shielded Metal Arc Welding of Carbon Steel (M-1, P-1, or S-1 to M-1, P-1, or S-1), 10 through 18 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*
B2.1-8-013	*Standard Welding Procedure Specification (SWPS) for Shielded Metal Arc Welding of Austenitic Stainless Steel (M-8/P-8/S-8, Group 1), 10 through 18 Gauge, in the As-Welded Condition, with or without Backing*

■- استاندارد API-RP- 582

Welding Guidelines for the Chemical, Oil, and Gas Industries

API RECOMMENDED PRACTICE 582

در این استاندارد در جدول Table A-1 برای فولادهای کربن استیل و کم آلیاژ فیلرمتال و الکترود معرفی شده است.

جدول-۱۳۹ : معرفی الکترود برای فولادهای کربن استیل و کم آلیاژ بر اساس استاندارد API-RP-582-2016

Table A.1—Carbon and Low-alloy Steel

Base Material (see Notes 1, 2, and 4)	Carbon Steel	Carbon-molybdenum Steel	1 and 1 1/4 Cr-1/2 Mo Steel	2 1/4 Cr-1 Mo Steel	5 Cr-1/2 Mo Steel	9 Cr-1 Mo Steel	2 1/4 Nickel Steel	3 1/2 Nickel Steel	9 % Nickel Steel
Carbon steel	AB (see Note 3)	AC	AD	ADE	ADEF	ADEFH	AJ	AK	*
Carbon-molybdenum steel		C	CD	CDE	CDE	CDEFH	*	*	*
1 and 1 1/4 Cr-1/2 Mo steel			D	DE	DEF	DEFH	*	*	*
1/4 Cr-1 Mo steel				E	EF	EFH (see Note 4)	*	*	*
5 Cr-1/2 Mo steel					F	FH	*	*	*
9 Cr-1 Mo steel						H (see Note 4)	*	*	*
2 1/4 nickel steel							J	JK	LM
3 1/2 nickel steel								K	LM
9 % nickel steel									LM

توجه مهم: علامت ستاره * در جدول فوق به این معنی است که اتصال بین دو فولاد مذکور یک ترکیب نامناسب یا نامتعارف می باشد مانند اتصال فولاد 9%Ni به فولاد 5Cr-$^{1}/_{2}$Mo که طبق این جدول اتصال بین آنها مناسب نمی باشد.

طریقه‌ی استفاده از جدول A.1 :

*- چنانچه فولاد دارای 9Cr-1Mo به فولاد دارای 5Cr-$^{1}/_{2}$Mo جوشکاری شود برای این اتصال طبق جدول فوق حروف FH پیشنهاد شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

F = ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-B6 or E80XX-B6L low hydrogen.
H = ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-B8 or E80XX-B8L low hydrogen.

*- چنانچه فولاد دارای $3^{1}/_{2}$ nickel steel به فولاد دارای 9% nickel steel جوشکاری شود برای این اتصال طبق جدول فوق حروف LM پیشنهاد شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

L = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.
M = ASME/AWS A5.11 Classification ENiCrMo-6, ENiCrFe-4, ENiCrFe-9, ENiCrMo-3, ENiCrMo-4, ENiCrMo-10, ENiMo-8, or ENiMo-9

*- یاداشتهای جدول A.1 فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژ:

جدول-۱۴۰ : ادامه‌ی معرفی الکترود برای فولادهای کربن استیل و کم آلیاژ بر اساس استاندارد API-RP-582-2016

Key	
A	ASME/AWS SFA/A 5.1, Classification E70XX low hydrogen (see Note 5).
B	ASME/AWS SFA/A 5.1, Classification E6010 for root pass (see Note 5).
C	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E70XX-A1, low hydrogen.
D	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E70XX-B2L (see Note 6) or E80XX-B2, low hydrogen.
E	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-B3L (see Note 6) or E90XX-B3, low hydrogen.
F	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-B6 or E80XX-B6L (see Note 6), low hydrogen.
H	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-B8 or E80XX-B8L (see Note 6), low hydrogen.
J	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-C1 or E70XX-C1L, low hydrogen.
K	ASME/AWS SFA/A 5.5, Classification E80XX-C2 or E70XXC2L, low hydrogen.
L	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.
M	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-6, ENiCrFe-4, ENiCrFe-9, ENiCrMo-3, ENiCrMo-4, ENiCrMo-10, ENiMo-8, or ENiMo-9.
*	An unlikely or unsuitable combination. Consult the owner's engineer if this combination is needed.
NOTE 1	This table refers to coated electrodes. For bare and cored wire welding (SAW, GMAW, GTAW, FCAW), use equivalent electrode classifications (ASME/AWS SFA/A5.14, SFA/A5.17, SFA/A5.18, SFA/A5.20, SFA/A5.23, SFA/A5.28, SFA/A5.29, SFA/A5.34). Refer to the text for information on other processes.
NOTE 2	Higher alloy electrode specified in the table should normally be used to meet the required tensile strength or toughness after PWHT. The lower alloy electrode specified may be required in some applications to meet weld metal hardness requirements.
NOTE 3	Other E60XX and E70XX welding electrodes may be used if approved by the purchaser.
NOTE 4	This table does not cover modified versions of Cr-Mo alloys.
NOTE 5	See 6.1.3.
NOTE 6	PWHT can cause the strength of these filler metals to drop below minimum requirements. Care should be taken to ensure adequate strength in the PWHT condition.

*- یک ترکیب نامناسب یا نامتعارف، اگر این ترکیب نیاز می باشد با مهندسی کارفرما رایزنی شود.

۱- این جدول معطوف به الکترودهای روکش دار می باشد. برای الکترودهای جوشکاری بدون روکش در فرآیندهای (FCAW, GTAW, GMAW, SAW) از الکترودهای معادل ASME/AWS A5.14, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23, A5.28 استفاده کنید. برای اطلاعات در مورد سایر فرآیندها به متن مراجعه نمایید.

۲- الکترودهای با آلیاژ بیشتر که در جدول مشخص شده اند باید بطور معمول بکار برده شوند تا استحکام کششی لازم و چقرمگی پس از PWHT را تامین نمایند. الکترود کم آلیاژ مشخص شده، ممکن است در برخی کاربردها برای مطابقت دادن با الزامات سختی فلز جوش نیاز باشد.

۳- سایر الکترودهای E60XX وE70XX چنانچه توسط خریدار تأیید شده باشد می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴- این جدول اصلاحات انجام شده بر روی آلیاژهای Cr-Mo را در بر نمی گیرد.

۵- به پاراگراف 6.1.3 مراجعه کنید.

***- پاراگراف 6 – مصرف شدنی های جوشکاری (فیلر متال و فلاکس).

*- پاراگراف 6.1 – کلیات

*- پاراگراف 6.1.3 – جوشهای شیاری و یا فیلت بایستی با فیلر متالهایی که یک رسوب کم هیدروژن [7] تولید می کنند، انجام شوند. به هرحال، برای الکترودهای با پوشش سلولزی شرایط زیر مجاز می باشد:

[7] برخی کُد و استانداردهای صنایع بطور نمونه API 650 ممکن است محدودیت بیشتری برای متریاله و یا کاربردهای آنها داشته باشند. کُد و استانداردهای صنایع نسبت به این RP(582) ارجحیت دارند.

(a) – برای استاندارد API 620/650 مربوط به ساخت و نصب مخازن ذخیره، چنانچه ضخامتهای فلز پایه کمتر از $^1/_2$ اینچ باشد (13 mm) و حداقل استحکام تسلیم مشخص شده متریال پایه کمتر از 70 Ksi باشد الکترود با پوشش سلولزی ممکن است استفاده گردد.

(b) – برای جوشکاری لوله ASME P-No.1 Group No. 1 ، فلز پایه فولاد کربنی، پاس ریشه و پاس دوم جوشهای شیاری یک طرفه، صرف نظر از ضخامت فلز پایه، ممکن است با الکترود با پوشش سلولزی جوشکاری شود. بعلاوه، متریالهای ASME P-No.1 Group No. 2 ، ممکن است پاس ریشه و پاس دوم (Hot Pass) آنها با الکترود با پوشش سلولزی جوشکاری شود بشرطی که حداقل دمای پیشگرمی 300 °F (149 °C) استفاده شده باشد و در این دما نگه داشته شود تا اتصال جوش کامل گردد یا $^{1}/_{2}$ اینچ (13 mm) از ضخامت جوش تکمیل گردد.

۶- عملیات تنش زدایی می تواند منجر به کاهش استحکام این فیلر متالها تا پایین تر از حداقل الزامات گردد. بایستی برای اطمینان از استحکام مناسب در شرایط عملیات تنش زدایی دقت گردد.

***- معرفی جدول ۲ برای متریالهای استنلس استیل**

جدول-۱۴۱ : جدول معرفی الکترود برای متریالهای استنلس استیل بر اساس استاندارد API-RP-582-2016

Table A.2—Stainless Steel Alloys

Base Material (see Notes 1, 2, and 3)	Type 405 Stainless Steel	Type 410S Stainless Steel	Type 410 Stainless Steel	Type 304 Stainless Steel	Type 304L Stainless Steel	Type 304H Stainless Steel	Type 310 Stainless Steel	Type 316 Stainless Steel	Type 316L Stainless Steel	Type 317L Stainless Steel	Type 321 Stainless Steel	Type 347 Stainless Steel	Type 347H Stainless Steel
Carbon and low-alloy steel	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Type 405 stainless steel	ABC	ABC	ABC	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Type 410S stainless steel		ABC	ABC	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Type 410 stainless steel			ABC	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
Type 304 stainless steel				D	DH	DJ	A	DF	DGH	DI	DE	DE	DE
Type 304L stainless steel					H	DHJ	A	DF	GH	HI	DE	DE	DE
Type 304H stainless steel (see Note 5)						J	A	DFJ	DGHJ	DIJ	DEJ	EJ	EJ
Type 310 stainless steel							K	AK	A	A	A	A	A
Type 316 stainless steel								F	FG	FI	EF	EF	EF
Type 316L stainless steel									G	GI	EG	EG	EG
Type 317L stainless steel										I	EI	EI	EI
Type 321 stainless steel											E (see Note 1)	E	E
Type 347 stainless steel												E	E
Type 347H stainless steel (see Note 5)													E

*- این استاندارد در جدول ۲ برای متریالهای استنلس استیل الکترود معرفی نموده است، به این صورت که اتصال تیپ های مختلف استنلس استیل به خودشان و نیز اتصال به تیپ های دیگر استنلس استیل را در نظر گرفته و برای اینگونه اتصالات الکترود معرفی کرده است. حتی در این جدول برای اتصال متریالهای استنلس استیل به فولادهای کربن استیل نیز الکترود معرفی شده است. باید دقت کرد برای چنین اتصالاتی دو الکترود معرفی شده است، یکی الکترود A(A5.4-309-XX) برای دمای سرویس زیر دمای 315ºC و دیگری الکترود B(A5.11-NiCrFe-2 or 3) برای دمای سرویس بالاتر از دمای 315ºC است.

جدول-۱۴۲ : ادامه جدول معرفی الکترود برای متریالهای استنلس استیل بر اساس استاندارد API-RP-582-2016

Key	
A	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classifications E309-XX or E309L-XX.
B	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrFe-2 or -3 or ENiCrMo-3 (see Note 4).
C	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E410-XX (0.05 % C max.) (heat treatment at 1400 °F required).
D	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E308-XX or E308L-XX.
E	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E347-XX.
F	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E316-XX.
G	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E316L-XX.
H	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E308L-XX.
I	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E317L-XX.
J	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E308H-XX.
K	ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E310-XX.
NOTE 1	This table refers to coated electrodes. For bare wire or cored welding (SAW, GMAW, GTAW, FCAW), use equivalent electrode classifications (ASME/AWS SFA/A 5.9, SFA/A5.14, SFA/A5.22, SFA/A5.34). Refer to the text for information on other processes. Either ER347 or ER321 may be used for GTAW or PAW of Type 321 stainless steel.
NOTE 2	The higher alloy electrode specified in the table is normally preferred.
NOTE 3	See Section 6 weld metal delta ferrite requirements.
NOTE 4	See 6.2.2 for the temperature limitation for nickel-base filler metals.
NOTE 5	E16-8-2 is often specified when the weld deposit will be exposed to high creep strains where sigma phase may affect performance.

طریقه‌ی استفاده از جدول A.2 :

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل Type 317L به فولاد استنلس استیل Type 347 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف EI مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

E = ASME/AWS SFA/A 5.4, Classification E347-XX.
I = ASME/AWS SFA/ A 5.4, Classification E317L-XX

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل Type 304 به فولاد استنلس استیل Type 321 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف DE مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

D = ASME/AWS SFA/ A 5.4, Classification E308-XX
E = ASME/AWS SFA/ A 5.4, Classification E347-XX

*- برای اتصال کربن استیل به فولاد استنلس استیل Type 304 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف AB مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

A = ASME/AWS SFA/A 5.4, Classifications E309-XX or E309L-XX.
B = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrFe-2 or -3 or ENiCrMo-3 (see Note 4).

*- یاداشتهای جدول A.2 فولادهای استنلس استیل:

۱- این جدول معطوف به الکترودهای روکش دار می باشد. برای الکترودهای جوشکاری بدون روکش در فرآیندهای (FCAW, GTAW, GMAW, SAW) از الکترودهای معادل (ASME/AWS SFA/A5.9,A5.14,A5.22,A5.34) استفاده کنید. برای اطلاعات در مورد سایر فرآیندها به متن مراجعه نمایید. هریک از فیلر متالهای ER347 یاER321 ممکن است در فرآیندهای GTAW یا PAW برای فولادهای استنلس استیل Type 321 استفاده شود.

۲- الکترودهای با آلیاژ بیشتر که در جدول مشخص شده اند باید بطور معمول بکار برده شوند.

۳- الزامات دلتا فریت فلز جوش بخش 6 را ببینید.

۴- برای محدودیت های دما مربوط به فیلر متالها پایه نیکل پاراگراف 6.2.2 را ببینید.

*- پاراگراف 6.2 – جوشکاری ناهمسان

*- پاراگراف 6.2.2 – وقتی که فولادهای فریتی (P-No. 1 through P-No. 5 and P-No. 15E) متصل می شوند به:

c) – فولادهای زنگ نزن آستنیتی (P-No. 8) فیلر متال باید بر اساس شرایط زیر انتخاب شود:

1) نوع 309 و نوع 309L ممکن است برای دمای طراحی کمتر از 315 °C استفاده گردد.

(-1) – به علت انبساط حرارتی بالا، فیلر متالهای پایه نیکلی برای دماهای بالاتر از 315 °C مناسب تر می باشند.

(-2) – نوع 309cb (Nb) وقتی که عملیات تنش زدایی نیاز می باشد نباید استفاده گردد مگر اینکه برای جوش Overlay

2) فیلر متالهای آلیاژی پایه نیکلی ممکن است با استفاده از شرایط طراحی نشان داده شده در جدول 2 انتخاب گردند.

3) برای شرایط سرویسی که از محدودیت های بیان شده در پاراگراف های 6.2.2.c.1 و 6.2.2.c.2 تجاوز کند، انتخاب فیلر متال بایستی با شرایط خریدار بررسی گردد.

4) دسته بندی ASME/AWS مربوط به ER310 (E310-XX) و دسته بندی ERNiCrFe-6 نباید استفاده شود.

۵- وقتی رسوب جوش در معرض خزش بالا می باشد جایی که ممکن است فاز سیگما بر روی عملکرد تأثیر گذار باشد اغلب E16-8-2 تعیین می شود.

یادداشت: استفاده از فلز جوش ناهمسان (کربن یا فولاد کم آلیاژ به فولاد زنگ نزن) در سرویس های خورنده به کربن و فولاد کم آلیاژ بایستی به دقت ارزیابی گردد. شکست هایی به علت نفوذ هیدروژن در نواحی بسیار سخت در مجاورت با خط ذوب (fusion line) گزارش شده است. مشخص نمی باشد که شارژ هیدروژن به علت خوردگی کربن است یا به علت فولاد کم آلیاژمی باشد یا فرسایش به علت حضور اتصال گالوانیک است. بعلاوه، جوشهای کربن یا فولادهای کم آلیاژ به فولاد زنگ نزن آستنیتی ممکن است مستعد به شکست ترد در دماهای سرویس کمتر از (-29 °C) باشد.

***- معرفی جدول ۳ برای متریالهای استنلس داپلکس**

جدول-۱۴۳ : معرفی الکترود برای فولادهای استنلس استیل داپلکس بر اساس API-RP-582-2016

Table A.3—Duplex Stainless Steels

Base Metals	Duplex Alloys						Undermatched Alloys			Overmatched Alloys		
UNS	S32304	S31803 S32205 J92205	S32550	S32760 J93380	S32750	S39274	P1-P5	P8 (TP 304)	P8 (TP 316)	P8 (TP 254 SMO)	P43 (IN 625)	P45 (IN 825)
S32304	A-DF	A-DF	A-DF	A-DF	A-DF	A-DF	AEF	AEF	AF	GH	GH	GH
S31803		A-D	A-D	A-D	A-D	A-D	AEF	AEF	AF	GH	GH	GH
S32205												
J92205		A-D	A-D	A-D	A-D	A-D	AEF	AEF	AF	GH	GH	GH
S32550			B-D	B-D	B-D	B-D	ABEF	ABEF	ABF	GH	GH	GH
S32760				CDGH	CDGH	CDGH	A-DEF	A-DEF	A-DF	GH	GH	GH
J93380				CDGH	CDGH	CDGH	A-DEF	A-DEF	A-DF	GH	GH	GH
S32750					CDGH	CDGH	A-DEF	A-DEF	A-DF	GH	GH	GH
S39274						CDGH	A-DEF	A-DEF	A-DF	GH	GH	GH

*- ترجمه یادداشتهای جدول A.3

*- یاداشتهای جدول A.3 فولادهای استنلس استیل داپلکس:

۱- این جدول معطوف به الکترودهای روکش دار می باشد. برای الکترودهای جوشکاری بدون روکش در فرآیندهای (FCAW, GTAW, GMAW, SAW) از الکترودهای معادل (ASME/AWS SFA/A5.9,A5.14,A5.22,A5.34) استفاده کنید. برای اطلاعات در مورد سایر فرآیندها به متن مراجعه نمایید.

۲- گاهی، وقتی خوردگی شدید ممکن می باشد برای جوشکاری اتصال داپلکس و سوپر داپلکس از الکترودهای ENiCrMo-13, ENiCrMo-10 و ENiCrMo-14 استفاده می شود.

جدول-۱۴۴ : یادداشتهای جدول A3 بر اساس استاندارد API-RP-582-2016

Key	
A	ASME SFA 5.4, Classification E2209—duplex filler material.
B	ASME SFA 5.4, Classification E2553—duplex filler material.
C	ASME SFA 5.4, Classification E2594—duplex filler material.
D	DP3W (unclassified)—duplex filler material.
E	ASME SFA 5.4, Classification E309L—high-alloy austenitic filler material.
F	ASME SFA 5.4, Classification E309LMo—high-alloy austenitic filler material.
G	ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-10—nickel-base filler material.
H	ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-14—nickel-base filler material.
NOTE 1 This table refers to coated electrodes. For bare and cored wire welding (SAW, GMAW, GTAW, FCAW), use equivalent electrode classification (ASME/AWS SFA/A5.9, SFA/A5.14, SFA/A5.22, and SFA/A5.34). Refer to the text for information on other processes.	
NOTE 2 At times, ENiCrMo-10, ENiCrMo-13, and ENiCrMo-14 are used for duplex and super duplex weld joints when severe corrosion is anticipated.	

طریقه‌ی استفاده از جدول A.3 :

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل داپلکس UNS No. S31803 به فولاد استنلس استیل داپلکس J93380 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف A-D مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

A = ASME SFA 5.4, Classification E2209—duplex filler material.
D = DP3W (unclassified)—duplex filler material.

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل داپلکس UNS No. S32550 به فولاد استنلس استیل داپلکس S39274 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف B-D مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

B = ASME SFA 5.4, Classification E2553—duplex filler material.
D = DP3W (unclassified)—duplex filler material.

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل داپلکس UNS No. S32550 به متریال P43 (IN625) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف GH مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

G = ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-10—nickel-base filler material.
H = ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-14—nickel-base filler material.

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل داپلکس UNS No. S32304 به متریال P45 (IN825) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف GH مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

G = ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-10—nickel-base filler material.
H = ASME SFA 5.11, Classification ENiCrMo-14—nickel-base filler material.

*- برای اتصال فولاد استنلس استیل داپلکس UNS No. S39274 به متریال UNS No. S32550 دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف B-D مشخص شده است و طبق علائم اختصاری این جدول حروف مذکور مربوط است به:

B = ASME SFA 5.4, Classification E2553—duplex filler material.
D = DP3W (unclassified)—duplex filler material.

جدول-۱۴۵ : معرفی الکترود برای متریالهای کاپر نیکل و آلیاژهای پایه نیکلی بر اساس API-RP-582-2016

Table A.4—Copper-nickel and Nickel-base Alloys

Base Material (see Note 1)	70-30 and 90-10 Cu-Ni	Alloy 400 (N04400)	Nickel 200 (N02200)	Alloy 800 (N08800), 800H (N08810), 800HT (N08811)	Alloy 600 (N06600)	Alloy 625 (N06625)	Alloy 825 (N08825)	Alloy C-22 (N06022)	Alloy C276 (N10276)	Alloy B-2 (N10665)	Alloy G-3 (N06985)	Alloy G-30 (N06030)
Carbon and low-alloy steel	BC	BC	C	A	A	A	A	D	E	F	G	H
300 series stainless steel	BC	AC	AC	A	A	A	A	D	E	F	G	H
400 series stainless steel	B	B	AC	A	A	A	A	D	E	F	G	H
70-30 and 90-10 Cu-Ni	B	B	C	C	C	C	C	*	*	*	*	*
Alloy 400 (N04400)		B	BC	A	A	A	A	A	A	F	A	A
Nickel 200 (N02200)			C	AC	AC	AC	AC	CD	CE	CF	CG	CH
Alloy 800 (N08800), 800H (N08810), 800HT (N08811) (see Note 2)				K	A	A	A	DJ	EJ	FJ	GJ	HJ
Alloy 600 (N06600)					A	AJ	A	DJ	EJ	FJ	GJ	HJ
Alloy 625 (N06625)						J	J	DJ	EJ	FJ	GJ	HJ
Alloy 825 (N08825)							J	DJ	EJ	FJ	GJ	HJ
Alloy C-22 (N06022)								D	EJ	FJ	GJ	HJ
Alloy C-276 (N10276)									E	FJ	GJ	HJ
Alloy B-2 (N10665)										F	GJ	HJ
Alloy G-3 (N06985)											G	HJ
Alloy G-30 (N06030)												H

طریقه‌ی استفاده از جدول A.4 :

*- برای اتصال متریال آلیاژی Alloy 600 (N06600) به متریال آلیاژی Alloy 625 (N06625) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف AJ مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:

A = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrFe-2 or -3.
J = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.

*- برای اتصال متریال آلیاژی Alloy 825 (N08825) به متریال آلیاژی Alloy B-2 (N10665) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف FJ مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:

F = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiMo-7.
J = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.

*- برای اتصال متریال آلیاژی Alloy 600 (N06600) به متریال آلیاژی Alloy G-3 (N06985) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف GJ مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:

G = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-9.
J = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.

*- برای اتصال متریال آلیاژی Cu-Ni 70-30 and 90-10 به متریال آلیاژی Alloy 600 (N06600) یک الکترود پیشنهاد شده است و بصورت حرف C مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:
C = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENi-1.
*- برای اتصال متریال آلیاژی Alloy 600 (N06600) به متریال آلیاژی Alloy C276 (N10276) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف EJ مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:

E = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-4.
J = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.
*- برای اتصال متریال آلیاژی Alloy B-2 (N10665) به متریال آلیاژی Alloy G-30 (N06030) دو الکترود پیشنهاد شده است و بصورت دو حرف GJ مشخص شده است و طبق علائم اختصاری جدول A.4 حروف مذکور مربوط است به:

H = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-11.
G = ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-9.

جدول-۱۴۶ : ادامه معرفی الکترود برای متریالهای مس- نیکل و آلیاژهای پایه نیکلی بر اساس API-RP-582-2016

Key	
A	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrFe-2 or -3.
B	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCu-7.
C	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENi-1.
D	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-10.
E	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-4.
F	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiMo-7.
G	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-9.
H	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-11.
J	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrMo-3.
K	ASME/AWS SFA/A 5.11, Classification ENiCrCoMo-1 or matching filler.
* An unlikely or unsuitable combination. Consult the purchaser's engineer if this combination is needed.	
NOTE 1 Table A.4 refers to coated electrodes. For bare or cored wire welding (SAW, GMAW, GTAW, FCAW), use equivalent electrode classification (ASME/AWS SFA/A 5.14, SFA/A5.34). Refer to the text for information on other processes.	
NOTE 2 For Alloys 800, 800H, and 800HT, if sulfidation or stress relaxation cracking is a concern, use matching filler metals.	

*- یاداشتهای جدول A.4 متریالهای مس- نیکل و آلیاژهای پایه نیکلی:
*- یک ترکیب نامناسب یا نامتعارف، اگر این ترکیب نیاز می باشد با مهندسی کارفرما رایزنی شود.
۱- جدول A.4 معطوف به الکترودهای روکش دار می باشد. برای الکترودهای جوشکاری بدون روکش در فرآیندهای (FCAW, GTAW, GMAW, SAW) از الکترودهای معادل (ASME/AWS SFA/A5.9,A5.14,A5.22,A5.34) استفاده کنید. برای اطلاعات در مورد سایر فرآیندها به متن مراجعه نمایید.
۲- چنانچه ترکهای ناشی از تنش سولفیدی اهمیت دارد. برای آلیاژهای 800H, 800 و 800HT از فیلر متالهای همسان اسفاده شود.

نتیجه : در استاندارد API-RP-582 در جداول A-1, A-2, A-3, A.4 به ترتیب برای فولاهای کربن استیل، فولادهای کم آلیاژ، فولادهای زنگ نزن استنلس استیل، فولادهای زنگ نزن استنلس استیل داپلکس و متریالهای مس- نیکل (کاپرنیکل) و متریالهای پایه نیکلی الکترود معرفی شده است.

■- استاندارد AWS - D10.8

Recommended Practices for Welding of Chromium-Molybdenum Steel Piping and Tubing

ANSI/AWS D10.8-96

Approved by American National Standards Institute

July 17, 1996

استاندارد AWS D10.8 در حقیقت یک آیین نامه‌ی اجرایی برای جوشکاری لوله و تیوبهای فولادهای دارای کروم و مولیبدنیوم می باشد.

جدول-۱۴۷ : معرفی علائم اختصاری متریالها بر اساس استاندارد AWS-D10.8-Table-1

Table 1
Base Metal Abbreviations

Types of Steel		
Nominal Composition	ASME/ ASTM Grade*	Abbreviation
Carbon Steel (less than 0.35% C)	A, B, or C	C-steel
Carbon—1/2% Mo	P1 or T1	C-Mo
1/2% Cr—1/2% Mo	P2 or T2	1/2 Cr-Mo
1% Cr—1/2% Mo	P12 or T12	1 Cr-Mo
1-1/4% Cr—1/2% Mo	P11 or T11	1-1/4 Cr-Mo
2% Cr—1/2% Mo	T3b	2 Cr-Mo
2-1/4% Cr—1% Mo	P22 or T22	2-1/4 Cr-Mo
3% Cr—1% Mo	P21 or T21	3 Cr-Mo
5% Cr—1/2% Mo	P5 or T5	5 Cr-Mo
7% Cr—1/2% Mo	P7 or T7	7 Cr-Mo
9% Cr—1% Mo	P9 or T9	9 Cr-Mo
9% Cr—1% Mo-V, Nb, and N	P91 or T91	9Cr-Mo-V
18% Cr—8% Ni	TP-304	304 S. S.
18% Cr—12% Ni-Mo	TP-316	316 S. S.
18% Cr—10% Ni-Nb (Cb)	TP-347	347 S. S.
18% Cr—10% Ni-Ti	TP-321	321 S. S.
25% Cr—20% Ni	TP-310	310 S. S.

*Table uses Symbols P (pipe), T (tube), and TP (tube or pipe). Other product forms with same nominal chemistry for which this document applies are CP (cast pipe), F (forging), FP (forged pipe), and WP (welded pipe).

در جدول شماره ۱ این آیین نامه‌ی اجرایی، فولادها براساس درصد کروم، نیکل و مولیبدن مشخص شده اند و برای اینکه مشخص شود این درصد عناصر متعلق به کدام گروه از متریالها می باشند بایستی به ستون سوم جدول شماره ۱ که تحت عنوان Abbreviation مشخص شده است، مراجعه نمود.

برای سهولت در شناسایی این گونه متریالها در ستون دوم جدول شماره ۱ با عنوان ASME/ASTM/Grade گریدهای این گونه متریالها مشخص شده است، که در راستای شفاف سازی شناخت متریالهایی که دارای چنین گریدهایی

می باشند، اقدام به رسم یک جدول شده که متریالهایی که دارای چنین گریدهایی هستند را با ذکر مشخصات استانداردی آنها مشخص نموده است.

در زیر جدول شماره ۱ یک سری حروف مختصر (Abbreviation) قید شده است، که در کنار هر کدام از این حروف شکل متریال آن دسته از این حروف قید شده است بطور نمونه:

P (Pipe), T (Tube), TP (Tube or Pipe), CP (Cast Pipe) F (Forging), FP (Forge Pipe) WP (Welded Pipe)

اما در رابطه با جدول شماره ۲ این آیین نامه‌ی اجرایی می توان گفت که در این جدول برای اتصال چنین متریالهایی به یکدیگر در چهار فرآیند یعنی فرآیندهای (FCAW, GMAW, GTAW, SMAW) فیلر متال و الکترود معرفی شده است.

جدول-۱۴۸ : معرفی دسته بندی الکترود و فیلر متالها برای جوشکاری متریالهای مختلف در فرآیندهای مختلف

Material	SMAW	GTAW/GMAW	FCAW
C-Steel	A5.1	A5.18	A5.20
Low-Alloy Steel	A5.5	A5.28	A5.29
Nickel Alloys	A5.11	A5.14	***
300 Series SS	A5.4	A5.9	A5.22
See appropriate AWS filler metal specifications for other welding proccesses.			

یادداشت های مربوط به جدول ۲ از استاندارد AWS D10.8:

(۱)- به AWS D10.12 روشها و اجرای جوشکاری لوله های کربن استیل ساده، نگاه کنید.

(۲)- برای فولادهای $1/2$Cr-Mo ، الکترودهای E8018-B1 و E8XT1-B1M یا B1/LM را می توان به ترتیب برای فرآیندهای SMAW و FCAW مورد استفاده قرار داد.

(۳)- برای سرویس های گرمایی غیر متناوب تا 600ºF درجه فارنهایت یا 315ºC سانتیگراد، اغلب از الکترود E309 یا E309Mo استفاده می گردد.

(۴)- به AWS D10.4 روشها و اجرای جوشکاری لوله ها و تیوبهای ضد زنگ آستنیتی نیکل- کُروم، نگاه کنید.

(۵)- دسته بندی های زیر برای فرآیند های جوشکاری مورد استفاده، نشان داده شده است.

(۶)- وقتی در این جدول الکترودی با روکش نوع 18 نشان داده شده باشد. الکترودهای با روکش نوع 15 و 16 بعنوان معادل قابل قبول می باشند.

(۷)- فیلر متالهایی که از نظر ترکیب شیمیایی با هم منطبق هستند توسط AWS دسته بندی نشده اند و ممکن است از نظر اقتصادی قابل تهیه نباشند.

(۸)- الکترود E8018-BX اخیراً در مشخصات AWS A5.5 دسته بندی شده است. الکترودهای E50X-XX و E7Cr که قدیمی تر هستند در مشخصات AWS A5.4 دسته بندی شده اند.

(۹)- فیلر متال ER80S-BX اخیراً در مشخصات AWS A5.28 دسته بندی شده است. فیلر متال ER50X که قدیمی تر است در مشخصات AWS A5.9 دسته بندی شده است.

نتیجه : با استفاده از استاندارد AWS D10.8 که در حقیقت یک آیین نامه‌ی اجرایی است می توان برای متریالهای کروم – مولیبدن، الکترود مناسب انتخاب کرد.

جدول-۱۴۹ : معرفی علائم اختصاری متریالها بر اساس استاندارد AWS-D10.8-Table-1

Table 1
Base Metal Abbreviations
Types of Steel

Naminal Composition	ASME ASTM Grade*	Example Spec. No. & Type or Grade	P/Gr.Number Listing	
			P No	Gr. No
Carbon Steel (less than 0.35% C)	A, B, or C	SA106 Gr.A, B, C	1	1&2
Carbon---1/2%Mo	P1 or T1	SA335-P1/SA209-T1/SA182-F1	3	1&2
1/2% Cr---1/2% Mo	P2 or T2	SA335-P2/SA213-T2/SA182-F2	3	1&2
1% Cr---1/2% Mo	P12 or T12	SA335-P12/SA213-T12/SA182-F12-Cl.1,2	4	1
1-1/4% Cr---1/2% Mo	P11 or T11	SA335-P11/SA213-T11/SA182-F11-Cl.1,2,3	4	1
2% Cr---1/2% Mo	T3b	A369-FP3b/A199-T3b/A213-T3b	4	1
2-1/4% Cr---1% Mo	P22 or T22	SA335-P22/SA213-T22/SA182-F22-Cl.1,3	5A	1
3% Cr---1% Mo	P21 or T21	SA335-P21/SA213-T21/SA182-F21	5A	1
5% Cr---1/2% Mo	P5 or T5	SA335-P5/SA213-T5/SA182-F5	5B	1
7% Cr---1/2% Mo	P7 or T7	A335-P7/A200-T7	***	***
9% Cr---1% Mo	P9 or T9	SA335-P9/SA213-T9/SA182-F9	5B	1
9% Cr---1% Mo-V, Nb, and N	P91 or T91	SA335-P91/SA213-T91/SA182-F91	5B	2
18% Cr---8% Ni	TP-304	SA240-Type304/SA312-TP304/SA182-F304	8	1
18% Cr---12% Ni-Mo	TP-316	SA240-Type316/SA312-TP316/SA182-F316	8	1
18% Cr---10% Ni-Nb (Cb)	TP-347	SA240-Type347/SA312-TP347/SA182-F347	8	1
18% Cr---10% Ni-Ti	TP-321	SA240-Type321/SA312-TP321/SA182-F321	8	1
25% Cr---20% Ni	TP-310	SA240-Type310S/SA312-TP310S/SA182-F310S	8	1&2

***Table uses Symbols P (pipe). T (tube). And TP (tube or pipe). Other product forms with same nominal chemistry for which this document applies are CP(cast pipe). F(forging). FP(forged pipe). And WP(welded pipe).**

SOURCE : AWS D10.8 (1986)

جدول-۱۵۰ : معرفی الکترود برای فولادهای کروم- مولیبدنی بر اساس استاندارد AWS D10.8

Table 2

Suggested Filler Metals for Various BASE METAL combinations

BASE Metals	C-Steel	C-Mo	1/2-1-1/4 Cr-Mo	2-2-1/4 Cr-Mo	3 - 5 Cr-Mo	7 Cr-Mo	9 Cr-Mo	9 Cr-Mo-V	3XX-SS
C-Steel	[1]	A	A	A	A	A	A	A	I[3]
C-Mo	A	B	B	B	B	B	B	B	I[3]
1/2-1-1/4 Cr-	A	B	C[2]	C	C	C	C	C	I[3]
2-2-1/4 Cr-Mo	A	B	B	D	D	D	D	D	I[3]
3 - 5 Cr-Mo	A	B	C	D	E	E	E	E	I[3]
7 Cr-Mo	A	B	B	D	E	F	F	F	I[3]
9 Cr-Mo	A	B	C	D	E	F	G	G	I[3]
9 Cr-Mo-V	A	B	B	D	E	F	G	H	I[3]
3XX-SS	I[3]	I[3]	I[3]	I[3]	I[3]	I[3]	I[3]	I[3]	[4]

Letter	Composition	SMAW[6]	GTAW/GMAW	FCAW
A	C-Steel	E7018	ER70S-2 or 3	E7X-T5M,-T9M,or-T12M
B	C-Mo	E7018-1	ER70S-B2L or ER80S-B2 (7)	E7XT5-A1M or E8XT1-A1M
C	1-1/4 Cr-Mo	E7018-B2L or E8018-B2	ER70S-B2L or ER80S-B2	E8XTX-B2LM or E8XTX-B2M
D	2-1/4 Cr-Mo	E8018-B3L or E9018-B3L	ER80S-B3L or ER90S-B3	E9XTX-B3LM or E9XTX-B3M
E	5 Cr-Mo	E8018-B6 or B6L E502-15[8]	ER80S-B6 ER502[9]	Note (7)
F	7 Cr-Mo	E8018-B7 or B7L E7 Cr-15[8]	Note (7)	Note (7)
G	9 Cr-Mo	E8018-B8 or B8L E502-15[8]	ER80S-B8 ER502[9]	Note (7)
H	9 Cr-Mo-V	E9018-B9	ER90S-B9	Note (7)
I[3]	3XX-SS	ENiCrFe-2 or -3	ERNiCr-3	Note (7)

Source: AWS 10.8 (R/P for Welding of Chromium-Molybdenum Steel Piping and Tubing)

به غیر از استانداردهایی که ذکر گردید، می توان استانداردهای متعدد دیگری را پیدا نمود که ممکن است در آنها برای متریالهای مختلف، فیلر متال و الکترود معرفی شده باشد اما در اینجا به همین تعداد از استاندارد های مذکور بعنوان مرجع و نمونه اکتفا می کنیم زیرا هدف ما نشان دادن راههای مختلف انتخاب مناسب الکترود و یا فیلر متال برای متریالهای مختلف می باشد.

■- ASM (AMERICAN SOCIETY FOR METALS)

کتابهای راهنما انجمن آمریکایی مربوط به فلزات، جلد ۶ از کتابهای گروه ASM درمورد فرآیندهای جوش است. در این کتاب در برخی موارد برای بعضی از متریالها مخصوصاً متریالهای استنلس استیل، الکترود معرفی شده است.

در جدول شماره-۱ الکترودهای مناسب برای متریالهای استنلس استیل همسان و غیر همسان معرفی شده است.

جدول-۱۵۱ : الکترودهای معرفی شده برای جوشکاری متریالهای مختلف استنلس استیل بر اساس ASM Vol. 6

TABLE 1 STAINLESS STEEL FILLER METALS FOR WELDING SIMILAR AND DISSIMILAR AUSTENITIC STAINLESS STEELS

BASE METALS	FILLER METALS									
	201, 202, 301, 302, 302B, 303, 304, 305, 308	304L	309 309S	310 310S, 314	316	316L	317	317L	321, 347, 348	330
201,202, 301,302, 302B, 303,304, 305,308	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E309
340L		E308L	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	E308(A)	309
309, 309S			E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309
310, 310S, 314				310	E316(B)	E316(B)	E317	E317	E308(A)	310
316					E316(B)	E316(B)	E316(B)	E316(B)	E308(A)	E309MO
316L						E316L	E316(B)	E316L	E316L	E309MO
317							E317	E317	E308(A)	E309MO
317L								E417L	308L	E309MO
321,347,348									E347(A)	E309
330										E330

(A) FOR SERVICE TEMPERATURE OF <370 °C (700 °F), E308L CAN BE USED.

(B) FOR SERVICE TEMPERATURE OF <370 °C (700 °F), E316L CAN BE USED.

(A) از الکترود E308L می توان برای سرویسهای دمایی کمتر از 370 °C (700 °F) استفاده کرد.

(B) از الکترود E316L می توان برای سرویسهای دمایی کمتر از 370 °C (700 °F) استفاده کرد.

در جدول3(B) از جلد ۶ این کتاب (ASM Volume 6, Table 3(B) Page 1705 of 2873 pdf) برای گروه بزرگی از متریالهای استنلس استیل، الکترود و فیلر متال معرفی شده است مطابق زیر:

جدول-۱۵۲ : الکترودهای معرفی شده برای جوشکاری متریالهای مختلف استنلس استیل بر اساس ASM

TABLE 3(B) PROPERTIES AND FILLER METALS FOR NOMINALLY AUSTENITIC STAINLESS STEELS

DESIGNATION	UNS NO.	ASTM SPECIFICATION	COMMENTS	TENSILE STRENGTH		YIELD STRENGTH		ELONGATION, %	MATCHING FILLER METALS		
				MPA	KSI	MPA	KSI		A5.4	A5.9(A)	A5.22
. . .	S01815	A 167	. . .	540	78	240	35	40	. . .	. . .	. . .
201	S20100	A 240	201-1, BOTH SPECIFICATIONS	655	95	260	38	40	E240-XX	ER240	. . .
201	S20100	A 666	201-2, BOTH SPECIFICATIONS	655	95	310	45	40	E240-XX	ER240	. . .
. . .	S20161	A 479	. . .	860	125	345	50	40	E240-XX	ER240	. . .
202	S20200	A 240	. . .	620	90	260	38	40	E240-XX	ER240	. . .
202	S20200	A 666	. . .	620	90	260	38	40	E240-XX	ER240	. . .
XM-1	S20300	A 582	. . .	NS	NS	NS	NS	NCW	NCW	NCW	. . .
205	S20500	A 666	. . .	790	115	450	65	40	E240-XX	ER240	. . .
XM-19	S20910	A 240	NITRONIC 50	690	100	380	55	35	E209-XX	ER209	. . .
XM-31	S21400	A 240	SHEET HIGHER STRENGTH	720	105	380	55	40	E240-XX	ER240	. . .
XM-14	S21460	A 666	. . .	720	105	380	55	40	E240-XX	ER240	. . .
XM-17	S21600	A 240	SHEET HIGHER STRENGTH	620	90	345	50	40	E209-XX	ER209	. . .
XM-18	S21603	A 240	SHEET HIGHER STRENGTH	620	90	345	50	40	E209-XX	ER209	. . .
. . .	S21800	A 240	NITRONIC 60	655	95	345	50	35	E240-XX	ER218	. . .
XM-10	S21900	A 276	NITRONIC 40	620	90	345	50	45	E219-XX	ER219	. . .
XM-11	S21904	A 666	SHEET HIGHER STRENGTH	620	90	345	50	45	E219-XX	ER219	. . .
XM-29	S24000	A 240	NITRONIC 33	690	100	380	55	40	E240-XX	ER240	. . .
XM-28	S24100	A 276	NITRONIC 32	690	100	380	55	30	. . .	. . .	. . .
. . .	S28200	A 276	. . .	760	110	415	60	35	. . .	. . .	. . .
301	S30100	A 666	LOWER STRENGTH IN A 167	620	90	205	30	40	. . .	. . .	. . .
302	S30200	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E308-XX	ER308	**E308T-X**
302	S30200	666	. . .	515	75	205	30	40	E308-XX	ER308	**E308T-X**
302B	S30215	A 167	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	. . .
303	S30300	A 473	. . .	515	75	205	30	40	NCW	NCW	**NCW**
XM-5	S30310	A 582	. . .	NS	NS	NS	NS	NS	NCW	NCW	**NCW**

جدول-۱۵۳ : الکترودهای معرفی شده برای جوشکاری متریالهای مختلف استنلس استیل بر اساس ASM

DESIGNATION	UNS NO.	ASTM SPECIFICATION	COMMENTS	TENSILE STRENGTH		YIELD STRENGTH		ELONGATION, %	MATCHING FILLER METALS		
				MPA	KSI	MPA	KSI		A5.4	A5.9(A)	A5.22
303SE	S30323	A 473	. . .	515	75	205	30	40	NCW	NCW	**NCW**
XM-2	S30345	A 582	. . .	NS	NS	NS	NS	NS	NCW	NCW	**NCW**
XM-3	S30360	A 582	. . .	NS	NS	NS	NS	NS	NCW	NCW	**NCW**
304	S30400	A 240, A 666	. . .	515	75	205	30	40	E308-XX	ER308	**E308T-X**
TP304	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E308-XX	ER308	**E308T-X**
304L	S30403	A 240, A 666	. . .	480	70	170	25	40	E308L-XX	ER308L	**E308LT-X**
304H	S30409	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E308H-XX	ER308H	**E308T-X**
TP304H	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E308H-XX	ER308H	**E308-X**
. . .	S30415	A 240	. . .	600	87	290	42	40	. . .	. . .	**. . .**
XM-7	S30430	A 276	. . .	480	70	170	25	40	. . .	. . .	**. . .**
304N	S30451	A 240	. . .	550	80	240	35	30	. . .	. . .	**. . .**
304N	. . .	A 376	. . .	550	80	240	35	35	. . .	. . .	**. . .**
XM-21	S30452	A 240	SHEET HIGHER STRENGTH	585	85	275	40	30	. . .	. . .	**. . .**
304LN	S30453	A 240	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	**. . .**
304LN	S30453	A 666	. . .	550	80	240	35	40	. . .	. . .	**. . .**
TP304LN	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	. . .	. . .	**. . .**
. . .	S30454	A 276	. . .	620	90	245	50	30	. . .	. . .	**. . .**
305	S30500	A 240	LOWER STRENGTH IN A 167	515	75	205	30	40	E308-XX	ER308	**E308T-X**
306	S30600	A 240	. . .	540	78	240	35	40	. . .	. . .	**. . .**
RA85H	S30615	A 240	. . .	620	90	275	40	35	. . .	. . .	**. . .**
308	S30800	A 167	. . .	515	75	205	30	40	E308-XX	ER308	**E308T-X**
. . .	S30815	A 167, A 240	. . .	600	87	310	45	40	. . .	. . .	**. . .**
309	S30900	A 167	. . .	515	75	205	30	40	E309-XX	ER309	**E309T-X**
309S	S30908	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E309-XX	ER309	**E309T-X**
309H	S30909	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E309-XX	ER309	**E309T-X**
309CB	S30940	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E309CB-XX	. . .	**. . .**
309HCB	S30949	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E309CB-XX	. . .	**. . .**
310	S31000	.167	. . .	515	75	205	30	40	E310-XX	ER310	**E310T-X**
310S	S31008	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E310-XX	ER310	**E310T-X**

DESIGNATION	UNS NO.	ASTM SPECIFICATION	COMMENTS	TENSILE STRENGTH		YIELD STRENGTH		ELONGATION, %	MATCHING FILLER METALS		
				MPA	KSI	MPA	KSI		A5.4	A5.9(A)	A5.22
310H	S31009	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E310-XX	ER310	**E310T-X**
310CB	S31040	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E310CB-XX	. . .	**. . .**
310HCB	S31049	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E310CB-XX	. . .	**. . .**
310MOLN	S31050	A 240	. . .	550	80	240	35	30	. . .	. . .	**. . .**
254SMO	S31254	A 240	. . .	650	94	305	44	35	. . .	. . .	**. . .**
314	S31400	A 276	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	**. . .**
316	S31600	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E316-XX	ER316	**E316T-X**
316	S31600	A 666	. . .	515	75	205	30	40	E316-XX	ER316	**E316T-X**
TP316	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E316-XX	ER316	**E316T-X**
316L	S31603	A 240	. . .	480	70	170	25	40	E316L-XX	ER316L	**E316LT-X**
316L	S31603	A 666	. . .	480	70	170	25	40	E316L-XX	ER316L	**E316LT-X**
316H	S31609	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E316H-XX	ER316H	**E316T-X**
TP316H	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E316H-XX	ER316H	**E316T-X**
316TI	S31635	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E318-XX	ER318	**. . .**
316CB	S31640	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E318-XX	ER318	**. . .**
316N	S31651	A 240	. . .	550	80	240	35	35	. . .	. . .	**. . .**
316N	S31651	A 666	. . .	550	80	240	35	40	. . .	. . .	**. . .**
316N	. . .	A 376	. . .	550	80	240	35	35	. . .	. . .	**. . .**
316LN	S31653	A 240	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	**. . .**
TP316LN	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	. . .	. . .	**. . .**
. . .	S31654	A 276	. . .	620	90	345	50	30	. . .	. . .	**. . .**
317	S31700	A 240	. . .	515	75	205	30	35	E317-XX	ER317	**E317LT-X**
317L	S31703	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E317L-XX	ER317L	**E317LT-X**
317LM	S31725	A 240	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	**. . .**
317LM	S31725	A 376	. . .	515	75	205	30	35	. . .	. . .	**. . .**
E17LMN	S31726	A 240	. . .	550	80	240	35	40	. . .	. . .	**. . .**
317LMN	S31726	A 376	. . .	550	80	240	35	35	. . .	. . .	**. . .**
317LN	S31753	A 240	. . .	550	80	240	35	40	. . .	. . .	**. . .**

جدول-۱۵۴ : الکترودهای معرفی شده برای جوشکاری متریالهای مختلف استنلس استیل بر اساس ASM

DESIGNATION	UNS NO.	ASTM SPECIFICATION	COMMENTS	TENSILE STRENGTH		YIELD STRENGTH		ELONGATION, %	MATCHING FILLER METALS		
				MPA	KSI	MPA	KSI		A5.4	A5.9(A)	A5.22
321	S32100	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER321	**E347T-X**
TP321	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E347-XX	ER321	**E347T-X**
321H	S32109	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER321	**E347T-X**
TP321H	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E347-XX	ER321	**E347T-X**
. . .	S32615	A 240	. . .	550	80	220	32	25	. . .	. . .	**. . .**
347	S34700	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER347	**E347T-X**
TP347	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E347-XX	ER347	**E347T-X**
347H	S34709	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER347	**E347T-X**
TP347H	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E347-XX	ER347	**E347T-X**
348	S34800	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER347	**E347T-X**
TP348	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E347-XX	ER347	**E347T-X**
348H	S34809	A 240	. . .	515	75	205	30	40	E347-XX	ER347	**E347T-X**
16-8-2H	. . .	A 376	. . .	515	75	205	30	35	E16-8-2-XX	ER16-8-2	**. . .**
XM-15	S38100	A 240	. . .	515	75	205	30	40	. . .	. . .	**. . .**
320	N08020	B 463	. . .	550	80	240	35	30	E320-XX	ER320	**. . .**
SANICRO 28	N08028	B 709	. . .	505	73	215	31	40	E383-XX	ER383	**. . .**
330	N08330	B 536	. . .	480	70	205	30	30	E330-XX	ER330	**. . .**
AL-6XN	N08367	B 688	. . .	690	100	310	45	30	. . .	. . .	**. . .**
904L	N08904	B 625	. . .	490	71	215	31	35	E385-XX	ER385	**. . .**
25-6MO	N08925	B 625	. . .	600	87	295	43	40	. . .	. . .	**. . .**
CF-8	. . .	A 743	. . .	480	70	205	30	35	E308-XX	ER308	**E308T-X**
CG-12	. . .	A 743	. . .	480	70	195	28	35	E309-XX	ER309	**E309T-X**
CF-20	. . .	A 743	. . .	480	70	205	30	30	E308-XX	ER308	**E308T-X**
CF-8M	. . .	A 743, A 744	. . .	480	70	205	30	30	E316-XX	ER316	**E316T-X**
CF-8C	. . .	A 743, A 744	. . .	480	70	205	30	30	E347-XX	ER321	**E347T-X**
CF-16F	. . .	A 743	. . .	480	70	205	30	25	. . .	. . .	**. . .**
CH-20	. . .	A 743	. . .	480	70	205	30	30	E309-XX	ER309	**E309T-X**
CK-20	. . .	A 743	. . .	450	65	195	28	30	E310-XX	ER310	**E310T-X**
CE-30	. . .	A 743	. . .	550	80	275	40	10	. . .	. . .	**. . .**
CF-3	. . .	A 743, A 744	. . .	480	70	205	30	35	E308L-XX	ER308L	**E308LT-X**
CF10SMNN	. . .	A 743	. . .	585	85	290	42	30	. . .	. . .	**. . .**

DESIGNATION	UNS NO.	ASTM SPECIFICATION	COMMENTS	TENSILE STRENGTH		YIELD STRENGTH		ELONGATION, %	MATCHING FILLER METALS		
				MPA	KSI	MPA	KSI		A5.4	A5.9(A)	A5.22
CF-3M	. . .	A 743 , A 744	. . .	480	70	205	30	30	E316L-XX	ER316L	**E316LT-X**
CF-3MN	. . .	A 743	. . .	515	75	255	37	35	. . .	. . .	**. . .**
CGMMN	. . .	A 743	. . .	585	85	290	42	30	. . .	. . .	**. . .**
CG-8M	. . .	A 743 , A 744	. . .	515	75	240	35	25	E317-XX	ER317	**E317LT-X**
CN-3M	. . .	A 743	. . .	435	63	170	25	30	E385-XX	. . .	**. . .**
CM-7M	. . .	A 743, A 744	. . .	425	62	170	25	35	E320-XX	ER320	**. . .**
CM-7MS	. . .	A 743, A 744	. . .	480	70	205	30	35	. . .	. . .	**. . .**
CK-3MCUN	**. . .**	**A 743, A 744**	**. . .**	**550**	**80**	**260**	**38**	**35**	**. . .**	**. . .**	**. . .**

NS, not specified; NCW, not considered weldable.

*- راهنمای انتخاب الکترود مصرفی برای فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا

در جدول 2 از جلد ۶ این کتاب (ASM Volume 6, Table 3(B) Page 1630 of 2873 pdf) ، برای فولادهای کم آلیاژ استحکام بالا الکترود و فیلر متال معرفی شده است مطابق زیر:

جدول-۱۵۵ : الکترودهای معرفی شده برای جوشکاری متریالهای HSLA بر اساس ASM VOL. 6

TABLE 2 GUIDELINES FOR SELECTING CONSUMABLES TO WELD HSLA STRUCTURAL STEELS

PROCESS	FILLER METAL		BASE MATERIAL			
			ASTM SPECIFICATION	THICKNESS		GRADE
	ANSI/AWS SPECIFICATION	CONSUMABLE[A]		MM	IN.	
SMAW	A5.1	E7015; E7016; E7018; E7028; E7048	A 242	≤ 100	≤ 4	. . .
			A 441	ALL	ALL	. . .
			A 572	. . .	. . .	**42; 50**
			A 588	≤ 100	≤ 4	. . .
			A 633	≤ 65	$\leq 2\frac{1}{2}$	**A, B, C, D**
	A5.5	E8015-XX; E8016-XX; E8018-XX[B]	A 572	. . .	. . .	**60, 65**
			A 633	. . .	. . .	**E**

(A) CONSULT THE APPROPRIATE ANSI/AWS FILLER METAL SPECIFICATION FOR INFORMATION ON THE SIGNIFICANCE OF "X" USED IN THE FILLER METAL DESIGNATIONS. OTHER CLASSIFICATIONS OF FILLER METAL (FOR EXAMPLE, A5.5; E80XX-XX, E7018-W, OR E8018-W COVERED ELECTRODES), AND CORRESPONDING ELECTRODES FOR SAW, GMAW, AND FCAW PROCESSES MAY BE REQUIRED TO ACHIEVE NOTCH TOUGHNESS REQUIREMENTS OR TO MATCH ATMOSPHERIC CORROSION AND WEATHERING CHARACTERISTICS.

(B) FOR BRIDGES, THE WELD METAL SHALL HAVE A MINIMUM CHARPY V-NOTCH IMPACT STRENGTH OF 27 J (20 FT · LBF) AT -20 °C (0 °F).

*- جدول 2 راهنمایی است برای انتخاب مواد مصرف شدنی برای جوش فولادهای با استحکام بالا (HSLA)

(A) برای اطلاعات در مورد علامت x که در نام گذاری فیلر متال استفاده می گردد به مشخصات فیلر متال ANSI/AWS مراجعه شود. دیگر دسته بندی فیلر متالها (برای مثال الکترود های پوشش دار A5.5: E80XX-XX یا E7018-W یا E8018-W

(B) برای پل ها، فلز جوش باید حداقل انرژی چارپی ۲۷ ژول در دمای (-20 ^{o}C) را داشته باشد. (جذب کند)

۳-۳- روش سوم بر اساس Data Sheet های ارائه شده توسط سازندگان الکترود

برای انتخاب الکترود و فیلر متال می توان از Data Sheet های ارائه شده توسط سازندگان الکترود استفاده نمود که در اینجا به بخشی از این Data Sheet ها اشاره می شود:

در دنیا تمام سازندگان فیلرمتال و الکترودهای جوشکاری برای کیفیت محصولاتشان اهمیّت زیادی قائل می باشند و در این راستا برای ارتقاء کیفیت محصولاتشان در همه‌ی زمینه ها فعالیت می کنند. این فعالیتها در برگیرنده تحقیقات علمی، آزمایشات دقیق متالورژی، تبلیغات گسترده و ارائه خدمات فنی و اطلاعاتی می باشند. یکی از راه های ارائه خدمات فنی و اطلاعاتی به استفاده کنندگان محصولات این است که مشخص شود این محصول (فیلر متال یا الکترود) برای چه متریالهایی مناسب می باشند تا شرایط استفاده برای خریداران محصولات آسان شود. البته برای سازندگان، لازمه‌ی این کار داشتن یک تیم بسیار قوی از کارشناسان متالورژیست است تا بتوانند این موضوع را با اطلاعات دقیقی که از ساختار متالورژی متریالها دارند، بررسی نمایند. در دنیا سازندگان محصولات جوشکاری بسیار زیاد می باشند اما فقط تعداد اندکی از آنها توانستند بصورت جهانی فعالیت کنند و محصولات با کیفیت خود را در دنیای صنعتی امروز ارائه نمایند. این شرکتها با توجه به سابقه و قدمتی که دارند و نیز با توجه به داشتن کارشناسان بسیار مجرب توانستند با ارائه خدمات فنی و اطلاعاتی خود به استفاده

کنندگان محصولاتشان این اطمینان را بدهند که این اطلاعات بسیار دقیق و حساب شده می باشد و نتیجه‌ی تحقیق و بررسی گسترده تیم کارشناسان آنها بوده است.

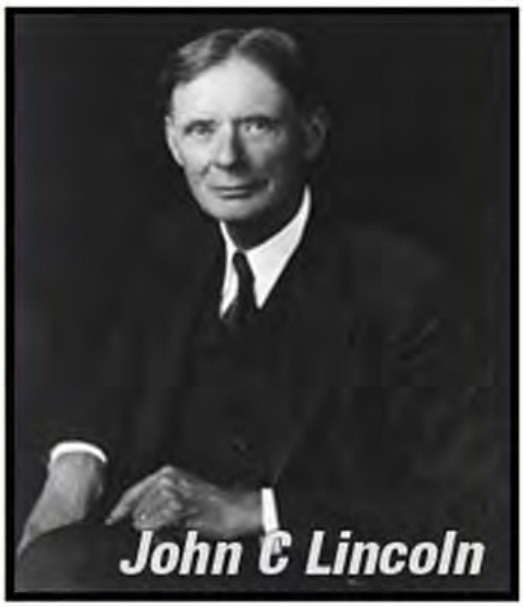
در دنیای صنعتی امروزه می توان به شرکتهای بسیار باتجربه و مشهور در زمینه‌ی ساخت فیلرمتال و الکترود اشاره کرد از جمله:

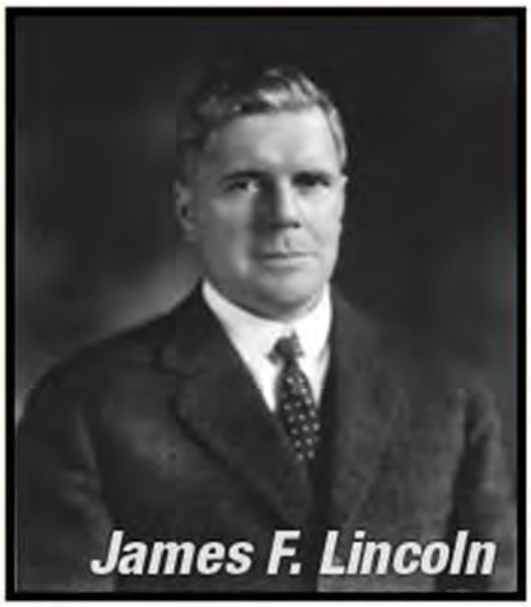
- شرکت امریکایی Lincoln
- شرکت امریکایی Hobart
- شرکت امریکایی Williams Metals and Welding Alloys
- شرکت امریکایی Special Metal
- شرکت سوئدی Avesta
- شرکت سوئدی Esab
- شرکت ژاپنی Kobel Co.
- شرکت اتریشی Bohler
- شرکت کره جنوبی Hyundai Co.
- شرکت ایرانی AMA

■- شرکت Lincoln

شرکت امریکایی Lincoln یکی از شرکتهای قدرتمند و با سابقه در زمینه ساخت قطعات و وسایل جوشکاری است. این شرکت در سال 1895 توسط John C. Lincoln تاسیس گردید. روش Lincoln Electric در ارائه راه حل های ابتکاری، پیشرفت تکنولوژیکی، تعهد نسبت به مشتریان، کارکنان و سهامداران ریشه در توانایی و بصیرت بنیان گذار شرکت، John C. Lincoln و برادرش James F. Lincoln دارد. 125 سال سابقه‌ی درخشان که نتیجه‌ی تلاش مستمر و خستگی ناپذیر مدیران و کارکنان این شرکت می باشد باعث شده نام شرکت Lincoln در دنیای صنعتی به خوبی یاد شود و جایگاه برتری در صنعت جوشکاری از خود نشان دهد. محصولات این شرکت همچون سیم جوش، رکتی فایر و دیگر ماشین آلات جوشکاری در دنیا صنعتی امروزه دارای کیفیت بسیار مرغوبی می باشند. شرکت لینکلن همراه با اطلاعات ارائه شده‌ی محصولات خود، برای فرآیندهای مختلف جوشکاری متریالهای مناسب را معرفی می نماید. یقیناً این اطلاعات نتیجه‌ی سالها تحقیق و بررسی تیم کارشناسان و نیروهای بسیار مجرب این شرکت می باشد. بنابراین یکی از راه های انتخاب الکترود و فیلر متال استفاده از تجربیات این گونه شرکت ها می باشد که از پشتوانه‌ی محکم تحقیق، بررسی و تجربه برخوردار می باشند. در اینجا به برخی از متریالهایی که توسط شرکت لینکلن برای آنها فیلر و الکترود معرفی شده است، اشاره می گردد:

LINCOLN® ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS®





125 YEARS OF EXCELLENCE

Lincoln Electric's tradition of innovative solution, technological Leadership and commitment to customers, employees, and Shareholders stems from the vision of its founder, John C. Lincoln and his brother, James F. Lincoln.

شکل-۳۶۱ : برادران لینکلن بنیانگذاران شرکت لینکلن

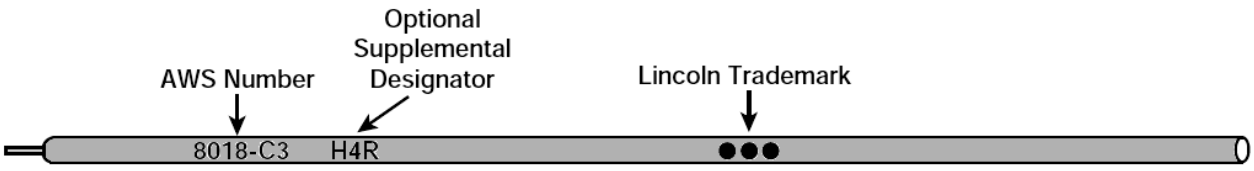
جدول-۱۵۶ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریالهای استنلس استیل فریتی توسط شرکت لینکلن

TABLE XII — Filler Metals for Welding Ferritic Stainless Steels

Base Stainless Steel		Recommended Filler Metal		
Wrought	Cast	Coated Electrode	Solid, Metal Core Wire	Flux Core Wire
405		E410NiMo, E430	ER410NiMo, ER430	E410NiMoTX-X
409			ER409, AM363, EC409	E409TX-X
429			ER409Cb	
430	CB-30	E430	ER430	E430TX-X
430F		E430	ER430	E430TX-X
430FSe		E430	ER430	E430TX-X
434			ER434	
442		E442, E446	ER442	
444		E316L	ER316L	
446	CC-50	E446	ER446	
26-1			ER26-1	

From AWS Filler Metal Specifications: A5.4, A5.9, A5.22

ELECTRODE IDENTIFICATION AND OPERATING DATA



شکل-۳۶۲ : نحوی نگارش مشخصات الکترود روی الکترود در شرکت لینکلن

جدول-۱۵۷ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریالهای استنلس استیل آستنیتی توسط شرکت لینکلن

LINCOLN® ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS

TABLE XI — Filler Metals for Welding Austenitic Stainless Steels

Base Stainless Steel		Recommended Filler Metal		
Wrought	Cast	Coated Electrode	Solid, Metal Core Wire	Flux Core Wire
201		E209, E219, E308	ER209, ER219, ER308, ER308Si	E308TX-X
202		E209, E219, E308	ER209, ER219, ER308, ER308Si	E308TX-X
205		E240	ER240	
216		E209	ER209	E316TX-X
301		E308	ER308, ER308Si	E308TX-X
302	CF-20	E308	ER308, ER308Si	E308TX-X
304	CF-8	E308, E309	ER308, ER308Si, ER309, ER309Si	E308TX-X, E309TX-X
304H		E308H	ER308H	
304L	CF-3	E308L, E347	ER308L, ER308LSi, ER347	E308LTX-X, E347TX-X
304LN		E308L, E347	ER308L, ER308LSi, ER347	E308LTX-X, E347TX-X
304N		E308, E309	ER308, ER308Si, ER309, ER309Si	E308TX-X, E309TX-X
304HN		E308H	ER308H	
305		E308, E309	ER308, ER308Si, ER309, ER309Si	E308TX-X, E309TX-X
308		E308, E309	ER308, ER308Si, ER309, ER309Si	E308TX-X, E309TX-X
308L		E308L, E347	ER308L, ER308LSi, ER347	E308LTX-X, E347TX-X
309	CH-20	E309, E310	ER309, ER309Si, ER310	E309TX-X, ER310TX-X
309S	CH-10	E309L, E309Cb	ER309L, ER309LSi	E309LTX-X, E309CbLTX-X
309SCb		E309Cb		E309CbLTX-X
309CbTa		E309Cb		E309CbLTX-X
310	CK-20	E310	ER310	E310TX-X
310S		E310Cb, E310	ER310	E310TX-X
312	CE-30	E312	ER312	E312T-3
314		E310	ER310	E310TX-X
316	CF-8M	E316, E308Mo	ER316, ER308Mo	E316TX-X, E308MoTX-X
316H	CF-12M	E316H, E16-8-2	ER316H, ER16-8-2	E316TX-X, E308MoTX-X
316L	CF-3M	E316L, E308MoL	ER316L, ER316LSi, ER308MoL	E316LTX-X, E308MoLTX-X
316LN		E316L	ER316L, ER316LSi	E316LTX-X
316N		E316	ER316	E316TX-X
317	CG-8M	E317, E317L	ER317	E317LTX-X
317L		E317L, E316L	ER317L	E317LTX-X
321		E308L, E347	ER321	E308LTX-X, E347TX-X
321H		E347	ER321	E347TX-X
329		E312	ER312	E312T-3
330	HT	E330	ER330	
330HC		E330H	ER330	
332		E330	ER330	
347	CF-8C	E347, E308L	ER347, ER347Si	E347TX-X, E308LTX-X
347H		E347	ER347, ER347Si	E347TX-X
348		E347	ER347, ER347Si	E347TX-X
348H		E347	ER347, ER347Si	E347TX-X
Nitronic 33		E240	ER240	
Nitronic 40		E219	ER219	
Nitronic 50		E209	ER209	
Nitronic 60			ER218	
254SMo		ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3	
AL-6XN		ENiCrMo-10	ERNiCrMo-10	

جدول-۱۵۸ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریالهای مارتنزیتی و داپلِکس استنلس استیل توسط شرکت لینکلن

LINCOLN® ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS

TABLE XIII — Filler Metals for Welding Martensitic and Duplex Stainless Steels

Base Stainless Steel		Recommended Filler Metal		
Wrought	Cast	Coated Electrode	Solid, Metal Core Wire	Flux Core Wire
403		E410	ER410	E410TX-X
410	CA-15	E410, E410NiMo	ER410, ER410NiMo	E410T, E410NiMoTX-X
410S		E410NiMo	ER410NiMo	E410NiMoTX-X
414		E410	ER410	E410TX-X
416		E410	ER312, ER410	
416Se			ER312	
416PlusX			ER312	
420	CA-90	E410, E430	ER420, ER410	E410TX-X
420F			ER312	
431	CB-30	E410, E430	ER410	E410TX-X
440A		a		
440B		a		
440C		a		
	CA-6NM	E410NiMo	ER410NiMo	E410NiMoTX-X
	CA-15	E430	ER430	E430TX-X
2205		E2209	ER2209	
2304		E2209	ER2209	
255		E2553	ER2553	

a = Welding not recommended. From AWS Filler Metal Specifications: A5.4, A5.9, A5.22

جدول-۱۵۹ : الکترودهای معادل در استاندارد AWS برای الکترودهای تجاری شرکت لینکلن

Lincoln Product Name	AWS Classification	Lincoln Product Name	AWS Classification
SA-85, 85P	E7010-G	LH-8018-C3 MR	E8018-C3
SA-70+	E8010-G	Jet-LH 8018-B2 MR	E8018-B2
SA-80	E8010-G	Jet-LH 9018-B3 MR	E9018-B3
SA-90	E9010-G	Jet-LH 9018-B3L MR	E9018-B3L
HYP	E7010-G	LH-90 MR	E8018-B2
LH-75 MR	E7018-1	LH-110M MR	E11018-M1
LH-78 MR	E7018	LH-100M1 MR	MIL-10018-M1
LH-8018-C1 MR	E8018-C1		

جدول-۱۶۰ : درصد عناصر موجود در الکترود بر اساس حرف پسوند الکترودها

LOW ALLOY STEEL COATED ELECTRODES, CONT'D SUFFIX TABLE			
Suffix	Steel Alloy Type	Chemical Composition Weld Deposit	
-A1	Carbon-Molybdenum	0.40 - 0.65 Mo	
-B1	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.65 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2	Chromium-Molybdenum	1.00 - 1.50 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B2	
-B3	Chromium-Molybdenum	2.00 - 2.50 Cr	0.90 - 1.20 Mo
-B3L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B3	
-B4L	Chromium-Molybdenum	1.75 - 2.25 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B5	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.60 Cr	1.00 - 1.25 Mo
-B6	Chromium-Molybdenum	4.6 - 6.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B6L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B6	
-B7	Chromium-Molybdenum	6.0–8.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B7L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B7	
-B8	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.8 - 1.2 Mo
-B8L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B8	
-B23	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.3 Mo
-B24	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.8–1.20 Mo
-B91	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.85–1.20 Mo
-B92	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.0 Cr	0.3 – 0.7 Mo

LOW ALLOY STEEL COATED ELECTRODES, CONT'D SUFFIX TABLE			
Suffix	Steel Alloy Type	Chemical Composition Weld Deposit	
-C1	Nickel Steel	2.00 - 2.75 Ni	
-C1L	Nickel Steel	Lower Carbon C1	
-C2	Nickel Steel	3.00 - 3.75 Ni	
-C2L	Nickel Steel	Lower Carbon C2	
-C3	Nickel Steel	0.80 - 1.10 Ni	
-C3L	Nickel Steel	Lower Carbon C3	
-C4	Nickel Steel	1.10 - 2.00 Ni	
-C5L	Nickel Steel	Lower Carbon C3	
-NM1	Nickel-Molybdenum	0.80 - 1.10 Ni	0.40 - 0.65 Mo
-NM2	Nickel-Molybdenum	1.40–2.10 Ni	0.20–0.50 Mo
-D1	Manganese-Molybdenum	1.00 - 1.75 Mn	0.25 - 0.45 Mo
-D2	Manganese-Molybdenum	1.65 - 2.00 Mn	0.25 - 0.45 Mo
-D3	Manganese-Molybdenum	1.00 - 1.80 Mn	0.40 - 0.65 Mo
-G		No required chemistry	
-M	Military grade	May have more requirements	
-P1	Pipeline Steel Electrodes	1.00 Ni	0.50 Mo
-P2	Pipeline Steel Electrodes	1.00 Ni	0.50 Mo
-W1	Weathering Steel	Ni, Cr, Mo, Cu	
-W2	Weathering Steel	Ni, Cr, Mo, Cu	

جدول-۱۶۱ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

SUGGESTED ELECTRODES FOR SPECIFIC STEELS
(See "HOW TO SELECT ELECTRODES" above) LINCOLN® ELECTRIC

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A27	Carbon Steel Castings	All	(1)
A36	Structural - 36,000 Min. YS	All	(2)
A53	Carbon Steel Pipe	All	(2), (4)
A105	Forgings for Piping		LH-78 MR
A106	Carbon Steel Pipe	A, B, & C	(2)
A131	Structural for Ships	A, B, D, DS, CS, E	(1), (2)
		AH32, AH36, DH32, DH36, EH32 & EH36	(1) (3)
		AH40, DH40 & EH40	(1)
A134	Carbon Steel Pipe	See A36, A283, A285 or A570	
A135	Carbon Steel Pipe	A & B	(2), (4)
A139	Carbon Steel Pipe	A , B, C, D & E	(2), (4)
A148	Castings for Structural Steel	80-40 & -50	LH-8018-C3 MR
		90-60	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		105-85 & 115-95	LH-110M MR, LH100M1 MR
A161	Carbon Steel Still Tubes	Low Carbon	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
	Carbon-Moly Steel Still Tubes	T1 (.5% Mo)	SA-85, 85P
A178	Electric - Resistance Welded	A, B, & C	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A179	Heat Exchangers		LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A181	Forgings for General Service Piping	Class 60 & 70	LH-75 MR or LH-78 MR
A182	High Temperature Fittings, etc.	F1 (.5% Mo)	SA-85, 85P
		F2, F11, & F12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		& F22	Jet -LH 9018-B3 MR
A184	Bar Mats for Concrete Reinforcement	See A615, A616, A617, A706	
A192	Boiler Tube for High Pressure Service	7" max Dia.	(2), (4)
A199	Heat Exchanger Tubes	T4 & T22	Jet-LH 9018-B3 MR
		T11	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
A200	Refinery Still Tubes	T4 & T22	Jet-LH 9018-B3 MR
		T11	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
A202	Pressure Vessel - Cr. Mn Si	A	LH-8018-C3 MR
		B	LH100M1 MR

جدول-۱۶۲ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A203	Pressure Vessel - Ni	A, B, D, & E	LH-8018-C1 MR
A209	Carbon-Moly Boiler Tubes	T1, T1a, & T1b	SA-85, 85P, LH-75MR, LH-78MR
A210	Carbon Steel Boiler Tubes	A-1	(2), (4)
		C	SA-85, 85P, LH-75MR, LH-78MR
A211	Spiral Welded Pipe	See A570	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A213	Boiler Tubes	T2, T11, T12, & T17	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		T22 (2.25% Cr, 1% Mo)	Jet-LH 9018-B3 MR
A214	Heat Exchanger Tubes		LH-75 MR or LH-78 MR
A216	Carbon Steel Castings - High Temperature	WCA, WCB, & WCC	(1)
A217	High Temperature Cast Fittings, etc.	WC4, WC5, & WC6	
		WC9	Jet-LH 9018-B3 MR
A225	Pressure Vessell - Mn V Ni	C	LH-110M MR
		D	LH-8018-C3 MR
A226	High Pressure Service		LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A234	Wrought Welding Fittings	WPB & WPC	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
		WP1	SA-85, 85P
		WP11 & WP12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		WP22	Jet-LH 9018-B3 MR
A242	High Pressure Structural	Groups 1, 2, 3, 4, & 5	(1), (6)
A250	Carbon-Moly Tubes	T1, T1a & T1b	SA-85, 85
		T2, T11, & T12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		T22	Jet-LH 9018-B3 MR
A252	Carbon Steel Pipe	1, 2 & 3	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A266	Pressure Vessel Forgings	1, 2 & 4	(1)
		3	LH-8018-C3 MR
A283	Structural Plates	A, B, C, & D	(2)
A284	Carbon - Silicon Steel Plates	C & D	(2)
A285	Pressure Vessel Plate	A, B, & C	(2)
A299	Pressure Vessel Plate - Mn. Si		LH-8018-C3 MR
A302	Pressure Vessel - Mn Mo and Mn Mo Ni	B, C, & D	LH-100M1 MR
A328	Steel Sheet Piling		(1)
A333 & A334	Low Temperature Pipe	1 & 6	LH-75, LH-78 or LH-8018-C3 MR
		7	LH-8018-C1 MR
A335	High Temperature Pipe	P1 & P15	SA-85, 85P
		P2, P11, & P12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		P22	Jet-LH 9018-B3 MR
A336	Pressure Vessel Forgings	F1	
		F11 & F12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		F21 & F22	Jet-LH 9018-B3 MR
A350	Low Temperature Fittings, etc.	LF1	LH-75, LH-78 or LH-8018-C3 MR
		LF2	LH-75 MR, LH-8018-C3 MR
		LF5	LH-8018-C1 MR
		LF 6 Class 1 & Class 2	LH-100M1 MR
		LF 6 Class 3	LH-75, LH-78 or LH-8018-C3 MR
A352	Low Temperature Castings	LCA, LCB & LCC	LH-75 MR
		LC2	
A352	Low Temperature Castings	LCA, LCB & LCC	LH-75 MR
		LC2	
A356	Steam Turbine Castings	1	(3)
		5, 6, 8 & 9	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		10	Jet-LH 9018-B3 MR

جدول-۱۶۳ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A366	Carbon Steel Sheets		(2)
A369	High Temperature Pipe	FPA & FPB	(4)
		FP1	SA-85, 85P
		FP2, FP11 & FP12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		FP21 & FP22	Jet-LH 9018-B3 MR
A372	Pressure Vessel Forgings	Type I	(1)
		Type II	LH-8018-C3 MR
		Type IV, V (Class 65)	LH-110M MR
A381	High Pressure Pipe	Y35, Y42, & Y46	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
		Y48	LH-75 MR, LH-78 MR, (2)
		Y50 & Y52	HYP, LH-75 MR, LH-78 MR
		Y56	SA70+, SA80, LH-75MR, LH-78MR
		Y60	SA70+, SA80, HYP
		Y65	SA70+, SA80
A387	Pressure Vessel Plate - CrMo	2, 11, & 12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		22	Jet-LH 9018-B3 MR
A389	High Temperature Castings	C23	LH-90 MR
		C24	Jet-LH 9018-B3 MR
A405	High Temperature Pipe	P24	Jet-LH 9018-B3 MR
A414	Pressure Vessel Sheet	A, B, C, & D	(2), (5)
		E, F, & G	(1)
A420	Low Temperature Fittings	WPL6	LH-75, LH-78, LH-8018-C3 MR
		WPL9	LH8018-C1 MR
A423	Low Alloy Tubes	1	LH-90 MR
		2	LH-8018-C3 MR
A426	High Temperature Cast Pipe	CP1	SA-85, 85P
		CP2, CP11, CP12	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		CP15	SA-85, 85P
		CP21 & CP22	Jet-LH 9018-B3 MR
A442	Plate with Improved Transition Properties	55 & 60	(1)
A455	Pressure Vessel Plate - C Mn		LH-8018-C3 MR, (1), (8)
A469	Vacuum-Treated Steel Forgings	Class 1	LH-8018-C3 MR
		Class 2	LH-8018-C1 MR
		Class 3	
A470	Alloy Steel Forgings	Class 1	LH-8018-C3 MR
		Class 2	LH-8018-C1 MR
		Class 4 & 6, 8	LH-110M MR
A487	Castings for Pressure Service	10A, 4B, 8B, 13B	LH-110M MR
		11A, 12A	LH-90 MR, Jet-KLH 8018-B2 MR
		9D, 11B, 12B	LH-110M MR
		6A	LH-8018-C3 MR
A498	Condenser Tubes	See A199, A213 & A334	
A500	Structural Tubing	A, B, & C	(2)
		D	LH-75MR, LH-78 MR
A501	Structural Tubing		(2)

جدول-۱۶۴ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A508	Pressure Vessel Forgings Quenched & Tempered	1 & 1A	(1)
		2-C1 & C2, 3-C2	LH-100M1 MR
		4N-C3	LH-110M MR
		4N-C1 & 5-C1	LH-110M MR
		22-C3	Jet-LH 9018-B3 MR
A514	Quenched & Tempered Plate	All Grades > 2-1/2"	LH-110M (7)
		All Grades 2-1/2" & under	LH-110M (7)
A515	High Temperature Pressure Vessel	60, 65 & 70	(1)
A516	Pressure Vessel Plate	55, 60, 65 & 70	(1)
A517	Pressure Vessel Quenched & Tempered	All Grades 2-1/2" & under	(7)
		All Grades 2-1/2" - 6"	LH-110M MR, (7)
A521	Closed Die Forgings	CA, CC & CC1	(1)
		AE	LH-110M MR
A523	High Pressure Pipe	A & B	LH-75 MR or LH-78 MR, (4)
A524	Seamless Carbon Steel Pipe	I & II	LH-75 MR, LH-78 MR, (2)
A529	Structural - 42,000 Min. YS	42 & 50	(1)
A533	Quenched & Tempered Plate	Class 1, Type A, B, C & D	LH-8018-C3
		Class 2, Type A, B, C & D	LH-110M & (4M)
		Class 3, Type A, B, C & D	LH-110M MR
A537	Pressure Vessel Plate	1	(1)
		2 & 3	LH-8018-C3 MR
A539	Tubing for Gas & Oil Lines	2-3/8", max Dia., 1/8" max Thick	(2), (4)
A541	Pressure Vessel Forgings	1, 1A	(1)
		2-Class 1, & 3-Class 1	LH-8018-C3
		11-Class 4	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
		2 Class 2, 3 Class 2	LH-100M1 MR
		22 Class 4	LH-110M MR
		4N Class 3 & 22 Class 3	LH-100M1 MR
A542	Pressure Vessel Plates Quenched and Tempered	Class 1, Type A, B & C	LH-110M MR
		Class 3, Type A, B & C	LH-110M MR
		Class 4 & 4a, Type A, B & C	LH-100M1 MR
A543	Quenched & Tempered Plate	Class 1, Type B & C	LH-110M, (7)
		Class 3, Type B & C	LH-110M MR
A556	Feedwater Heater Tubes	A2, B2 & C2	LH-75 MR, LH-78 MR, (4)
A557	Electric-Resistance Welded	A2, B2 & C2	LH-75 MR, LH-78 MR, (4)
A562	Pressure Vessel Plate		LH-75 MR, LH-78 MR
A569	Hot-Rolled Sheet		(2)
A570	Structural Sheet & Strip	30, 33, 36, 40 & 45	(2)
		50 & 55	(1)
A572	Structural Plate - Cb V	42 & 50	(1)
		60 & 65	LH-8018-C3 MR
A573	Structural Plate	58, 65 & 70	(1)
A587	Carbon Steel Pipe		LH-75 MR, LH-78 MR, (4)

جدول-۱۶۵ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A588	High Strength Structural	All (Grades A, B, C & K)	LH-8018-C3 MR, (1), (6)
A589	Carbon Steel Pipe	Butt Welded, A & B	LH-75 MR, LH-78 MR, (4)
A595	Structural Tubing	A & B	LH-75 MR, LH-78 MR
		C	LH-75, LH-78, LH-8018-C3 MR
A606	Hot & Cold - Rolled Sheet	All	(1)
A607	High Strength, Low Alloy Sheet	45	(2)
	Hot & Cold - Rolled Sheet	50, 55 & 60	(1)
		65	LH-8018-C3 MR
A611	Structural Sheet	A, B, C & D	(2)
A612	Pressure Vessel - Low Temperature		LH-8018-C3 MR or C1 MR
A615	Billet Steel Bars - Concrete Reinforcement	40	(1)
		75	LH-110M MR
A616	Rail - Steel Bars for Concrete Reinforcement	50	LH-8018-C3 MR
A617	Axle Steel for Concrete Reinforcement	40	(1)
A618	Low Alloy Structural Tubing	Ia, Ib, II, & III	LH-75 MR, LH-78 MR
A620	Drawing Quality Steel Sheet		(2)
A633	Normalized High Strength	A, C & D	LH-8018-C3 MR, (1)
	Low Alloy Structure	E	LH-8018-C3 MR
A656	High Strength Structural	50 & 60	(1)
		70	LH-8018-C3 MR
A660	Cast High Temperature Pipe	WCA	LH-75 MR, LH-78 MR, (4)
		WCB & WCC	LH-75 MR, LH-78 MR
A662	Pressure Vessel - Low Temperature	A, B & C	LH-75 MR
A668	Carbon & Alloy Steel Forgings	A & B	(2)
		C	(1)
		D, E & G	LH-8018-C3 MR
		F	LH-100M1 MR
		K	LH-110M MR
A675	Steel Bars	45, 50, 55 & 60	(2)
		65 & 70	(1)
		75 & 80	LH-8018-C3 MR
A678	Quenched & Tempered Plate	A	LH-8018-C3 MR, (1)
		B	LH-8018-C3 MR
		C & D	LH-110M
A690	H-Piles & Sheet Piling		See A588
A692	Seamless, Low Alloy Steel Tubes		SA-85, SA-85P
A694	Carbon & Alloy Steel Forgings	F42, F46, F48, F50, F52 & F56	LH-75, LH-78, LH-8018-C3 MR
		F60 F F65	LH-8018-C3 MR
A695	Bars for Fluid Power	35 Type A, B, C & D	(2)
		40 Type A, B, C & D	(3)
		45 Type A, C & D	LH-8018-C3 MR
A696	Carbon Steel Bars	B & C	LH-75 MR, LH-78 MR
		C	LH-75 MR, LH-78 MR
A706	Low Alloy Bars - Concrete Reinforcement		LH-8018-C3 MR
A707	Carbon & Alloy Steel Flanges	L1, L2 & L3 Class 1 & 2	LH-75 MR
		L4, L5, L6, Class 1, 2, 3 & 4	LH-8018-C1 MR

جدول-۱۶۶ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A709	Structural Steel for Bridges	36 & 50	(1)
		50W	(1), (6)
		100 & 100W	LH-110-M MR
A710	Low - C Age - Hardening	A, Class 1	LH-90 MR
		A, Class 2	LH-75 MR
		A, Class 3	LH-8018-C1 MR
		B	LH-90 MR
		C, Class 1	LH-110M MR, LH-100M1 MR
A714	Low Alloy Pipe	I, II, & III	LH-75 or LH-78
		IV	LH-8018-C3 MR
		V, Type E, F & S	LH-8018-C1 MR
		VI, VII, & VIII Type E & S	LH-8018-C3 MR
A715	High Strength, Low Alloy Sheet & Strip	50	(2)
		60	(3)
		70	LH-8018-C3
		80	LH-100M1 MR
A724	Pressure Vessel Plates - Quenched & Tempered	A, B & C	LH-100M1 MR, LH-110M MR
A727	Notch-Tough Carbon Steel		LH-75 MR, LH-78 MR
A732	Castings, High Strength at		(1)
	Elevated Temperatures	2Q, 5N	LH-100M1 MR
		3Q, 13Q	LH-110M MR
A734	Pressure Vessel Plates, High Strength,	Type A	LH-8018-C1 MR
	Low Alloy, Quenched & Tempered	Type B	LH-8018-C3 MR
A735	Pressure Vessel Plates	Class 1	LH-8018-C3 MR
		Class 4	LH-110M MR
A736	Pressure Vessel Plates	A, Class 1	LH-100M1 MR
	Low - C Age - Hardening	A, Class 2	LH-75 MR
		A, Class 3	LH-8018-C1 MR
		C, Class 1 & 3	LH-110M MR
A737	Pressure Vessel Plates	B	(1)
	High Strength, Low Alloy	C	LH-8018-C3 MR
A738	Pressure Vessel for Low Temperature Service	A	LH-8018-C3 MR
		B	LH-100M1 MR
		C	LH-8018-C3 MR
A739	Steel Bars, for Elevated Temperature or	B 11	LH-90 MR, Jet-LH 8018-B2 MR
	Pressure Contain Parts	B 22	Jet-LH 9018-B3 MR
A757	Steel Castings, for Pressure Containing	A1Q, A2Q	LH-75 MR
	for Low Temperature Service	B2N, B2Q, & C1Q	LH-8018-C1 MR
		D1N1, D1Q1	LH-110M MR
A758	Pipe Fittings with Improved Notch Toughness	60 & 70	LH-75 MR, LH-78 MR
A765	Pressure Vessel Forgings	I	(1)
		II	LH-75 MR
		IV	LH-8018-C3 MR
A769	Carbon & High Strength Electric Resistance	36, 40 & 45	(2)
		45W & 50W	(3), (6)
		50	(3)
		60	LH-8018-C3 MR
		80	LH-100M1 MR

جدول-۱۶۷ : معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

ASTM Spec. No.	Description	Grades	Suggested Electrodes
A782	Pressure Vessel Plates Quenched & Tempered	Class 1	LH-100M1 MR
		Class 2	LH-110M MR
A808	High Strength, Low Alloy		LH-75 MR
A812	High Strength, Low Alloy Sheet	65	LH-100M1 MR
	Pressure Vessels	80	LH-100M1 MR, LH-110M MR
A822	Steel Tubing, Hydraulic Service		(2), (4)
A832	Pressure Vessel	21V & 22V	Jet-LH 9018-B3 MR
A841	Pressure Vessel Plates		(1)
A847	Low Alloy Tubing		LH-75, LH-78, LH-8018-C3 MR
A850	Steel Bars	Class 1 & 2	(1)
A852	Quenched & Temperred, Low Alloy Structural Plate		LH-100M1 MR
A858	Heat Treated Fittings for Low Temp. & Corrosives		LH-75, LH-78, LH-8018-C3 MR
A859	Steel Forgings, Age Hardening	Class 1 & 2	LH-8018-C1 MR
A860	High Strength Fittings	WPHY 42, 46, & 52	LH-75 MR
A871	High Strength, Low Alloy, Structural with Atmospheric Corrosion Resistance	60 & 65	LH-8018-C3 MR
A873	Steel Sheet, Pressure Vessels	Class I, 2 & 3	Jet-LH 9018-B3L
A907	Hot-Rolled Sheet, Structural Quality	30, 33, 36 & 40	(2)
A913	High Strength, Low Alloy Shapes of Structural Quality	60 & 65	LH-8018-C3 MR
A935	Steel Sheet & Strip, High Strength Low Alloy	45	(2)
		50, 55 & 60	(1)
		65	LH-8018-C3 MR
A936	Steel Sheet & Strip, High Strength, Low Alloy	50	(2)
		60	(3)
		70	LH-8018-C3
		80	LH-100M1 MR
A945	High Strength, Low Alloy Structural Plate	50	LH-75 MR
		65	LH-8018-C3

جدول-۱۶۸ : یادداشتهای مربوط به جداول معرفی الکترود برای متریالهای مختلف توسط شرکت لینکلن

FOOTNOTES:

SMAW - LINCOLN

(1)	Any E70X8 Electrode may be used. Jet-LH 78 and Jetweld LH-75 are preferred over Jetweld LH-70 for most pipe and out -of-position welding. Jetweld LH-3800 can be used in place of Jetweld LH-70 for flat and horizontal fillets, laps, and flat butt welds.
(2)	Almost any E60XX or E70XX electrodes can be used. First, select electrode based on the joint requirements. Second, not all SMAW electrodes are required to have minimum specified levels of notch toughness. If code, specifications, or contract documents require notch toughness, electrode selection should be limited to those that meet the specific application requirements.
(3)	Almost any E70XX electrode can be used. First, select electrode based on the joint requirements. Second, not all SMAW electrodes are required to have minimum specified levels of notch toughness. If code, specifications, or contract documents require notch toughness, electrode selection should be limited to those that meet the specific application requirements
(4)	Best Electrodes are Fleetweld 5P, 5P+, 35, 35LS.
(5)	Best Electrodes are Fleetweld 35, 180, 7, 37, 47
(6)	For best color match of multipass welds to the base plate on unpainted structures, use Jet-LH 8018-C3 MR (1% Ni). The second choice for multipass welds on unpainted structures is Jet-LH 8018-C1 MR (2-1/4% Ni). For single pass welds, multipass welds which are not exposed, and multipass welds which do not require close color match, any E7018 electrode may be used.
(7)	Fillet welds are frequently made with Jetweld LH-70, Jetweld LH-75, Jet-LH 78 or Jet-LH 8018-C3
(8)	Jetweld LH-70* for fillets or Jet-LH 8018-C3 are recommended for general purpose welding these steels. Jetweld LH-90 can be used particularly if the weldment is to be precipitation hardened or high weld strength is required.
(9)	Use Jet-LH-8018-C1 or Jettweld LH-75 when high impact properties down to -75 F are required.

*- چند مثال درمورد نحوه‌ی استفاده از Data Sheet شرکت لینکلن:

مثال (a) : اگر متریالی دارای مشخصه‌ی A542-Class-1 Type-B باشد چنانچه برای انتخاب الکترود آن از راهنمایی های شرکت لینکلن استفاده شود چگونه باید عمل کنیم؟

مرحله‌ی اول: در Data Sheet شرکت لینکلن متریالها بر اساس شماره‌ی متریال ردیف شده اند. با مراجعه به لیست متریال ها ابتدا شماره‌ی متریال مورد نظر را مشخص می نماییم، ممکن است شماره‌ی متریال مورد نظر در لیست وجود داشته باشد و ممکن است نباشد، چنانچه در لیست وجود داشته باشد شرکت لینکلن الکترود پیشنهادی مناسب را در روبروی آن قید نموده است.

بنابراین با مراجعه به لیست متریال ها ابتدا شماره‌ی A542-Class-1 Type-B را مشخص می نماییم، مشخصات این متریال ورق است و کاربرد آن در ساخت مخازن تحت فشار می باشد. بر روی این متریال عملیات کوئینچ و تمپر انجام شده است. خصوصیات آنالیز شیمیایی این متریال در دسته‌ی متریالهای کروم-مولیبدن و کروم-مولیبدن-وانادیوم قرار گرفته است. این متریال در چهار کلاس تهیه شده است که استحکام کششی آنها به ترتیب شامل کلاس های Cl-1(105Ksi), Cl-2(115Ksi), Cl-3(95) و کلاس Cl-4(85Ksi) می باشد و در ستون کناری و در ردیف این متریال، توسط شرکت لینکلن الکترود ER-110M MR پیشنهاد شده است.

مرحله‌ی دوم: الکترود پیشنهادی با نام تجاری شرکت لینکلن مشخص شده است، حال با مراجعه به جدول مقایسه‌ی الکترودهای استاندارد با الکترودهای پیشنهادی شرکت لینکلن می توان مشخصه‌ی استانداردی الکترود معرفی شده را مشخص نمود. (به جدول شماره‌ی- ۱۰۸ مراجعه نمائید)

با مراجعه به جدول مقایسه‌ی الکترودها، مشخص می شود بر اساس استاندارد AWS Classification، الکترود ER-110M MR معادل الکترود E11018-M1 می باشد.

مثال (b) : شرکت لینکلن برای متریال لوله A-333 Gr.6 چه الکترودی پیشنهاد داده است؟

با مراجعه به جدول مشخص می شود شرکت لینکلن برای لوله فولادی SA-333 Gr.6، الکترودهای LH-75, LH-78, LH-8018-C3MR را معرفی کرده است و با مراجعه به جدول مقایسه‌ی الکترودهای استاندارد با الکترودهای پیشنهادی شرکت لینکلن مشخص می شود الکترودهای مذکور معادل الکترودهای E8018-C3, E7018, E7018-1 می باشند.

مثال (c) : شرکت لینکلن برای متریال فتینگ A-860 Gr.WPHY-52 چه الکترودی پیشنهاد داده است؟

با مراجعه به جدول مشخص می شود برای متریال A-860 Gr.WPHY-52 که در جدول مذکور نیز وجود دارد، الکترود LH-75-MR معرفی شده است و با مراجعه به جدول مقایسه‌ی الکترودهای استاندارد با الکترودهای پیشنهادی شرکت لینکلن مشخص می شود الکترود مذکور معادل الکترود E7018-1 می باشد.

مثال (d) : شرکت لینکلن برای متریال ورق A734-Type A که برای مخازن تحت فشار بکار می رود، چه الکترودی پیشنهاد داده است؟

با مراجعه به جدول مشخص می شود برای متریال A734-Type A الکترود LH-8018-C1MR معرفی شده است و با مراجعه به جدول مقایسه‌ی الکترودهای استاندارد با الکترودهای پیشنهادی شرکت لینکلن مشخص می شود الکترود مذکور معادل الکترود E8018-C1 می باشد.

LINCOLN ELECTRIC
www.lincolnelectriceurope.com

■- شرکت Special Metals

شکل-۳۶۳ : آرم و لوگوی تجاری شرکت Special Metals

درباره شرکت آمریکایی فلزات ویژه Special Metals :

شرکت فلزات ویژه، توزیع کننده محصولات فلزی در آمریکای شمالی است. مقر آن در میامی ، فلوریدا است. این شرکت؛ توزیع محصولات نیکل بالا ، آلیاژهای کبالت ، آلیاژهای با کارایی بالا ، آلیاژ تیتانیوم و فولادهای زنگ نزن ، را برای مشاغل دشوار در مهندسی استفاده می کند. این آلیاژها برای ارائه ترکیبی برتر از مقاومت در برابر گرما ، مقاومت در برابر خوردگی در دمای بالا ، چقرمگی و مقاومت بسیار مهندسی شده اند و در صنایع و برنامه های کاربردی فنی مورد استفاده در جهان مورد استفاده قرار می گیرند.

گروه مشارکت شرکتهای Special Metals با سابقه ای تقریباً صد ساله در تکنولوژی آلیاژی، سازنده‌ی محصولات آلیاژی مانند Inconel®, Incoloy®, Nimonic®, Udimet®, Monel® and Nilo می باشد. امروزه در صنعت پیشرفته‌ی دنیا، شرکت Special Metals در ابداع، تولید و تهیه‌ی آلیاژهای با نیکل بالا و آلیاژهایی خاص برای استفاده در کارهای دشوار مهندسی، پیشرو می باشد. بر روی این آلیاژها فعالیتهای مهندسی زیادی انجام شده تا ترکیب ممتازی از مقاومت در برابر حرارت، مقاومت به خوردگی در درجه حرارت بالا، چقرمگی و استحکام لازم بدست آید.

Special Metals بزرگترین حجم آلیاژهای پایه نیکلی و نیز آلیاژهای پایه کبالت را به بیش از ۱۰ بازار جهانی ارائه می دهد. این شرکت آلیاژهای نیکلی را در تمام شکل های استاندارد کارخانه ای مانند اینگات های بزرگ، بیلت، ورق، صفحه، تسمه، تیوب، میله و سیم تولید می کند. سیم ها شامل فیلر وایر و مغزی محصولات جوشکاری می باشند. این شرکت دارای امکانات تولید و تحقیق در امریکا، اروپا، آسیا و شبکه‌ی توزیع در بیشتر کشورهای صنعتی جهان را دارا می باشد.

در Data Sheet های این شرکت فیلرمتال و الکترودهای مناسب برای جوشکاری آلیاژهای پایه نیکلی، پایه کبالت و جوشکاری اتصالات ترکیبی شامل کربن استیل، استنلس استیل آستنیتی، آلیاژهای Inconel، آلیاژهای Incoloy و آلیاژهای Copper-Nickel معرفی شده است.

توسط شرکت Specia Metals جدولی ارائه شده که در آن فیلرمتال و الکترود مناسب برای اتصالات مختلف آلیاژهای نیکلی، معرفی شده است. همچنین در Data Sheet هر الکترود، متریالهایی را که می توان با آن الکترود جوشکاری نمود نیز قید شده است. در ادامه به تعدادی از این Data Sheet ها که مربوط به متریالهای ,Inconel® ها، Monel® ها و Incoloy® می باشند، اشاره می شود.

چند مثال برای نحوه‌ی استفاده از Data Sheet شرکت Special Metals:

در Data Sheet شرکت Special Metals یک جدول ارائه شده است که این جدول در دو قسمت به صورت جدولهای- ۱۶۹ و ۱۷۰ در این کتاب چاپ شده است. این جدول در حقیقت راهنمایی است که برای مشخص نمودن فیلر متال و الکترود مناسب برای جوشکاری متریالهای مختلف به یکدیگر طراحی شده است. در این جدول متریالها در دو ستون

افقی و عمودی نوشته شده اند. قسمت بالای این جدول متعلق به مشخصات فیلر متال های پیشنهادی و قسمت پایین آن متعلق به مشخصات الکترودهای پیشنهادی است.

برای مشخص کردن فیلر متال یا الکترود مناسب برای جوشکاری دو متریال بایستی محل تلاقی متریالهای مورد نظر را در جدول مشخص نمود اگر محل تلاقی در قسمت بالای جدول باشد بیانگر فیلر متال پیشنهادی است اما اگر محل تلاقی در قسمت پایین جدول باشد بیانگر الکترود پیشنهادی است. به مثالهای زیر دقت شود:

مثال (a) : برای جوشکاری متریال Copper-Nickel به متریال Carbon & Low Alloy Steel چه فیلرمتال و الکترودی معرفی شده است؟ ابتدا در ستون افقی جدول، ستون مربوط به متریال Copper-Nickel را در نظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Carbon & Low Alloy Steel را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو متریال را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت بالای جدول است که برای جوشکاری آنها، دو فیلر متال مناسب معرفی شده است: (Inconel 82 & Nickel 61)

حال در ستون افقی جدول، ستون مربوط به Carbon & Low Alloy Steel را در نظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Copper-Nickel را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو متریال را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت پایین جدول است که برای جوشکاری آنها، چهار الکترود مناسب معرفی شده است: (Inco-Weld A, Inconel 182, Monel 190 & Nickel 141)

مثال (b) : برای جوشکاری متریال Austenitic Stainless Steel به متریال Low Alloy Steel چه فیلرمتال و الکترودی معرفی شده است؟

مانند روش قبلی ابتدا در ستون افقی جدول، ستون مربوط به Austenitic Stainless Steel را درنظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Low Alloy Steel را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت بالای جدول است که برای جوشکاری آنها، دو فیلر متال مناسب معرفی شده است: (Inconel 82 & Inconel 625)

حال در ستون افقی جدول، ستون مربوط به Low Alloy Steel را در نظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Austenitic Stainless Steel را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت پایین جدول است که برای جوشکاری آنها، سه الکترود مناسب معرفی شده است: (Inco-Weld A, Inconel 112 & Inconel 182)

مثال (c) : برای جوشکاری متریال Nickel 200 به متریال Monel Alloy 400 چه فیلرمتال و الکترودی معرفی شده است؟ مانند روش قبلی ابتدا در ستون افقی جدول، ستون مربوط به Monel Alloy 400 را درنظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Nickel 200 را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت بالای جدول است که برای جوشکاری آنها، دو فیلر متال مناسب معرفی شده است: (Monel 60 & Nickel 61)

حال در ستون افقی جدول، ستون مربوط به Nickel 200 را در نظر می گیریم سپس در ستون عمودی جدول، ردیف مربوط به متریالهای Monel Alloy 400 را در نظر می گیریم و محل تلاقی این دو را مشخص می کنیم. نقطه‌ی محل تلاقی این دو متریال در قسمت پایین جدول است که برای جوشکاری آنها، سه الکترود مناسب معرفی شده است: (Monel 190 & Nickel 141)

جدول-۱۶۹ : معرفی الکترود برای متریالهای غیر آهنی نیکلی توسط شرکت Special Metals

Welding Electrodes for SMAW (below highlighted diagonal) — **Suggested Nickel Alloy Welding Products** www.specialmetals.com — **Filler Metals for GMAW, GTAW, & SAW (above highlighted diagonal)**

	Nickel 200	MONEL alloy 400	INCONEL alloy 600	INCONEL alloy 625	INCONEL alloy 686	INCOLOY alloys 803, 800 and 800H/HT	INCOLOY alloy 825	Carbon, Low alloy & Nickel Steels	3 - 30% Chromium Steels	Austenitic Stainless Steels	Duplex and Super Duplex Stainless Steels	Cast high-temperature alloys	Copper-Nickel alloys
Nickel 200	Nickel 61 Nickel 141	MONEL 60 Nickel 61	INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 625 INCONEL 82 Nickel 61	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 625 INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 82 Nickel 61	INCONEL 82 Nickel 61	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61	MONEL 60 MONEL 67 Nickel 61
MONEL alloy 400	MONEL 190 Nickel 141	MONEL 60 INCONEL 625 INCONEL 112 MONEL 190	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82 Nickel 61	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82 MONEL 60	INCONEL 625 INCONEL 82 MONEL 60	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	MONEL 60 MONEL 67 Nickel 61
INCONEL alloy 600	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 82 INCO-WELD A INCONEL 182	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61
INCONEL alloy 625	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 625 INCONEL 112	I-W 686CPT INCONEL 625	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82 Nickel 61
INCONEL alloy 686	INCO-WELD A I-W 686CPT Nickel 141	I-W 686CPT INCO-WELD A INCONEL 112	INCO-WELD A INCONEL 82 I-W 686CPT	I-W 686CPT INCONEL 112	I-W 686CPT I-W 686CPT	I-W 686CPT INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT	I-W 686CPT INCONEL 617 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 Nickel 61
INCOLOY alloys 803, 800 and 800H/HT	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117 INCONEL 182	INCO-WELD A I-W 686CPT	INCONEL 617 INCONEL 82 INCO-WELD A INCONEL 117	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 617 INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61
INCOLOY alloy 825	INCO-WELD A Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 112 INCONEL 122 I-W 686CPT	I-W 686CPT INCONEL 112 INCONEL 122	INCO-WELD A INCONEL 112	INCONEL 625 I-W 686CPT INCONEL 112 I-W 686CPT	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 625 INCONEL 622	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61

جدول-۱۷۰ : معرفی الکترود برای متریالهای غیر آهنی نیکلی توسط شرکت Special Metals

Welding Electrodes for SMAW (below highlighted diagonal) — **Suggested Nickel Alloy Welding Products** www.specialmetals.com — **Filler Metals for GMAW, GTAW, & SAW (above highlighted diagonal)**

	Nickel 200	MONEL alloy 400	INCONEL alloy 600	INCONEL alloy 625	INCONEL alloy 686	INCOLOY alloys 803, 800 and 800H/HT	INCOLOY alloy 825	Carbon, Low alloy & Nickel Steels	3 - 30% Chromium Steels	Austenitic Stainless Steels	Duplex and Super Duplex Stainless Steels	Cast high-temperature alloys	Copper-Nickel alloys
Carbon, Low alloy & Nickel Steels	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 MONEL 190	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 112 INCO-WELD A	INCO-WELD A I-W 686CPT INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 625 INCONEL 82 INCO-WELD A INCONEL 112	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61
3 - 30% Chromium Steels	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 MONEL 190	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117	INCONEL 112 INCO-WELD A	INCO-WELD A I-W 686CPT INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 117 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCONEL 625/52 INCONEL 82 INCO-WELD A INCONEL 112/152	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 625 INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61
Austenitic Stainless Steels	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 MONEL 190	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117 INCONEL 182	I-W 686CPT INCONEL 112	INCO-WELD A I-W 686CPT INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117 INCONEL 182	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182	INCO-WELD A INCO-WELD 112 INCONEL 182	I-W 686CPT INCONEL 82/652 I-W 686CPT INCONEL 112	I-W 686CPT INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	I-W 686CPT INCONEL 82	INCONEL 82 Nickel 61
Duplex and Super Duplex Stainless Steels	I-W 686CPT INCO-WELD A Nickel 141	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCONEL 112	I-W 686CPT	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT INCO-WELD A	I-W 686CPT	I-W 686CPT I-W 686CPT	I-W 686CPT INCONEL 82
Cast high-temperature alloys	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 182 MONEL 190	INCO-WELD A INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117	INCO-WELD A INCONEL 112 INCONEL 117	I-W 686CPT INCO-WELD A	INCONEL 617 INCONEL 82 INCO-WELD A INCONEL 112	INCONEL 82 Nickel 61
Copper-Nickel alloys	MONEL 187 MONEL 190 Nickel 141	MONEL 187 MONEL 190 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	I-W 686CPT Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 MONEL 190 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	I-W 686CPT INCO-WELD A	INCO-WELD A INCONEL 182 Nickel 141	MONEL 67 MONEL 187

به چند نمونه از Data Sheet های شرکت Special Metals دقت شود:

Ni-Cr-Fe Welding Electrode

INCO-WELD® A Welding Electrode

INCO-WELD A Welding Electrode is used for shielded-metal-arc welding of INCOLOY alloys 800 and 800HT, INCONEL alloys 600 and 601, and nickel steels. The weld metal has excellent strength and oxidation resistance at high temperatures and retains impact resistance at cryogenic temperatures. The electrode is an exceptionally versatile product for dissimilar welding. It can be used on a variety of austenitic and ferritic steels and nickel alloys. Examples are combinations of stainless steels, carbon steels, INCONEL alloys, INCOLOY alloys, MONEL alloys, and copper-nickel alloys. Because of its versatility, INCO-WELD A Welding Electrode is especially useful for general maintenance welding of equipment exposed to strenuous service conditions.

The electrodes provide excellent operability for groove and fillet welding in the downhand position and the smaller diameter electrodes are also suitable for all position welding. Power supply: direct current, electrode positive.

Specifications
AWS A5.11 ENiCrFe-2 (UNS W86133)
ASME II, Part C, SFA-5.11, ENiCrFe-2 (UNS W86133)
ASME IX, F-No.43
*DIN 1736 EL-NiCr15FeNb (2.4805)
*(EN) ISO 14172 – ENi6092 (NiCr16Fe9NbMo)
*Supply to these specifications available upon request
For manufacture to ASME III (NCA3800, NB2400), MIL and other specifications please refer your inquiry to the Technical Department prior to order placement.

Approvals
VdTUV 2104.00
Other approvals may be applicable. Please confirm details of current scope of approvals with the Technical Department prior to order placement.

Limiting Chemical Composition

Ni+Co	62.0 min.	Cu	0.50 max.
C	0.10 max.	Cr	13.0-17.0
Mn	1.0-3.5	Nb+Ta	0.5-3.0
Fe	12.0 max.	Mo	0.5-2.5
S	0.02 max.	P	0.03 max.
Si	0.75 max.	Others	0.50 max.

Minimum Mechanical Properties

Tensile Strength, psi		80,000
	MPa	552
Elongation, (4d) %		30

Available Product Forms – Supplied in 10lbs (4.54kg) hermetically sealed containers

Diameter	**mm** **in**	2.4 3/32	3.2 1/8	4.0 5/32	4.8 3/16
Length	**mm** **in**	229 12	356 14	356 14	356 14
Current (DC+)	**A**	45-70	65-95	95-130	125-165

شکل-۳۶۴ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

SPECIAL METALS
Welding Products Company

Ni-Cr-Fe
Welding Electrode

www.specialmetalswelding.com

INCONEL® Welding Electrode 182

INCONEL Welding Electrode 182 is used for shielded-metal-arc welding of INCONEL alloys 600, 601 and 690. The weld metal has excellent high-temperature strength and oxidation resistance and can meet stringent radiographic requirements.

Dissimilar welds for which the electrode are used include INCONEL alloys and INCOLOY alloys joined to carbon steels, stainless steels, nickel and MONEL alloys, MONEL alloys joined to carbon steels; nickel joined to stainless steels; and stainless steels joined to carbon steels.

INCONEL Welding Electrode 182 can be operated in all welding positions. Power supply: direct current, electrode positive.

Specifications

AWS A5.11, ENiCrFe-3
ASME II, SFA-5.11, ENiCrFe-3
ASME IX, F-No. 43
UNS W86182
VdTÜV 2105.00
DIN 1736 EL-NiCr15FeMn
Werskoff Nr. 2.4807
ISO ENi6182
Europe ENiCr15Fe6Mn
MIL-E-22200/3 Types MIL-8N12, MIL-8N12H

Limiting Chemical Composition

Ni[a]	59.0 min.	Cu	0.50 max.
C	0.10 max.	Cr	13.0-17.0
Mn	5.0-9.5	Ti	1.0 max.
Fe	10.0 max.	Nb[b]	1.0-2.5
S	0.015 max.	P	0.030 max.
Si	1.0 max.	Others	0.50 max.

[a] Plus Co. Co 0.12 max. when specified
[b] Plus Ta. Ta 0.30 max. when specified

Minimum Mechanical Properties

Tensile Strength, psi	80,000
MPa	552
Elongation, (4d) %	30

Available Product Forms

Diameter	**mm**	2.4	3.2	4.0	4.8
	in	3/32	1/8	5/32	3/16
Length	**mm**	229	356	356	356
	in	9	14	14	14
Current	**A**	40-65	65-95	95-125	125-165

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۶۵ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

Ni-Fe-Cr Filler Metals

www.specialmetalswelding.com

SPECIAL METALS
Welding Products Company

INCONEL® Filler Metal 718

INCONEL Filler Metal 718 is used for gas-tungsten-arc welding of INCONEL alloys 718, 706 and X-750. The weld metal is age hardenable and has mechanical properties comparable to those of the base metals.

Specifications	AWS A5.14 ERNiFeCr-2 ASME II, SFA-5.14, ERNiFeCr-2 AMS 5832 DIN 1736 SG-NiCr19NbMoTi	Werkstoff Nr. 2.4667 UNS N07718 ISO SNi7718 Europe NiFe19Cr19Nb5Mo3

Limiting Chemical Composition	Ni ..... 50.0-55.0 C ..... 0.08 max. Mn..... 0.35 max. Fe..... Remainder S..... 0.015 max. Si ..... 0.35 max. Cu ..... 0.30 max. Cr..... 17.0-21.0	Al ..... 0.20-0.80 Ti ..... 0.65-1.15 Nb+Ta ..... 4.75-5.50 Mo ..... 2.80-3.30 P ..... 0.015 max. B..... 0.006 max. Co ..... 1.0 max.

Minimum Mechanical Properties (Age - Hardened[b])	Tensile Strength, psi MPa	165,000 1138

[b] 1325°F (720°C)/8h, F.C. 100°F (55°C)/h to 1150°F (620°C)/8h, A.C.

Filler metals available on spool and in cut straight lengths in a variety of sizes selected from the following diameters:

Available Product Forms

mm	0.8	0.9	1.0	1.14	1.2	1.6	2.4	3.2
in	0.030	0.035	0.040	0.045	0.047	0.062	0.093	0.125

Straight Lengths - 915 mm (36") or 1000 mm (39")

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۶۶ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

SPECIAL METALS
Welding Products Company

Ni-Cu Welding Electrode

www.specialmetalswelding.com

MONEL® Welding Electrode 190

MONEL Welding Electrode 190 is used for shielded-metal-arc welding of MONEL alloys 400, R-405, and K-500. It is also used for surfacing of steel. The weld metal is resistant to corrosion by sea water, salts, and reducing acids. The electrode is capable of producing weld deposits that meet stringent radiographic requirements. Although the electrode produces sound joints in MONEL alloy K-500, the weld metal has lower strength since, unlike the base metal, it is not age hardenable. Dissimilar-welding applications for MONEL Welding Electrode 190 include joints between MONEL nickel-copper alloys and carbon steel, low-alloy carbon steel, copper, and copper-nickel alloys.

MONEL Welding Electrode 190 can be operated in all positions. Power supply: direct current, electrode positive.

Specifications	AWS A5.11, ENiCu-7	DIN 1736 EL-NiCu30Mn
	MIL-E-22200/3 Type MIL-9N10	UNS W84190
	ASME II, SFA-5.11, ENiCu-7	Werkstoff Nr. 2.4366
	ASME IX, F-No. 42	ISO ENi4060
	VdTÜV 2106.00	Europe ENiCu30Mn3Ti
Limiting Chemical Composition	Ni+Co 62.0-68.0	Cu ..... Remainder
	C ..... 0.15 max.	Al ..... 0.75 max.
	Mn ..... 4.0 max.	Ti ..... 1.0 max.
	Fe ..... 2.5 max.	P ..... 0.02 max.
	S ..... 0.015 max.	Others ..... 0.50 max.
	Si ..... 1.0 max.	
Minimum Mechanical Properties	Tensile Strength, psi	70,000
	MPa	483
	Elongation, (4d) %	30

Available Product Forms

Diameter	**mm** **in**	2.4 3/32	3.2 1/8	4.0 5/32	4.8 3/16
Length	**mm** **in**	305 12	356 14	356 14	356 14
Current	**A**	55-75	75-110	110-150	150-190

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR
are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۶۷ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

Cu-Ni Welding Electrode

www.specialmetalswelding.com

SPECIAL METALS
Welding Products Company

MONEL® Welding Electrode 187

MONEL Welding Electrode 187 is used for shielded-metal-arc welding of wrought or cast 70/30, 80/20, and 90/10 copper-nickel alloys. Like the base metals with which it is used, the weld metal resists fouling and corrosion in sea water and is useful for many marine and desalination applications. Dissimilar joints welded with the electrode include those between copper-nickel alloys and MONEL alloy 400 or Nickel 200.

MONEL Welding Electrode 187 can be operated in all positions. Power supply: direct current, electrode positive.

Specifications	AWS A5.6, ECuNi	Werkstoff Nr. 2.0838
	MIL-E-22200/4 Type MIL-CuNi(70:30)	UNS W60715
	ASME II, SFA-5.6, ECuNi	ISO ECu 7158
	ASME IX, F-No. 34	Europe ECu 7158
	DIN 1733 S-CuNi30Mn	

Limiting Chemical Composition	Ni+Co ..... 29.0 min.	Si ..... 0.50 max.
	C ..... 0.05 max.	Cu ..... Remainder
	Mn 1.0-2.50	Ti ..... 0.50 max.
	Fe 0.40-0.75	P ..... 0.020 max
	S ..... 0.015 max.	Others ..... 0.50 max.

Minimum Mechanical Properties	Tensile Strength, psi	50,000
	MPa	345
	Elongation, (4d) %	30

Available Product Forms

Diameter	**mm**	2.4	3.2	4.0	4.8
	in	3/32	1/8	5/32	3/16
Length	**mm**	305	356	356	356
	in	12	14	14	14
Current	**A**	60-85	70-120	100-145	130-190

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR
are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۶۸ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

SPECIAL METALS
Welding Products Company

Ni-Fe-Cr Filler Metals

www.specialmetalswelding.com

INCOLOY® Filler Metal 65

INCOLOY Filler Metal 65 is used for gas-tungsten-arc welding of INCOLOY alloy 825 and other nickel-iron-chromium-molybdenum-copper alloys of similar composition. The weld metal is highly corrosion resistant, particularly in reducing chemicals such as sulphuric and phosphoric acids.

Specifications	AWS A5.14, ERNiFeCr-1 MIL-E-21562 Type MIL-RN65 ASME II, SFA-5.14, ERNiFeCr-1 ASME IX, F-No. 45	VdTÜV 1041.01; 2109.00 BS 2901 (NA41) UNS N08065 ISO SNi8065 Europe NiFe30Cr21Mo3

Limiting Chemical Composition				
Ni+Co	38.0-46.0	Cr	19.5-23.5
C	0.05 max.	Al	0.20 max.
Mn	1.0 max.	Ti	0.60-1.20
Fe	22.0 min.	Mo	2.50-3.50
S	0.03 max.	P	0.03 max.
Si	0.50 max.	Others	0.50 max.
Cu	1.5-3.0		

Minimum Mechanical Properties		
Tensile Strength, psi	80,000
MPa	552
Elongation, (4d) %	25

Filler metals available on spool and in cut straight lengths in a variety of sizes selected from the following diameters:

Available Product Forms								
mm	0.8	0.9	1.0	1.14	1.2	1.6	2.4	3.2
in	0.030	0.035	0.040	0.045	0.047	0.062	0.093	0.125

Straight Lengths - 915 mm (36″) or 1000 mm (39″)

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR
are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۶۹ : نمونه ایی از Data Sheet شرکت Special Metals

جدول-۱۷۱ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریالهای آلیاژی خاص توسط شرکت Specialty Metals

Specialty Metals *Your partner in procurement*

STAINLESS - NICKEL ALLOYS - TITANIUM - STOCKISTS & INDENTERS

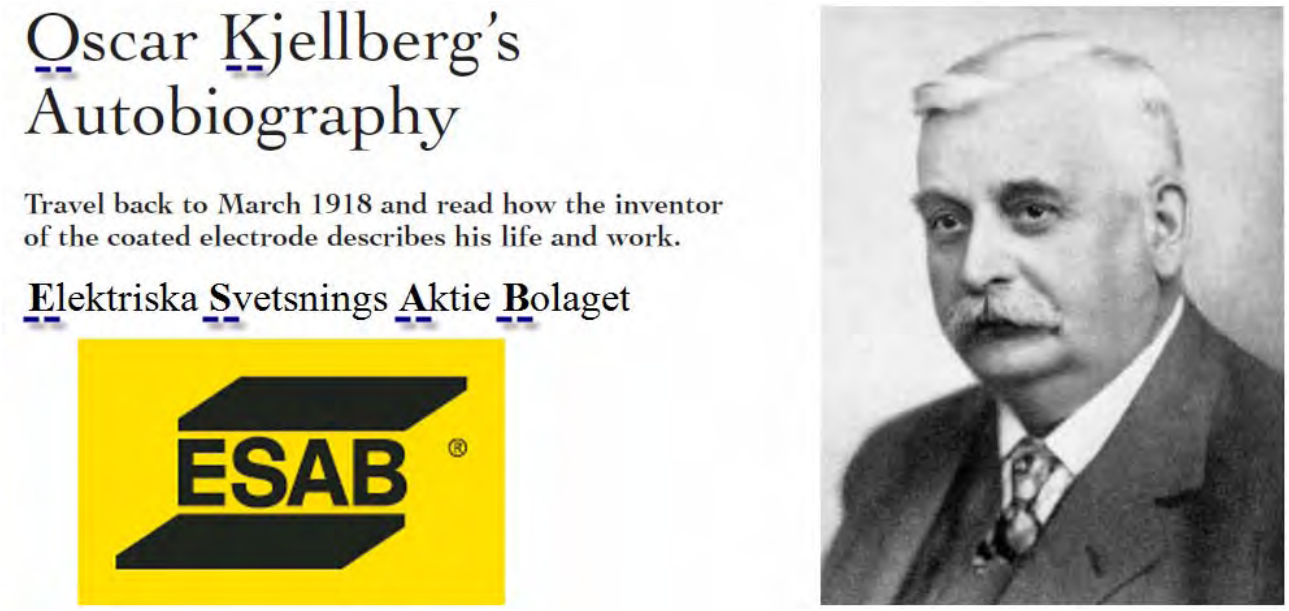
SPEC MET WELDING PRODUCTS COMPARISION CHART
NICKEL BASED ALLOYS, TITANIUM & CU/NI

A.B.N. 32 138 387 798

Base Metal	Consumables - AWS	Consumable - AWS	Recommended Specmet	
Common Name	Electrodes	Wire	Electrodes	Wire
CAST IRON	EniFeC-1	ERniFeC-1	SM 55	SM 55
NICKEL 200	ENi-1	ERNi-1	SM ENi-1	SM 61
ALLOY 400	ENiCu-7	ERNiCu-7	SM ENiCu-7	SM 60
ALLOY K500	ENiCu-7	ERNiCu-7	SM ENiCu-7	SM 60
ALLOY 600	ENiCrFe-3	ERNiCrFe-3	SM ENiCrFe-3	SM 82
ALLOY 601	EniCrMo-3	ERNiCrFe-11	SM ENiCrMo-3	SM 601
ALLOY 617	ENiCoCrMo-1	ERNiCrMo-1	SM ENiCrMo-1	SM 617
ALLOY 625	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3	SM ENiCrMo-3	SM 625
ALLOY 718	ENiFeCr-2	ERNiFeCr-2	SM ENiFeCr-2	SM 718
ALLOY X750	ENiFeCr-2	ERNiFeCr-2	SM ENiFeCr-2	SM X750/718
INCOLOY DS	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-2	SM ENiCrFe-2	SM 80/20
INCOLOY 800	ENiCrFe-2	ERNiCr-3	SM ENiCrFe-2	SM 82
INCOLOY 800H	ENiCrFe-2	ERNiCr-3	SM ENiCrFe-2	SM 82
INCOLOY 825	ENiFeCr-1	ERNiFeCr-1	SM ENiFeCr-1	SM 65
254 SMO	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3	SM ENiCrMo-3	SM 625
25-6 MO	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3	SM ENiCrMo-3	SM 625
HASTELLOY B2	ENiMo-7	ERNiMo-7	SM ENiMo-7	SM B2
HASTELLOY C4	ENiCrMo-7	ERNiCrMo-7	SM ENiCrMo-7	SM C4
HASTELLOY C22	ENiCrMo-10	ERNiCrMo-10	SM ENiCrMo-10	SM C22
HASTELLOY C276	ENiCrMo-4	ERNiCrMo-4	SM ENiCrMo-4	SM C276
HASTELLOY G30	ENiCrMo-11	ERNiCrMo-11	SM ENiCrMo-11	SM G30
HASTELLOY W	ENiMo-3	ERNiMo-3	SM ENiMo-3	SM ALLOY W
HASTELLOY X	ENiCrMo-2	ERNiCrMo-2	SM ENiCrMo-2	SM ALLOY X
ALLOY 31		ERNiCrMo-13		SM ALLOY 59
TITANIUM				
GRADE 1	NONE	ERTi-1	NONE	SM ERTI-1
GRADE 2	NONE	ERTi-2	NONE	SM ERTI-2
GRADE 3	NONE	ERTi-3	NONE	SM ERTI-3
GRADE 4	NONE	ERTi-4	NONE	SM ERTI-4
GRADE 5 (6AL-4V)	NONE	ERTi-5	NONE	SM ERTI-5
GRADE 7	NONE	ERTi-7	NONE	SM ERTI-7
GRADE 11	NONE	ERTi-11	NONE	SM ERTI-11
GRADE 12	NONE	ERTi-12	NONE	SM ERTI-12
COPPER NICKEL				
90/10	NONE		NONE	SM 10
70/30	NONE	(ERCuNi)	NONE	

■- شرکت ESAB

شرکت سوئدی ESAB اولین و بزرگترین مجموعه تولید مواد مصرفی جوش و برش در جهان است. این شرکت در سال ۱۹۰۴ توسط یک مهندس سوئدی که مخترع الکترود پوشش دار بود آقای Oscar Kjellberg در کشور سوئد تاسیس گردید.



شکل-۳۷۰ : مؤسس شرکت ESAB آقای مهندس اُسکار شِلبِرگ

این مهندس سوئدی که در یک کشتی سازی در کوتنبرگ کار میکرد از کیفیت تعمیرات و ساخت ناراضی بود که بهمین دلیل خود تلاش نمود تا روشی جدید برای ساخت و تعمیرات ابداع کند. سپس برای این منظور در سال ۱۹۰۴ شرکت Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget را به دنیا معرفی کرد که بعدها به ESAB معروف گردید.

در سال ۱۹۳۷شرکت ایساب ESAB آغاز به تولید سیم جوش زیرپودری SAW و پودر آن نمود. این شرکت در سال ۱۹۴۴ فیلرجوشکاری آرگون TIG تولید نمود و ۳ سال بعد از آن در سال ۱۹۴۷ سیم جوش برای جوشکاری MIG/MAG را تولید نمود. شرکت ایساب ESAB سوئد در سال ۱۹۵۵ دستگاه های برش پلاسما را به جهان صنعت ارائه نمود.

در سال ۱۹۶۰ شرکت ایساب ESAB تولید سیم جوش های توپودری Flux Cored را برای فرآیند جوشکاری FCAW اغاز نمود. در طول این سال ها شرکت ایساب ESAB با افزایش نیروهای متخصص خود در سراسر جهان شروع به ساخت چندین کارخانه تولید مواد مصرفی جوش در کشورهای دیگر نمود.

در سال ۱۹۸۹ ایساب برای اولین بار تکنولوژی بسته بندی خود را بالا برد و بخشی از محصولات را به بسته بندی VacPac که از کیفیت بالایی برخوردار بود تولید نمود.

سهام این شرکت در سال ۲۰۱۲ توسط کمپانی COLFAX امریکا خریداری شد. در حال حاضر شرکت ESAB در ۲۶ کشور جهان از جمله سوئد, امریکا, انگلستان, برزیل, مجارستان, لهستان, جمهوری چک, آلمان, سوییس, کره جنوبی, چین, هند و بسیاری از کشورهای دنیا کارخانه تولید محصولات جوش و برش فعال دارد که بیش از ۱۰,۰۰۰ نفر نیروی کاری در این مراکز مشغول به فعالیت هستند.

همچنین در ۸۰ کشور جهان از طریق نمایندگی های مجاز خود خدمات فروش و پس از فروش را ارائه می نماید که شرکت رویان جوش صبا در ایران این مسئولیت را بر عهده دارد. این شرکت در تمامی انستیتوهای بین المللی استاندارد

تأییدیه کیفی داشته و دارای گواهینامه ISO 9001 و ISO 14001 و TUV و دارای تأییدیه برای تعدادی از محصولات خود در استاندارد NACE میباشد.

در حال حاضر ایساب ESAB در اکثر پروژه های نفت, گاز, پالایشگاه ها, پتروشمی, صنایع سیمان, کشتی سازی, LNG, نیروگاهی و خطوط لوله حضور فعال دارد. شاید بتوان به جرأت گفت که ایساب ESAB کاملترین مجموعه مواد مصرفی جوش را دارا میباشد.

شرکت ایساب در بعضی موارد برای برخی متریالها براساس آنالیز شیمیایی الکترود و فیلرمتال معرفی کرده است که به چند نمونه از آنها اشاره می شود:

جدول-۱۷۲ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریال ها براساس آنالیز شیمیایی در شرکت ESAB

Typ oceli **označení EN/ASME**			**CMnMo** 16Mo3 18MnMoNi4-5 SA-204 SA-209 T1 SA-250 T1	**1,25Cr0,5Mo** 13CrMo4-5 13CrMoSi5-5 SA-182 F11 SA-213 T11 SA-387 12, Cl1	**2,25Cr1Mo** 10CrMo9-10 12CrMo9-10 SA-182 F22 SA-213 T22 SA-387 22, Cl1	**5Cr0,5Mo** X12CrMo5 X11CrMo5 SA-213 T5 SA-234 WP5	**9Cr1Mo** X11CrMo9-1 X11CrMo9-1+NT SA-234 WP9 SA-335 P9 SA-336 F9	**9Cr1MoVNb** X10CrMoVNb9-1 SA-182 F91 SA-213 T91 SA-335 P91
MMA	**EN 1599**	**AWS A 5.5**						
OK 74.46	E Mo B 42 H5	E 7018-A1	x					
OK 76.16*	E CrMo1 B 42 H5	E 8018-B2-H4R		x				
OK 76.18	E CrMo1 B 42 H5	E 8018-B2		x				
OK 76.26*	E CrMo2 B 42 H5	E 9018-B3			x			
OK 76.28	E CrMo2 B 42 H5	E 9018-B3			x			
OK 76.35	E CrMo5 B 42 H5	E 8015-B6				x		
OK 76.96	E CrMo9 B 42 H5	E 8015-B8					x	
OK 76.98	E CrMo91 B 42 H5	E 9015-B9						x
TIG	**EN 12070**	**AWS A 5.29**						
OK Tigrod 13.09	W MoSi	ER 80S-G	x					
OK Tigrod 13.12	W CrMo1Si	ER 80S-G		x				
OK Tigrod 13.16*		ER 80S-B2		x				
OK Tigrod 13.17*		ER 90S-B6			x			
OK Tigrod 13.22	W CrMo2Si	ER 90S-G			x			
OK Tigrod 13.32	W CrMo5	ER 80S-B6				x		
OK Tigrod 13.37	W CrMo9	ER 80S-B8					x	
OK Tigrod 13.38	W CrMo91	ER 90S-B9						x
FCAW	**EN 12071**	**AWS A5.29**						
Filarc PZ 6202	T Mo B M 2 H5	E 71T5-A1M H4	x					
Filarc PZ 6204	T CrMo5 B M 2 H5					x		
Filarc PZ 6222	T MoL P M 2 H5	E 81T1-A1M H4	x					
OK Tubrod 15.20		E 81T5-B2M		x				
OK Tubrod 15.22		E 90T5-B3			x			
SAW	**EN 12070**	**AWS A 5.23**						
OK Flux 10.61/OK Autrod 12.24	S Mo	F7P2-EA2-A2	x					
OK Flux 10.61/OK Autrod 13.10SC*	S CrMo1	F8P2-EB2R-B2		x				
OK Flux 10.61/OK Autrod 13.20SC*	S CrMo2	F8P0-EB3R-B3			x			
OK Flux 10.62/OK Autrod 12.24	S Mo	F7P6-EA2-A2	x					
OK Flux 10.62/OK Autrod 13.10SC*	S CrMo1	F8P2-EB2R-B2		x				
OK Flux 10.62/OK Autrod 13.20SC*	S CrMo2	F8P2-EB3R-B3			x			
OK Flux 10.62/OK Autrod 13.33	S CrMo5					x		
OK Flux 10.62/OK Autrod 13.34	S CrMo9						x	
OK Flux 10.62/OK Autrod 13.35	S CrMo91							x
OK Flux 10.63/OK Autrod 13.10SC*	S CrMo1	F8P4-EB2R-B2R		x				
OK Flux 10.63/OK Autrod 13.20SC*	S CrMo2	F8P8-EB3R-B3R			x			
OK Flux 10.63/OK Autrod 13.33	S CrMo5					x		
OK Flux 10.63/OK Autrod 13.34	S CrMo9						x	
OK Flux 10.63/OK Autrod 13.35	S CrMo91							x

جدول-۱۷۳ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریال ها براساس آنالیز شیمیایی در شرکت ESAB

Acero		Límite de Fluencia mínimo (MPa)	Resist. a la Tracción (MPa)	Especificación de proceso y material de aporte según AWS
ASTM A36		250	400-550	
ASTM A53	Grado B	250	415 min	**SMAW**
ASTM A106	Grado B	240	415 min	**AWS A5.1**
ASTM A131	Grado A, B, CS, D, DS, E	235	400-490	E60XX
ASTM A139	Grado B	241	414 min	E70XX
ASTM A381	Grado Y35	240	415 min	**AWS A5.5**
ASTM A500	Grado A	228	310 min	E70XX-X
	Grado B	290	400 min	**SAW**
ASTM A501		250	400 min	**AWS A5.17**
ASTM A516	Grado 55	205	380-515	F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX
	Grado 60	220	415-550	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
ASTM A524	Grado I	240	415-586	**AWS-A5.23**
	Grado II	205	380-550	F7XX-EXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
ASTM A529		290	415-586	
ASTM A570	Grado 30	205	340 min	**GMAW y GTAW**
	Grado 33	230	360 min	AWS A5.18
	Grado 36	250	365 min	ER70S-X
	Grado 40	275	380 min	AWS A5.28
	Grado 45	310	415 min	ER70S-XXX, E70C-XXX
	Grado 50	345	450 min	
ASTM A573	Grado 65	240	450-530	**FCAW**
	Grado 58	220	400-490	**AWS A5.20**
ASTM A709	Grado 36	250	400-550	E6XT-X, E6XT-XM
API 5L	Grado B	240	415	E7XT-X, E7XT-XM
	Grado X42	290	415	
	Grado A, B, CS, D, DS		400-490	**AWS A5.29**
ABS	Grado E		400-490	E7XTX-X, E7XTX-XM
ASTM A131	Grado AH32, DH32, EH32	315	470-585	**SMAW**
	Grado AH36, DH36, EH36	350	490-620	**AWS A5.1**
ASTM A441		275-345	415-485	E7015, E7016
ASTM A516	Grado 65	240	450-585	E7018, E7028
	Grado 70	260	485-620	**AWS A5.5**
ASTM A537	Clase 1	310-345	450-620	E7015-X, E7016-X
ASTM A572	Grado 42	290	415 min	E7018-X
ASTM A572	Grado 50	345	450 min	**SAW**
ASTM A588	(< 100 mm)	345	485 min	**AWS A5.17**
ASTM A595	Grado A	380	450 min	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
	Grados B y C	415	480 min	**AWS-A5.23**
ASTM A6065		310-340	450 min	F7XX-EXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
ASTM A607	Grado 45	310	410 min	**GMAW y GTAW**
	Grado 50	345	450 min	**AWS A5.18**
	Grado 55	380	480 min	ER70S-X, E70C-XC
ASTM A618	Grado Ib, II, III	315-345	450 min	**AWS A5.28**
ASTM A633	Grado A	290	430-570	ER70S-XXX, E70C-XXX
	Grados C, D (< 65 mm)	345	485-620	**FCAW**
				AWS A5.20
ASTM A709	Grado 50	345	450 min	E7XT-X, E7XT-XM
	Grado 50W	345	485 min	**AWS A5.29**
ASTM A710	Grado A, Clase 2 .	380	450 min	E7XTX-X, E7XTX-XM
ASTM A808	(2-1/2 in y por debajo)	290	415 min	
ASTM A913	Grado 50	345	450 min	
API 2H	Grado 42	290	550-430	
	Grado 50	345	485 min	
API 2W	Grado 42	290-462	427 min	
	Grado 50	345-517	448 min	
	Grado 50T	345-551	483 min	
API 2Y	Grado 42	290-462	427 min	
	Grado 50	345-517	448 min	
	Grado 50T	345-552	483 min	
API 5L	Grado X52	360	455-495	
ABS	Grado AH32, DH32, EH32	315	490-620	
	Grado AH36, DH36, EH36	350	490-620	

جدول-۱۷۴ : معرفی الکترود و فیلر متال برای متریال ها براساس آنالیز شیمیایی در شرکت ESAB

Acero		Límite de Fluencia mínimo (MPa)	Resist. a la Tracción (MPa)	Especificación de proceso y material de aporte según AWS
API 2W	Grado 60	414-621	517 min	**SMAW**
				AWS A5.5
API 2Y	Grado 60	414-621	517 min	E8015-X, E8016-X
ASTM A572	Grado 60	415	515 min	E8018-X
	Grado 65	450	550 min	**SAW**
ASTM A537	Clase 2	315-415	550-690	**AWS-A5.23**
ASTM A633	Grado E	380-450	515-690	F8XX-EXX-XX, F8XX-ECXXX-XX
ASTM A710	Grado A, Clase 2 ≤ 50 mm	415-450	495 min	**GMAW y GTAW**
ASTM A710	Grado A, Clase 3 > 50 mm	415-450	485 min	**AWS A5.28**
ASTM A913	Grado 60	415	520 min	ER80S-XXX, E80C-XXX
ASTM A595	Grado 65	450	550 min	**FCAW**
				AWS A5.29
				E8XTX-XX, E8XTX-XM
ASTM A709	Grado 70W	485	620-760	**SMAW**
				AWS A5.5
ASTM A852		485	620-760	E9015-X, E9016-X
				E9018-X
				SAW
				AWS-A5.23
				F9XX-EXX-XX, F9XX-ECXXX-XX
				GMAW y GTAW
				AWS A5.28
				ER90S-XXX, E90C-XXX
				FCAW
				AWS A5.29
				E9XTX-XX, E9XTX-XM
ASTM A709	Grado100, 100W (≤65mm)	690	760-895	**SMAW**
				AWS A5.5
ASTM A514	(≤ 65 mm)	690	760-760	E11015-X, E11016-X
ASTM A517		620-690	725-930	E11018-X
				SAW
				AWS-A5.23
				F11XX-EXX-XX, F11XX-ECXXX-XX
				GMAW y GTAW
				AWS A5.28
				ER110S-XXX, E110C-XXX
				FCAW
				AWS A5.29
				E11XTX-XX, E11XTX-XM

* - معرفی الکترود و فیلر متال برای متریال ها براساس شماره متریال که در جدول ۳ قید شده اند از مدرک زیر اقتباس شده است.

www.esab.com.ar

Publiccio’n perio’dica ESAB-CONARCO
SOLDAR CONARC N* 129 2007

ESAB CONARCO

*- شرکتهای تولید کننده فیلر و الکترود در ایران

در کشور ایران، شرکتهای مختلفی همچون شرکت آما، الکترود یزد، الکترود رضا، Esab شیراز و الکترود میکا در زمینه‌ی تولید فیلرمتال و الکترود و بطور کلی لوازم جوشکاری فعالیت می کنند.

■- شرکت آما AMA

در اردیبهشت ماه ۱۳۳۸ ابتکار تولید الکترود جوشکاری در ایران توسط سه نفر از متخصصین و پیشکسوتان صنعت کشور شکل گرفت و در نهایت منجر به تاسیس شرکت صنعتی آما گردید. شرکت آما فعالیت خود را در فروردین ماه ۱۳۴۰ با تولید انبوه با ظرفیت سالیانه ۴۴۰ تن بوسیله ماشین آلات ساخت، آغاز نمود.

قبل از تأسیس شرکت آما نیازهای داخلی کشور به انواع الکترود از طریق واردات و منابع خارجی تأمین می گردید، بطوری که طبق آمار وزارت بازرگانی در سال ۱۳۳۷ حدود ۱۱۰۰ تن الکترود وارد کشور شده بود که ۷۰۰ تن آن انحصاراً برای صنایع نفت و مستقیماً توسط شرکت نفت بدون پرداخت حقوق و عوارض گمرکی انجام گرفته بود. با توجه به افزایش تقاضای داخلی برای انواع الکترود، شرکت صنعتی آما پس از ساخت و تجهیز سه خط تولیدی جدید ظرفیت تولیدی خود را در سال ۱۳۴۲ به ۲۲۰۰ تن افزایش داد.

با عنایت به روند رو به رشد صنعتی شدن کشور در اوایل دهه ۱۳۴۰ و افزایش تقاضا برای انواع الکترودهای صنعتی، شرکت آما به منظور پاسخ گویی به نیازهای صنایع مختلف و به روز رساندن تبادل دانش فنی تولید خود در سال ۱۳۴۳ شمسی قرارداد همکاری و تبادل دانش فنی و اطلاعات با شرکت Oerlikon سوئیس که یکی از بزرگترین شرکت های صاحب نام در این رشته صنعتی می باشد و در حال حاضر در ۲۶ کشور مختلف از جمله ۹ کشور پیشرفته صنعتی فعالیت دارد، منعقد نمود که این همکاری تاکنون ادامه دارد.

در سال ۱۳۴۸ به منظور پاسخگویی به نیاز مصرف کنندگان داخلی، اولین واحد تولید سنگ های سایش و برش کشور با کمک دانش فنی شرکت Rasta سوئیس در محل کارخانه شرکت آما تأسیس گردید.

استفاده از دانش فنی و ماشین آلات و تجهیزات پیشرفته در تولید الکترود و بکارگیری نیروهای متخصص و علاقمند در این شرکت باعث ارتقاء کیفیت محصولات تا حد استانداردهای شناخته شده بین المللی و جلب اعتماد مصرف کنندگان و افزایش شدید تقاضا گردید، لذا برای پاسخگویی به این نیاز با تلاش و برنامه ریزی مدیریت شرکت، میزان تولید در سال ۱۳۵۶ به ۲۴۰۰۰ تن افزایش یافت. با آغاز انقلاب جمهوری اسلامی و تحولات پس از آن شرکت آما هماهنگ با سیاست های جدید صنعتی کشور نسبت به تولید و تأمین نیازهای مصرف کنندگان بدون وقفه ادامه داد و علیرغم آغاز جنگ تحمیلی و مشکلات اقتصادی ناشی از آن و در نتیجه نقصان حجم تولید، این شرکت هم چنان به عنوان یکی از مهمترین تأمین کنندگان الکترود مورد نیاز صنایع کشور از جمله صنایع مرتبط با جنگ و متعاقباً تأمین نیازهای بازسازی مناطق جنگی به فعالیت خود استمرار بخشید. با پایان یافتن جنگ تحمیلی و آغاز دوران جدید در بازسازی و سازندگی کشور و با توجه به تحولات بوجود آمده در تکنولوژی جوشکاری در کشورهای پشرفته جهان، مدیریت شرکت تصمیم به گسترش و توسعه این صنعت و رساندن آن به آخرین دستاوردهای موجود دنیا گرفت.

بدین منظور برنامه ریزی جهت اجرای طرح توسعه برای تولید محصولات جدید و رساندن ظرفیت تولیدی به سالیانه ۴۵۰۰۰ تن با تکیه بر تجربیات ارزشمند موجود در مجموعه آما و با تشویق و حمایت بی دریغ وزارت صنایع آغاز گردید. بدلیل محدودیت فضای تولیدی در محل کارخانه آما (آما ۱) عملیات اجرایی پروژه جدید در سال ۱۳۷۶ در زمینی به مساحت ۵۰۰۰۰ متر مربع در کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج و با زیر بنای ۵۰۰۰۰ متر مربع شامل سالن های تولیدی، انبارها، آزمایشگاه ها، کارگاه های تعمیراتی و پشتیبانی و تأسیسات رفاهی آغاز گردید. طراحی و اجرای پروژه و انتخاب ماشین آلات و خطوط تولیدی جدید این مجموعه عظیم با توجه به تجربیات ۴۰ ساله شرکت و مطابق با طراحی های مدرن

شکل-۳۷۱ : نمایی از محصولات شرکت آما

و پیشرفته در کشورهای صنعتی انجام گرفته است و با آغاز فعالیت تولیدی در محل جدید و همزمان با چهلمین سال تأسیس شرکت، توان تولیدی انواع محصولات جوشکاری به ۴۵۰۰۰ تن در سال افزایش یافت. این محصولات شامل موارد زیر می باشند:

۱- انواع الکترود های جوشکاری با قوس الکتریکی (MIG/MAG, TIG)

۲- انواع سیم جوش های مخصوص جوشکاری با گاز محافظ

۳-انواع سیم جوش های مخصوص جوشکاری زیر پودری

۴- انواع سیم جوش های توپودری

۵- انواع پودر های جوشکاری زیر پودری

هدف اصلی مدیریت و مجموعه آما ارتقاء مستمر کیفیت محصولات و جلب رضایت مشتریان و مصرف‌کنندگاه داخلی و خارجی و گسترش صادرات می‌باشد.

بدین منظور با تجهیز و سرمایه گذاری قابل توجه در امر تحقیقات و کنترل کیفیت و جذب متخصصین و اساتید دانشگاه‌ها، آموزش مستمر پرسنل، برقراری سیستم مدیریت کیفیت و اخذ گواهی‌های فنی از مؤسسات بین المللی LR،GL،BV،DNV و نیز ایجاد واحد تحقیقات بازار و خدمات پس از فروش، شرکت در نمایشگاه‌های داخلی و خارجی، برقراری ارتباط و همکاری نزدیک با شرکت‌های صاحب نام در صنعت جوشکاری جهان، عضویت در انجمن‌ها و سازمان‌های معتبر بین المللی جوشکاری، برگزاری کنفرانس‌های تخصصی بین المللی و داخلی و برگزاری کلاسهای آموزشی و توجیهی برای کارخانجات صنعتی، سعی در رسیدن به اهداف فوق و کمک به صنایع کشور.

در حال حاضر شرکت صنعتی آما بزرگترین واحد تولید کننده مواد مصرفی جوشکاری در منطقه غرب آسیا و خاورمیانه محسوب می‌گردد که محصولات آن با کیفیت بالا و مطابق استانداردهای بین المللی عرضه می‌شود.

با توجه به نیاز صنایع کشور به آموزشهای تخصصی جوشکاری و همگام با شرکت‌های صاحب نام در جهان، مدیریت شرکت صنعتی آما بر آن شد تا محل قدیمی کارخانجات آما جهت آموزش و تربیت متخصصین جوشکاری با دریافت مجوزهای لازم از وزارت صنایع و معادن، وزارت علوم و تحقیقات فناوری (دانشگاه جامع علمی کاربردی)، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ایی و سازمان نظام مهندسی، مجموعه‌ایی تحت عنوان "مرکز فناوریهای جوشکاری آما" تأسیس نماید که از مهرماه ۱۳۸۷ با پذیرش دانشجو رسماً فعالیت خود را آغاز نموده است. امید است این مجموعه بتواند با بهره‌گیری از اساتید

و متخصصین مطرح جوشکاری و همکاری با دانشگاه‌ها و مؤسسات معتبر بین المللی باعث ارتقاء هرچه بیشتر دانش جوشکاری در کشور شود.

توجه: شرکت آما در Data Sheet های خود متریالهای مناسبی را که برای جوشکاری با الکترودهای تولیدی آن شرکت معرفی نموده، متریالهای اروپایی می باشند، مانند:

فولادهای ساختمانی بدون آلیاژ St 37 to St 44, St 52-3,

فولادهای لوله StE 290.7, StE 320.7, StE 360.7

فولادهای لوله USt 37.0,St 37.0,St 37.4, St 44.0, St 44.4, St 45.8

فولادهای لوله St 52.0, St 52.4, StE 210.7, StE 240.7

فولادهای ساختمانی دانه ریز StE 255, StE 285, StE 315, StE 355

فولادهای دیگ سازی WStE 255, WSIE 285, WStE 315, WStE 355

فولادهای ساختمانی دانه ریز عملیات حرارتی شده مانند EStE 620, ESt 690

فولادهای استاندارد API API 5L Grade X42, X45, X52, X60, X65

فولادهای CrMo مقاوم به خزش در دماهای بالا مانند: X12CrMo91, X7CrMo1, 6x12CrMo10,

فولادهای ریختگی GS-l1 Mo4 و امثال آن 19 Mn, 15 Mo3

فولادهای ریختگی GS-38, GS-45, GS-52

فولادهای مقاوم به خزش و مقاوم به هیدروژن با فشار بالا مانند: 10 CrMo 9 10, 12 CrMo 9 10, 24 CrMo 10

فولادهای سمانته 15Cr3 (E C 60), 16MnCr5 (E C 80), 20MnCr5 (E C 100)

فولادهای سمانتاسیون 20MnCr5, 16MnCr5, 15Cr3

فولادهای دانه ریز عملیات حرارتی شده با استحکام تسلیم ۹۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع EStE 890

فولادهای دانه ریز با استحکام بالا 17MnMo4, 17MnMoV64, StE355, StE500,

فولادهای ساختمانی مقاوم به خوردگی اتمسفری مانند: WTSt37, WTSt52-3

شکل-۳۷۲ : صفحه اصلی سایت شرکت آما

*- تعدادی از Data Sheet های معرفی الکترودهای شرکت آما

AMA

AMA 1230 F

Standards: EN 499 E 42 3 B 42 H 10
DIN 1913 E 51 54 B 10
AWS/ASME SFA - 5.1 E 7018 - H8

Application / Properties: Electrode for producing crack- free and tough welding joints, Weld metal recovery is approx. 115% Smooth and clean welds blending into base metal without undercut. Good gap bridging properties. Welds are X-ray quality. Suitable for depositing layers on steels having a higher carbon content (up to 0.4)

Weld metal analysis in % (typical)

C	Mn	Si	S	P
0.07	1.2	0.55	<0.02	<0.02

Mechanical Properties of all-weld metal :
(single values are typical values)

Yield Strength (N/mm²)	Tensile Strength (N/mm²)	Elongation A5 (%)	ISO-V Impact energy (j) + 20 °C	ISO-V Impact energy (j) - 30 °C
>420	500-640	>22	140	70

= + ~

Amperage:				
2.5Ø	3.25 Ø	4.0Ø	5.0Ø	6.0Ø
65-90	100-140	140-190	190-250	260-340

Material:

Unalloyed Structural steels-------St 33, St 37,
St 44, St 52-3,St 52-2
Boiler plates-------H I,H II, 17 Mn 4.19 Mn 5
Pipe steels-------to St 52.4
St 35.8 to 17 Mn 14
StE 210.7 to StE 360.7
Inclouding corresponding-TM-grades
Fine grain structural steels-------StE 255to StE 355,
WStE 255 to WStE 355
Shipbuilding steels------- A,B,D,E
cast steels-------GS-38,Gs-45,GS-52

Approval : LR, GL, BV, DNV

Redrying : Required at300 to 350°C for 2 hrs.

شکل-۳۷۳ : نمونه ای از Data Sheet الکترود E7018-H8 شرکت آما

AMA

AMA 1087 R3

Standards: EN 1599 E CrMo 9B 42 H10
AWS/ASME SFA - 5.4 E 505-15-H8
AWS/ASME SFA - 5.5 E 8018-B8-H8

Application / Properties: Electrode for welding of boilers, pressure vessels subjected to operating temperatures up to 600°C. Typical applications are: petrochemical process plant, hydro crackers in chemical industries .

Weld metal analysis in %:

C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
0.07	0.85	0.3	9.5	1	<0.02	<0.02

Mechanical Properties of all-weld metal :
(single values are typical values)

	Yield Strength (N/mm²)	Tensile Strength (N/mm²)	Elongation 5*d (%)	ISO-V Impact energy (j) + 20 °C
T	620-750	>500	20	80

T: Tempred 1 hrs at 760°C, Air cooling.

= +

Amperage:			
2.5 Ø	3.25 Ø	4.0 Ø	5.0Ø
60-90	90-130	140-180	170-230

Materials:

CrMo Creep resistant in high temprature steels, X12CrMo 49, X7CrMo 1, GX12CrMo 10

Redrying : required at 300°C to 350°C for 2hrs.

شکل-۳۷۴ : نمونه ای از Data Sheet الکترود E8018-B8-H8 شرکت آما

AMA

AMA 1261 N

Standards: DIN 8575 E Mo B 20+
PrEN 1599 E Mo B 42 H10
AWS/ASME SFA - 5.5 E 7018 - A 1 - H8

Application / Properties: Electrode for welding of creep resistant and high-pressure hydrogen resistant steels used in the construction of pressure vessels, boilers and piping subjected to operating temperatures up to+550C.Owing to its double covering (up to 3.25mmØ), the electrode shows a stable and concentrate arc, thus being well suited for root pass and positional welding . weld are of X-ray quality.
Preheating, inter-pass temperature and post-weld heat treatment in accordance with base metal to be welded.

Weld metal analysis in %(typical values):

C	Mn	Si	Mo
0.06	0.80	0.50	0.50

Mechanical Properties of all-weld metal :
(single values are typical values)

	Yield Strength (N/mm^2)	Tensile Strength (N/mm^2)	Elongation A5, (%)	ISO-V Impact energy (j) + 20°C
T	>470	520-650	>22	160

= + **T :** tempered 1 h at 620C,air cooling

Amperage:			
2.5 Ø	3.25 Ø	4.0 Ø	5.0Ø
65-90	90-130	140-180	190-230

Material:

Creep resistant boiler and pip steels e.g-------St 35.8, St 45.8, 17 Mn4
19 Mn 5, 15 Mo 3, 16 Mo 5
Fine grain structural steels------ StE, WStE 255 to 460
Pipe steels------- StE 360.7, to StE 415.7
Steels to API standars--------X52 to X60
Cast steels--------GS-C 25, GS-22 Mo 4

Rebaking : required at 300C to 350C for 2hrs.

شکل-۳۷۵ : نمونه ای از Data Sheet الکترود E7018-A1-H8 شرکت آما

نتیجه : روش سوم، که انتخاب فیلر و الکترود بر اساس Data Sheet های سازنده بود توضیحاتی ارائه شد و از شرکت Lincoln, ESAB و همچنین شرکت Speical Metals و شرکت آما نمونه هایی ذکر شد.

در نمونه هایی که از شرکت Lincoln مثال زده شد مشخص شد که این شرکت بنا به تجربه و سابقه ای بیش از ۱۲۳ سال (سال تاسیس ۱۸۹۵ با سرمایه‌ی ۲۰۰۰۰ دلار) و همچنین تحقیقاتی که در زمینه‌ی متالورژی جوش و متریال انجام داده لیستی را ارائه داده که در آن لیست برای خیلی از متریالها الکترود معرفی کرده است. این الکترود و فیلر متالها برای متریالهای مختلف از جمله فولادهای کربن استیل، فولادهای کم آلیاژ، فولادهای زنگ نزن آستنیتی، فریتی، داپلکس و ... بودند.

در نمونه هایی که از شرکت ESAB مثال زده شد مشخص شد که این شرکت بنا به تجربه و سابقه ای بیش از ۱۱۴ سال (سال تاسیس ۱۹۰۴) و همچنین تحقیقاتی که در زمینه‌ی متالورژی جوش و متریال انجام داده لیستی را ارائه داده که در آن لیست برای خیلی از متریالها الکترود معرفی کرده است و بعضاً براساس آنالیز شیمیایی متریال معرفی شده اند.

بعضی از سازندگان الکترود و فیلر متالهای جوش بیشترین حوزه فعالیتشان در محدوده‌ی متریالهای غیر آهنی می باشد مثل: Inconel®, Incoloy®, Nimonic®, Udimet®, Monel® and Nilo می باشد. که گروه مشارکت شرکتهای Special Metals با سابقه ای تقریباً صد ساله در تکنولوژی آلیاژی، سازنده‌ی محصولات آلیاژی از این دسته شرکتها می باشد.

بعضی از سازندگان الکترود و فیلر متالهای جوش فقط در محدوده‌ی فولادهای خاصی فعالیت می کنند، مانند شرکت Avesta که محصولات آن در زمینه‌ی فولادهای زنگ نزن از جمله فولادهای آستنیتی، فولادهای فریتی، فولادهای مارتنزیتی، فولادهای داپلکس و فولادهای سوپر داپلکس می باشند.

برای اطلاعات بیشتر از وضعیت انتخاب فیلرمتال و الکترود برای فولادهای زنگ نزن از جمله فولادهای آستنیتی، فولادهای فریتی، فولادهای مارتنزیتی، فولادهای داپلکس و فولادهای سوپر داپلکس می توان به Data Sheet شرکت Avesta مراجعه کرد.

بعضی از سازندگان الکترود و فیلر متالهای جوش در Data Sheet محصولاتشان متریالهای مناسب این الکترود و فیلر متالها را از متریالهای اروپایی معرفی کرده اند از جمله‌ی این شرکتها می توان شرکت آما را نام برد.

۴-۳- روش چهارم بر اساس پارامترهای مهم شرایط سرویس

این روش یکی از مهمترین روشهای انتخاب الکترود می باشد و بر عکس روشهای قبلی که به متریالهای محدودی اطلاق می شدند، محدودیتی ندارد و می تواند برای کلیه‌ی متریالهای موجود، الکترود معرفی نماید.

☼- شرایط سرویس که انتخاب الکترود بایستی بر اساس آنها انجام شود، چه شرایطی می باشند؟

پارامترهای مهم سرویس در انتخاب الکترود شامل موارد زیر می باشند:

- ●- جنس متریال
- ●- دمای سرویس
- ●- نوع سیال سرویس
- ■- پارامتر اول: جنس متریال

بطور نمونه در دو استاندارد به شرح ذیل، ویژه گیهای انتخاب الکترود مشخص شده است:

ASM Section VIII-Div. 1-Para.- UW-6,
ASME B31.3- Para.-283.3

*- نمونه اول ASM Section VIII-Div. 1-Para.- UW-6

UW-6 NONMANDATORY GUIDELINES FOR WELDING MATERIAL SELECTIONS

The Manufacturer is responsible for the selection of welding consumables and welding processes. These nonmandatory guidelines for welding material selections are intended to achieve suitable vessel performance for the intended service conditions, but may not be appropriate for every condition in the absence of specific technical reasons to do otherwise. The user or his designated agent should inform the Manufacturer when a specific filler metal selection is necessary to achieve satisfactory vessel performance for the intended service conditions.

(a) The tensile strength of the weld should equal or exceed that of the base metals to be joined. When base metals of different strengths are to be joined by welding, the tensile strength of the weld metal should equal or exceed that of the weaker of the two base metals.

(b) When considerations such as corrosion resistance, toughness, or fatigue resistance require selecting welding consumables or processes that produce weld joints of a lesser strength than either of the base metals, the strength of the resulting joint should be reviewed and the design adjusted as appropriate for the intended service conditions.

(c) When welding materials of like composition, the nominal composition of the weld metal should be analogous to the nominal composition of the base metal, except when creep or corrosion performance is an overriding consideration.

(d) When welding materials of different nominal composition, the nominal composition of the weld metal should be analogous to one of the base metals, or be of an acceptable alternative composition.

(e) When joining nonferrous base metals, filler metal selections should follow the recommendations of the manufacturer of the nonferrous metal or applicable industry associations.

شکل-۳۷۶ : ویژه گیهای انتخاب الکترود پاراگراف UW-6 مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

***- پاراگراف UW-6 – راهنمای غیر ضروری برای انتخاب مواد جوشکاری

سازنده برای انتخاب مواد مصرف شدنی جوشکاری و فرآیندهای جوشکاری مسئولیت دارد. این راهنمایی غیر ضروری برای انتخاب مواد جوشکاری برای بدست آوردن عملکرد مناسب مخزن در شرایط سرویس مورد نظر است اما ممکن است برای هر شرایطی در صورت فقدان وجود دلایل فنی مناسب نباشد. مشتری یا نماینده او وقتی می خواهد یک فیلر متال را انتخاب کند که هدفش بدست آوردن رضایت عملکرد مخزن در شرایط سرویس می باشد بایستی به سازنده اطلاع رسانی کند.

(a) – استحکام کششی جوش بایستی برابر یا بیشتر از فلز پایه باشد. وقتی استحکام کششی فلزات پایه که به هم جوشکاری می شوند متفاوت باشد، استحکام کششی فلز جوش بایستی برابر یا بیشتر از استحکام کششی فلز پایه ضعیف تر باشد.

(b) – وقتی مواردی همچون مقاومت به خوردگی، چقرمگی یا مقاومت به خستگی مد نظر باشد انتخاب مواد جوشکاری یا فرآیندهای جوشکاری که استحکام فلز جوش کمتر از استحکام یکی از فلزات پایه تولید می کند بایستی استحکام ناشی از اتصال بررسی و یک طراحی مناسب برای شرایط سرویس انجام گردد.

(c) – وقتی مواد جوشکاری نظیر ترکیبات شیمیایی مد نظر باشد، ترکیب شیمیایی فلز جوش بایستی مشابه ترکیب شیمیایی فلز پایه باشد مگر اینکه وقتی خزش یا خوردگی مد نظر باشد.

(d) – وقتی مواد جوشکاری از ترکیبات شیمیایی متفاوت تولید شده باشد، ترکیب اسمی عناصر شیمیایی فلز جوش بایستی مشابه ترکیب شیمیایی یک از فلزات پایه یا بعنوان یک راهکار مشابه یک ترکیب شیمیایی قابل قبول باشد.

(e) – وقتی اتصال فلزات پایه غیر آهنی مد نظر باشد، برای انتخاب فیلر متال بایستی از پیشنهادات سازنده فلز غیر آهنی یا منابع وابسته به آنها پیروی شود.

*- نمونه دوم ASME B31.3- Para.-283.3

*- پاراگراف 283.3 – مواد جوشکاری

*- پاراگراف 283.3.1 – الکترود و فیلر متال

328.3 Welding Materials

328.3.1 Electrodes and Filler Metal. Welding electrodes and filler metal, including consumable inserts, shall conform to the requirements of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part C. An electrode or filler metal not conforming to the above may be used provided the WPS and the welders who will follow the WPS have been qualified as required by ASME Section IX. Unless otherwise specified by the Designer, welding electrodes and filler metals used shall produce weld metal that complies with the following:

(a) The nominal tensile strength of the weld metal shall equal or exceed the minimum specified tensile strength of the base metals being joined, or the weaker of the two if base metals of two different strengths are being joined.

(b) The nominal chemical analysis of the weld metal shall be similar to the nominal chemical analysis of the major alloying elements of the base metal (e.g., 2¼% Cr, 1% Mo steels should be joined using 2¼% Cr, 1% Mo filler metals).

(c) If base metals of different chemical analysis are being joined, the nominal chemical analysis of the weld metal shall be similar to either base metal or an intermediate composition, except as specified below for austenitic steels joined to ferritic steels.

(d) When austenitic steels are joined to ferritic steels, the weld metal shall have a predominantly austenitic microstructure.

(e) For nonferrous metals, the weld metal shall be that recommended by the manufacturer of the nonferrous base metal or by industry associations for that metal.

شکل-۳۷۷ : ویژه گیهای انتخاب الکترود پاراگراف 328.3 مطابق ASME B31.3-2018

الکترود و فیلر متالهای جوشکاری شامل اضافه کردنی های مصرف شدنی (Consumable Inserts) بایستی با الزامات (ASME Boiler and PressureVessel Code, Section II, Part C.) مطابقت داشته باشد. ممکن است یک الکترود یا فیلر متالی که با شرایط بالا مطابقت نداشته باشد، مورد استفاده قرار گیرد بشرطی که WPS و جوشکارانی که براساس WPS تأیید صلاحیت شده اند مطابقت با ASME Section IX نیز تأیید گردند مگر اینکه توسط طراح طور دیگری مشخص شده باشد. الکترود و فیلر متالهای مورد استفاده بایستی یک فلز جوشی را تولید کنند که با شرایط زیر مطابقت داشته باشند:

(a) – استحکام کششی اسمی فلز جوش بایستی برابر یا بیشتر از حداقل استحکام کششی فلز پایه ای که متصل شده است، باشد یا چنانچه دو فلز پایه که دارای استحکام کششی متفاوتی می باشند بایستی استحکام کششی فلز جوش مطابق با استحکام کششی فلز پایه ضعیف تر باشد.

(b) – آنالیز شیمیایی فلز جوش بایستی مطابق با آنالیز شیمیایی عناصر آلیاژی فلز پایه باشد (بطور نمونه، 2¼%Cr یا 1% Mo بایستی با فیلر متالهای با 2¼%Cr یا 1% Mo جوشکاری و متصل شوند.

(c) – اگر فلزات پایه دارای آنالیز شیمیایی متفاوت می باشند، آنالیز شیمیایی فلز جوش بایستی مشابه آنالیز شیمیایی یکی از فلزات پایه باشد یا بایستی با میانگین ترکیبات مشابهت داشته باشد، مگر اینکه همچون مشخصات زیر برای اتصال فولادهای آستنیتی به فولادهای فریتی باشد.

(d) – وقتی فولادهای آستنیتی به فولادهای فریتی متصل می شوند، فلز جوش بایستی بیشتر دارای میکرو ساختار آستنیتی باشد.

(e) – برای فلزات غیر آهنی، فلز جوش بایستی مطابق با آنچه که بوسیله سازنده فلزات پایه غیر آهنی یا بوسیله صنایع وابسته به آنها پیشنهاد شده است، باشد.

***-نتیجه: از دو نمونه استاندارد فوق که در رابطه با معیارهای انتخاب الکترود بحث شده بود چنین می توان نتیجه گرفت که بین استحکام کششی و آنالیز شیمیایی فلز پایه و فلز جوش می بایست یک هماهنگی وجود داشته باشد. بنابراین؛ در ابتدای راه انتخاب الکترود می بایست به این دو پارامتر توجه ویژه ایی نمود.

یکی از الزامات انتخاب الکترود برای هر متریالی، دانستن حداقل مقدار استحکام کششی (Tensile) و همچنین آگاهی از ترکیبات شیمیایی (Chemical Composition) آن متریال است. به مثالها دقت شود.

مثال (a): مخزن تحت فشاری (Pressure Vessel) با جنس متریال SA-204 Gr. B در حال ساخت می باشد. برای این مخزن با این متریال چه الکترودی مناسب می باشد؟

مرحله‌ی اول: ابتدا باید از حداقل استحکام کششی و نیز ترکیبات شیمیایی آن متریال مطلع شویم.

برای آگاهی از خواص مکانیکی و شیمیایی فولادهای مختلف می توان به استانداردهای زیر مراجعه کرد و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمود:

1- ASTM
2- ASME Section II Part A for ferrouse materials
3- ASME Section II-Part B for nonferrouse materials
4- ASME Section II-Part D Properties
5- ASME Section IX-Table QW-422
6- ASME B31.3 Table-A-1 & Table-A-1M

با مراجعه به استاندارد ASME Sec. II-Part A متریال SA-204-Gr-B را مورد بررسی قرار می دهیم:

SPECIFICATION FOR PRESSURE VESSEL PLATES, ALLOY STEEL, MOLYBDENUM

SA-204/SA-204M

(Identical with ASTM Specification A204/A204M-18.)

با بررسی این استاندارد مشخص می شود، متریال SA-204-Gr-B ورق (Plate) می باشد که از آن برای ساخت مخازن تحت فشار استفاده می شود و جزء متریالهای آلیاژی است و عنصر مهم آن مولیبدنیوم می باشد (0.41–0.64) درصد.

مطابق استاندارد فوق الذکر از این متریال برای ساخت Welded Boilers and other Pressure Vessels. استفاده می شود. این متریال در سه دسته (گرید) تولید می شوند:

1.2 Plates under this specification are available in three grades having different strength levels as follows:

Grade	Tensile Strength, ksi [MPa]
A	65–85 [450–585]
B	70–90 [485–620]
C	75–95 [515–655]

مشخص می شود استحکام کششی متریال SA-204-Gr-B حدود [485–620] 90–70 است. یعنی حداقل استحکام کششی آن 70 Ksi (485 Mpa) است.

بنابراین الکترودی که برای این متریال انتخاب می شود باید دارای حداقل استحکام کششی 70 Ksi (485 Mpa) و بالاتر باشد.

حال متریال مورد نظر را از لحاظ آنالیز شیمیایی بررسی می کنیم:

جدول-۱۷۵ : آنالیز شیمیایی متریال SA-204-Gr-B مطابق ASME Sec. II-Part-A-2019

TABLE 1 Chemical Requirements **SA-204/SA-204M**

Element	Composition, %		
	Grade A	Grade B	Grade C
Carbon, max:[A]			
Up to 1 in. [25 mm] incl, in thickness	0.18	0.20	0.23
Over 1 in. to 2 in. [50 mm] incl, in thickness	0.21	0.23	0.26
Over 2 in. to 4 in. [100 mm] incl, in thickness	0.23	0.25	0.28
Over 4 in. [100 mm] in thickness	0.25	0.27	0.28
Manganese, max:			
Heat analysis	0.90	0.90	0.90
Product analysis	0.98	0.98	0.98
Phosphorous, max[A]	0.025	0.025	0.025
Sulfur, max[A]	0.025	0.025	0.025
Silicon:			
Heat analysis	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Product analysis	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45
Molybdenum:			
Heat analysis	0.45–0.60	0.45–0.60	0.45–0.60
Product analysis	0.41–0.64	0.41–0.64	0.41–0.64

[A] Applies to both heat and product analyses.

با دقت به لیست ترکیبات شیمیایی متریال SA-204-Gr-B مشخص می شود عنصر آلیاژی این متریال، مولیبدن با مقدار 0.41–0.64 درصد می باشد. این متریال جزء فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy) می باشد.

***- *توضیحی مختصر در رابطه با دسته بندی فولادها از لحاظ درصد آلیاژ: فولادها را از منظرآلیاژ می توان به پنج دسته تقسیم کرد، به شرح ذیل:*

- ***دسته اول:*** *فولادهای کربنی ساده (Carbon steels) مثل متریالهای SA105, SA106, SA53, SA283, …*
- ***دسته دوم:*** *فولادهای میکرو آلیاژ (Microalloyed steels) که این دسته از فولادها از عناصری همچون Cb, Ti و V در حد خیلی کم دارا می باشند. بطور نمونه لوله های API 5L, X55, X60, X65, X70, X80, X100, …*
- ***دسته سوم:*** *فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy steels) که این دسته از فولادها از عناصری همچون Ni, Mo و Cr در محدوده‌ی 5% ~ 0.5% دارا می باشند. SA203, SA204, SA182-F21, SA182-F5, SA350-LF3, …*
- ***دسته چهارم:*** *فولادهای آلیاژ متوسط (Intermediate Alloy Steel) که این دسته از فولادها از عناصری همچون Ni, Mo و Cr در محدوده‌ی 9% ~ 5% دارا می باشند. SA182-F9, SA182-F91, SA420-WPL8*
- ***دسته پنجم:*** *فولادهای پر آلیاژ (High Alloy steels) که این دسته از فولادها از عناصری همچون Ni, Mo و Cr در محدوده‌ی برابر یا بیشتر از 10% دارا می باشند. SA312-TP321, SA376-TP321, SA409-TP321, …*

با توجه به جدول ۱، همه‌ی عناصر سه گرید دارای مقادیر مساوی می باشند بجز عنصر کربن که از گروه A به گروه B و گروه C افزایش یافته و افزایش کربن باعث افزایش استحکام کششی و استحکام تسلیم این متریال در سه گرید شده است.

بنابراین با توجه به اینکه عنصر آلیاژی این متریال مولیبدن است باید الکترودی انتخاب شود که آنالیز شیمیایی آن با آنالیز شیمیایی متریال یکسان باشد بطوریکه درصد عنصر مولیبدن آن حدوداً 0.5 درصد باشد.

با توجه به استحکام کششی و آنالیز شیمیایی متریال SA-204-Gr-B چه الکترودی مناسب می باشد؟

برای پاسخ به این سؤال ابتدا باید در مورد الکترودها اطلاعات کافی داشته باشیم یعنی دسته بندی الکترودها و فیلرمتالها را به خوبی بشناسیم و بدانیم فیلرمتالها و الکترودهای آلیاژی در چه دسته ای قرار دارند. برای این منظور باید به استانداردهای زیر مراجعه کرد:

1- ASTM (A5.1 ~ A5.36)
2- ASME Section II-Part-C (SFA-5.1 ~ SFA-5.36)
3- AWS (A5.1 ~ A-5.36)

لیست این دسته بندی به شرح زیر است:

جدول-۱۷۶ : لیست .SFA-No ها مطابق با استاندارد ASME Section II-C-2019

ASME SECTION-II-C- FILLER METAL SPECIFICATIONS	
ASME	**Title**
SFA-5.01M/SFA-5.01	Welding Consumables — Procurement of Filler Materials and Fluxes
SFA-5.02/SFA-5.02M	Specification for Filler Metal Standard Sizes, Packaging, and Physical Attributes
SFA-5.1/SFA-5.1M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.2/SFA-5.2M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Rods for Oxyfuel Gas Welding
SFA-5.3/SFA-5.3M	Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.4/SFA-5.4M	Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.5/SFA-5.5M	Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes
SFA-5.6/SFA-5.6M	Specification for Covered Copper and Copper Alloy Arc Welding Electrodes
SFA-5.7/SFA-5.7M	Specification for Copper and Copper Alloy Bare Welding Rods and Electrodes
SFA-5.8/SFA-5.8M	Specification for Filler Metals for Brazing and Braze Welding
SFA-5.9/SFA-5.9M	Specification for Bare Stainless Steel Welding Electrodes and Rods
SFA-5.10/SFA-5.10M	Specification for Bare Aluminum and Aluminum Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.11/SFA-5.11M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Welding Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
SFA-5.12/SFA-5.12M	Specification for Tungsten and Tungsten Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting
SFA-5.13	Specification for Solid Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.14/SFA-5.14M	Specification for Nickel and Nickel Alloy Bare Welding Electrodes and Rods
SFA-5.15	Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron
SFA-5.16/SFA-5.16M	Specification for Titanium and Titanium-Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.17/SFA-5.17M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.18/SFA-5.18M	Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.20/SFA-5.20M	Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.21	Specification for Composite Surfacing Welding Rods and Electrodes
SFA-5.22/SFA-5.22M	Specification for Flux Cored Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Electrodes
SFA-5.23/SFA-5.23M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding
SFA-5.24/SFA-5.24M	Specification for Zirconium and Zirconium Alloy Welding Electrodes and Rods
SFA-5.25/SFA-5.25M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding
SFA-5.26/SFA-5.26M	Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding
SFA-5.28/SFA-5.28M	Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding
SFA-5.29/SFA-5.29M	Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.30/SFA-5.30M	Specification for Consumable Inserts
SFA-5.31	Specification for Fluxes for Brazing and Braze Welding
SFA-5.32/SFA-5.32M	Specification for Welding Shielding Gases
SFA-5.33/SFA-5.33M	Specification for NIckel-Alloy Electrodes for Flux Cored Arc Welding
SFA-5.36/SFA-5.36M	Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding

مرحله‌ی دوم: انتخاب الکترود براساس اطلاعات بدست آمده.

با مراجعه به لیست دسته بندی الکترودها و فیلرمتالها می توان دریافت که برای انتخاب الکترود مناسب برای متریال SA-204-Gr-B که جزء متریالهای Low Alloy می باشد بایستی به دسته بندی SFA-5.5 که مربوط به الکترودهای پوشش دار برای فولادهای کم آلیاژ Low Alloy می باشد، مراجعه نمود.

الکترودهای دسته بندی SFA-5.5 به ۶ گروه تقسیم شده اند که لیست آنها به شرح زیر می باشند:

1- Carbon-Molybdenum Steel Electrodes
2- Chromium-Molybdenum Steel Electrodes
3- Nickel Steel Electrodes
4- Nickel-Molybdenum Steel Electrodes
5- Manganese-Molybdenum Steel Electrodes
6- General Low-Alloy Steel Electrodes

حال با توجه به اینکه متریال SA-204-Gr-B جزء متریالهای Low Alloy می باشد و در حقیقت جزء متریالهای کربن – مولیبدنی می باشد پس باید انتخاب الکترود از دسته‌ی اول یعنی دسته‌ی Carbon-Molybdenum باشد و با مراجعه به این دسته بندی، الکترود مورد نظر خود را انتخاب می کنیم:

جدول-۱۷۷ : لیست الکترودهای Carbon-Molybdenum مطابق با استاندارد ASME Section II-C-2019

SFA-5.5/SFA-5.5M ASME BPVC.II.C

Table 2
Chemical Composition Requirements for Undiluted Weld Metal

AWS Classification[c]		UNS	Weight Percent[a,b]							
A5.5	A5.5M	Number[d]	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo
			Carbon-Molybdenum Steel Electrodes							
E7010-A1	E4910-A1	W17010	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7011-A1	E4911-A1	W17011	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7015-A1	E4915-A1	W17015	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7016-A1	E4916-A1	W17016	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7018-A1	E4918-A1	W17018	0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7020-A1	E4920-A1	W17020	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65
E7027-A1	E4927-A1	W17027	0.12	1.00	0.40	0.03	0.03	–	–	0.40–0.65

بنابراین با توجه به لیست الکترودهای دسته‌ی Carbon-Molybdenum مربوط به SFA-5.5 و حداقل استحکام کششی و آنالیز شیمیایی متریال SA-204-Gr-B بهترین گزینه برای انتخاب، الکترود E7018-A1 می باشد زیرا جزء الکترودهای کم هیدروژنی است و برای جوشکاری مخازن تحت فشار مناسب می باشد. در ضمن دسترسی به این الکترود در بازار به راحتی امکان پذیر است.

مثال (b): اگر جنس متریال مخزن تحت فشاری (Pressure Vessel) دارای مشخصات SA-203 Gr. F باشد و ضخامت متریال مورد نظر ۳۵ میلیمتر باشد، برای این متریال چه الکترودی مناسب می باشد؟

مرحله‌ی اول: ابتدا باید از حداقل استحکام کششی و همچنین از ترکیبات شیمیایی این متریال مطلع شویم.

برای آگاهی از خواص مکانیکی و شیمیایی این فولاد باید به استاندارد ASME Section II-A مراجعه کرد و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمود. با مراجعه به این استاندارد در مورد خصوصیات این متریال داریم:

SPECIFICATION FOR PRESSURE VESSEL PLATES, ALLOY STEEL, NICKEL

SA-203/SA-203M

(Identical with ASTM Specification A203/A203M-17.)

متریال SA-203-Gr. F ورق (Plate) است که برای ساخت مخازن تحت فشار از آن استفاده می شود و جزء متریالهای کم آلیاژ Nickel Alloy و عنصر مهم آن نیکل با 3.50% درصد می باشد. این متریال در ۵ گروه (گرید) تهیه شده است که دارای دو نوع درصد نیکل و ۴ سطح استحکام کششی می باشند.

جدول-۱۷۸ : خواص مکانیکی و درصد نیکل متریال SA-203-Gr-f مطابق ASME Sec. II-Part-A-2019

1.2 Plates under this specification are available with four strength levels and two nickel compositions as follows:

Grade	Nominal Nickel Content %	Yield Strength, min, ksi [MPa]	Tensile Strength, min, ksi [MPa]
A	2.25	37 [255]	65 [450]
B	2.25	40 [275]	70 [485]
D	3.50	37 [255]	65 [450]
E	3.50	40 [275]	70 [485]
F	3.50		
2 in. [50 mm] and under		55 [380]	80 [550] cccc
Over 2 in. [50 mm]		50 [345]	75 [515]

مرحله‌ی دوم: انتخاب الکترود براساس اطلاعات بدست آمده.

مطابق با پاراگراف 1.2 مربوط به خواص مکانیکی و شیمیایی متریال SA-203-Gr. F که در استاندارد ASME Section II Part A قید شده است، این متریال دارای 3.5 درصد نیکل می باشد و با توجه به اینکه ضخامت متریال مورد نظر ۳۵ میلیمتر است مطابق با همین پاراگراف چون ضخامت آن زیر ۵۰ میلیمتر است، پس حداقل استحکام کششی آن 80 Ksi [550 MPa] است.

چون این متریال جزء متریالهای کم آلیاژ (Low Alloy Steels) می باشد دسته‌ی SFA-5.5 برای انتخاب الکترود آن مناسب می باشد. این دسته از الکترودها دارای ۶ گروه الکترود با آنالیزهای متفاوت می باشند که با بررسی این ۶ گروه مشخص می شود گروه Nickel Steel Electrodes برای این متریال مناسب می باشد.

لیست گروه الکترودهای Nickel Steel Electrodes از دسته‌ی SFA-5.5 به شرح زیر می باشند:

جدول-۱۷۹ : لیست الکترودهای Nickel Steel Electrodes مطابق با استاندارد ASME Section II-C-2019

Table 2 (Continued)
Chemical Composition Requirements for Undiluted Weld Metal

AWS Classification[c]			Weight Percent[a,b]								Additional Elements[e,f]	
A5.5	A5.5M	UNS Number[d]	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Type	Amt.
					Nickel Steel Electrodes							
E8016-C1	E5516-C1	W22016	0.12	1.25	0.60	0.03	0.03	2.00–2.75	–	–	–	–
E8018-C1	E5518-C1	W22018	0.12	1.25	0.80	0.03	0.03	2.00–2.75	–	–	–	–
E7015-C1L	E4915-C1L	W22115	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	2.00–2.75	–	–	–	–
E7016-C1L	E4916-C1L	W22116	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	2.00–2.75	–	–	–	–
E7018-C1L	E4918-C1L	W22118	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	2.00–2.75	–	–	–	–
E8016-C2	E5516-C2	W23016	0.12	1.25	0.60	0.03	0.03	3.00–3.75	–	–	–	–
E8018-C2	E5518-C2	W23018	0.12	1.25	0.80	0.03	0.03	3.00–3.75	–	–	–	–
E7015-C2L	E4915-C2L	W23115	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	3.00–3.75	–	–	–	–
E7016-C2L	E4916-C2L	W23116	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	3.00–3.75	–	–	–	–
E7018-C2L	E4918-C2L	W23118	0.05	1.25	0.50	0.03	0.03	3.00–3.75	–	–	–	–
E8016-C3	E5516-C3	W21016	0.12	0.40–1.25	0.80	0.03	0.03	0.80–1.10	0.15	0.35	V	0.05
E8018-C3	E5518-C3	W21018	0.12	0.40–1.25	0.80	0.03	0.03	0.80–1.10	0.15	0.35	V	0.05
E7018-C3L	E4918-C3L	W20918	0.08	0.40–1.40	0.50	0.03	0.03	0.80–1.10	0.15	0.35	V	0.05
E8016-C4	E5516-C4	W21916	0.10	1.25	0.60	0.03	0.03	1.10–2.00	–	–	–	–
E8018-C4	E5518-C4	W21918	0.10	1.25	0.80	0.03	0.03	1.10–2.00	–	–	–	–
E9015-C5L	E6215-C5L	W25018	0.05	0.40–1.00	0.50	0.03	0.03	6.00–7.25	–	–	–	–

در جدول شماره ۲ از SFA-5.5 لیست ۸ پسوند برای الکترودهای Nickel Steel Electrodes قید شده است، مطابق زیر: (دقت شود پسوند L نشان دهنده‌ی کربن کمتر است)

1- C1 - Nickel = 2.00-2.75% →C% = 0.12%
2- C1L- Nickel = 2.00-2.75% →C% = 0.05%
3- C2 - Nickel = 3.00-3.75% →C% = 0.12%
4- C2L- Nickel = 3.00-3.75% →C% = 0.05%
5- C3 - Nickel = 0.80-1.10% →C% = 0.12%
6- C3L- Nickel = 0.80-1.10% →C% = 0.08%
7- C4 - Nickel = 1.10-2.00% →C% = 0.1%
8- C5L- Nickel = 6.00-7.25% →C% = 0.05%

این پسوندها بر اساس درصد نیکل تغییر می کنند و هنگام انتخاب الکترود باید به این موضوع دقت شود.

پس از بررسی دقیق جدول الکترودهای دسته‌ی Nickel Steel Electrodes مربوط به SFA-5.5 دو پارامتر از متریال SA-203-Gr. F مورد نظر می باشد:

۱- حداقل استحکام کششی متریال 80 Ksi [550 MPa]

۲- 3.5 درصد آلیاژ نیکل

الکترود مناسب که هم حداقل استحکام کششی آن و هم درصد آلیاژ نیکل آن با متریال مذکور همسانی داشته باشد، الکترود E8018-C2 است که در جدول با رنگ تیره مشخص شده است.

مثال (c): اگر در سیستم لوله کشی صنعتی Piping لوله ای با جنس متریال SA-691-5CR باشد جهت جوشکاری با استفاده از دو فرآیند GTAW و SMAW برای این متریال چه فیلرمتال و الکترودی مناسب می باشد؟

مرحله‌ی اول: باید حداقل استحکام کششی و ترکیبات شیمیایی این متریال را بدانیم.

برای آگاهی از خواص مکانیکی و شیمیایی این فولاد باید به استاندارد ASME Section II-A مراجعه کرد و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمود. با مراجعه به این استاندارد در مورد خصوصیات این متریال داریم:

SPECIFICATION FOR CARBON AND ALLOY STEEL PIPE, ELECTRIC-FUSION-WELDED FOR HIGH-PRESSURE SERVICE AT HIGH TEMPERATURES

SA-691

(Identical with ASTM Specification A691/A691M-18 except that the following additional requirements apply.)

متریال SA-691-5CR در سیستم های لوله کشی صنعتی Piping برای سرویس های فشار بالا و دمای بالا استفاده می شود و جزء متریالهای آلیاژی کروم- مولیبدنی است. اگر به جدول شماره ۱ همین مشخصات فنی SA-691 مراجعه شود مشخص می شود که این لوله از متریال SA-387 ساخته شده است.

برای ساخت این لوله ها از متریالهای SA-204, SA-537, SA-299, & SA-387 استفاده می شود. متریال مورد نظر ما یعنی SA-691-5CR از متریال SA-387 Gr. 5 ساخته شده است. مطابق جدول ۱ که در زیر آمده:

جدول-۱۸۰ : مشخصات متریال SA-691 در جدول ۱ مطابق ASME Sec. II-Part A-2019

SA-691 — TABLE 1 PLATE MATERIALS — ASME BPVC.II.A

Pipe Grade	Type of Steel	ASTM Specification Number	Grade	HB, max[A]
CM-65	carbon-molybdenum steel	A 204/A 204M	A	201
CM-70	carbon-molybdenum steel	A 204/A 204M	B	201
CM-75	carbon-molybdenum steel	A 204/A 204M	C	201
CMSH-70	carbon-manganese-silicon steel, normalized	A 537/A 537M	1	
CMS-75	carbon-manganese-silicon steel	A 299/A 299M	...	...
CMSH-80	carbon-manganese-silicon steel, quenched and tempered	A 537/A 537M	2	
½CR	½% chromium, ½% molybdenum steel	A 387/A 387M	2	201
1CR	1% chromium, ½% molybdenum steel	A 387/A 387M	12	201
1¼CR	1¼% chromium, ½% molybdenum steel	A 387/A 387M	11	201
2¼CR	2¼% chromium, 1% molybdenum steel	A 387/A 387M	22	201
3CR	3% chromium, 1% molybdenum steel	A 387/A 387M	21	201
5CR	5% chromium, ½% molybdenum steel	A 387/A 387M	5	225
9CR	9% chromium, 1% molybdenum steel	A 387/A 387M	9	241
91	9% chromium, 1% molybdenum, vanadium, columbium	A 387/A 387M	91	241

[A] Hardness values listed are applicable to S3.

طبق جدول فوق، متریال SA-691-5CR دارای آنالیز شیمیایی زیر می باشد:

۱- درصد وزنی آلیاژ کروم برابر با 5% و درصد وزنی آلیاژ مولیبدن برابر با 0.5% است.

حال با توجه به اینکه لوله SA-691-5CR از متریال SA-387 Gr. 5 ساخته شده است برای بدست آوردن خواص مکانیکی آن می بایست به مشخصات فنی متریال SA-387 Gr. 5 مراجعه نمود.

توجه ویژه: متریال SA-387 در دو کلاس تولید می شود (Cl. 1 & Cl. 2) . برای اینکه مشخص شود که متریال SA-691-5CR از کدامیک از این دو کلاس ساخته می شود به جدول Table A-1 & Table A-1M از استاندارد ASME B31.3 مراجعه شود.

جدول-۱۸۱ : مشخصات متریال SA-691 5CR در جدول Table A-1 مطابق ASME B31.3-2018

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Nominal Composition	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi Tensile	Yield	Min. Temp. to 100	200
Low and Intermediate Alloy Steel Pipes (2)												
5Cr–½Mo A387 Gr. 5 Cl. 1	A691	5CR	K41545	...	...	5B	(11)(67)	–20	60	30	20.0	18.1

بنابراین؛ با توجه به مطالب جدول Table A-1 مشخص می شود که لوله‌ی SA-691-5CR از متریال SA-387 با گرید Gr. 5 Cl. 1 ساخته می شود

پس طبق جدول شماره ۱۸۲ از مشخصات فنی متریال SA-387 Gr. 5 Cl. 1 دارای استحکام کششی زیر است:

۲- حداقل استحکام کششی برابر است با 60 Ksi [415 MPa]

جدول-۱۸۲ : خواص مکانیکی SA-387 در جدول Table 2 مطابق ASME Sec II-part A-2019

ASME BPVC.II.A — TABLE 2 Tensile Requirements for Class 1 Plates — SA-387/SA-387M

	Grades 2 and 12	Grade 11	Grades 22, 21, 5, 9, 21L, 22L
Tensile strength, ksi [MPa]	55 to 80 [380 to 550]	60 to 85 [415 to 585]	60 to 85 [415 to 585]
Yield strength, min, ksi [MPa]	33 [230]	35 [240]	30 [205]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %[A]	18	19	...
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %[A]	22	22	18
Reduction of area, min, %	...	...	45[B] 40[C]

[A] See Specification A20/A20M, elongation adjustments.
[B] Measured on round test specimens.
[C] Measured on flat specimen.

مرحله‌ی دوم: انتخاب فیلر متال مناسب برای فرآیند جوش GTAW برای این لوله با مشخصات قید شده.

لازمه‌ی پیشنهاد فیلرمتال برای این متریال مراجعه به جدول SFA-No.5.28 می باشد. این دسته مربوط به فیلر متالهای مناسب جهت جوشکاری برای متریالهای کم آلیاژ (Low Alloy) می باشد.

جدول-۱۸۳ : مشخصات SFA-5.28

ASME SECTION-II-C- FILLER METAL SPECIFICATIONS	
ASME	**Title**
SFA-5.28	Specification for Low Alloy Steel Filler Metals for Gas Shielded Arc Welding

SPECIFICATION FOR LOW-ALLOY STEEL ELECTRODES AND RODS FOR GAS SHIELDED ARC WELDING

SFA-5.28/SFA-5.28M

(Identical with AWS Specification A5.28/A5.28M:2005 (R2015). In case of dispute, the original AWS text applies.)

به لیست فیلر متالهای دسته‌ی SFA-5.28 دقت شود:

فیلر متالهای دسته بندی SFA- 5.28 به ۶ گروه تقسیم شده اند که لیست آنها به شرح زیر است:

1- Carbon-Molybdenum Steel Electrodes and Rods
2- Chromium-Molybdenum Steel Electrodes and Rods
3- Nickel Steel Electrodes and Rods
4- Manganese-Molybdenum Steel Electrodes and Rods
5- Other Low-Alloy Steel Electrodes and Rods
6- Not Specified

با توجه به اینکه متریال SA-691 5CR جزء متریالهای Low Alloy و در حقیقت جزء متریالهای کروم – مولیبدن می باشد، انتخاب فیلرمتال از دسته‌ی دوم یعنی دسته‌ی Chromium -Molybdenum انجام می شود و با مراجعه به این دسته، بر اساس دو پارامتر متریال SA-691 5CR که در زیر ذکر شده است، فیلر متال مناسب را انتخاب می کنیم:

۱- حداقل استحکام کششی متریال 60 Ksi [415 MPa]

۲- 5 درصد آلیاژ کروم و 0.5 درصد آلیاژ مولیبدن

جدول-۱۸۴ : آنالیز فیلر متالهای SFA-5.28 در جدول ۱ مطابق ASME Section II-Part C-2019

Table 1
Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes and Rods

AWS Classification[c]			Weight Percent[a, b]													
A5.28	A5.28M	UNS Number[d]	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Zr	Al	Cu[e]	Other Elements, Total
Carbon–Molybdenum Steel Electrodes and Rods																
ER70S-A1	ER49S-A1	K11235	0.12	1.30	0.30–0.70	0.025	0.025	0.20	—	0.40–0.65	—	—	—	—	0.35	0.50
Chromium–Molybdenum Steel Electrodes and Rods																
ER80S-B2	ER55S-B2	K20900	0.07–0.12	0.40–0.70	0.40–0.70	0.025	0.025	0.20	1.20–1.50	0.40–0.65	—	—	—	—	0.35	0.50
ER70S-B2L	ER49S-B2L	K20500	0.05	0.40–0.70	0.40–0.70	0.025	0.025	0.20	1.20–1.50	0.40–0.65	—	—	—	—	0.35	0.50
ER90S-B3	ER62S-B3	K30960	0.07–0.12	0.40–0.70	0.40–0.70	0.025	0.025	0.20	2.30–2.70	0.90–1.20	—	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-B3L	ER55S-B3L	K30560	0.05	0.40–0.70	0.40–0.70	0.025	0.025	0.20	2.30–2.70	0.90–1.20	—	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-B6[f]	ER55S-B6[f]	S50280	0.10	0.40–0.70	0.50	0.025	0.025	0.60	4.50–6.00	0.45–0.65	—	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-B8[g]	ER55S-B8[g]	S50480	0.10	0.40–0.70	0.50	0.025	0.025	0.50	8.00–10.50	0.80–1.20	—	—	—	—	0.35	0.50
ER90S-B9[h, i, j]	ER62S-B9[h, i, j]	S50482	0.07–0.13	1.20	0.15–0.50	0.010	0.010	0.80	8.00–10.50	0.85–1.20	0.15–0.30	—	—	0.04	0.20	0.50
Nickel Steel Electrodes and Rods																
ER80S-Ni1	ER55S-NI1	K11260	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	0.80–1.10	0.15	0.35	0.05	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-Ni2	ER55S-NI2	K21240	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	2.00–2.75	—	—	—	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-Ni3	ER55S-NI3	K31240	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	3.00–3.75	—	—	—	—	—	—	0.35	0.50
Manganese–Molybdenum Steel Electrodes and Rods																
ER80S-D2 ER90S-D2	ER55S-D2 ER62S-D2	K10945	0.07–0.12	1.60–2.10	0.50–0.80	0.025	0.025	0.15	—	0.40–0.60	—	—	—	—	0.50	0.50
Other Low-Alloy Steel Electrodes and Rods																
ER100S-1	ER69S-1	K10882	0.08	1.25–1.80	0.20–0.55	0.010	0.010	1.40–2.10	0.30	0.25–0.55	0.05	0.10	0.10	0.10	0.25	0.50
ER110S-1	ER76S-1	K21015	0.09	1.40–1.80	0.20–0.55	0.010	0.010	1.90–2.60	0.50	0.25–0.55	0.04	0.10	0.10	0.10	0.25	0.50
ER120S-1	ER83S-1	K21030	0.10	1.40–1.80	0.25–0.60	0.010	0.010	2.00–2.80	0.60	0.30–0.65	0.03	0.10	0.10	0.10	0.25	0.50
ERXXS-G	ERXXS-G	—	Not Specified[k]													

بنابراین با بررسی درصد کروم و مولیبدن و نیز حداقل استحکام کششی متریال و فیلرمتال انتخابی، بهترین گزینه، فیلرمتال ER80S-B6 می باشد که با رنگ تیره مشخص شده است. مقایسه‌ی میان درصد کروم و مولیبدن و استحکام کششی متریال مورد نظر و فیلرمتال انتخابی در زیر نشان داده شده است:

جدول-۱۸۵ : مقایسه‌ی مشخصات فیلر متال ER80S-B6 با مشخصات متریالSA-691-5CR

مشخصات متریال SA-691-5CR	مشخصات فیلر متال انتخاب شده ER80S-B6
حداقل استحکام کششی 60 Ksi [415 MPa]	حداقل استحکام کششی 80 Ksi [550 MPa]
درصد وزنی کُروم Cr –5%	درصد وزنی کُروم Cr – 4.5-6.00%
درصد وزنی مولیبدن Mo – 0.5%	درصد وزنی مولیبدن Mo – 0.45 – 0.65%

مرحله سوم: جهت فرآیند SMAW چه الکترودی پیشنهاد شود؟

همانطور که قبلاً گفته شد، متریال SA-691-5CR جزء متریالهای Low Alloy و آلیاژهای مهم آن کروم – مولیبدن می باشد و دارای خصوصیات زیر می باشد:

۱- حداقل استحکام کششی برابر است با 60 Ksi [415 MPa]

۲- درصد وزنی آلیاژ کروم برابر است با 5 و درصد وزنی آلیاژ مولیبدن برابر است با 0.5

حال برای انتخاب الکترود طبق مثالهای قبل عمل می شود:

مرحله‌ی اول: مراجعه به لیست دسته بندیهای الکترودها برای پیدا کردن SFA-No. الکترود مربوط به متریالهای کم آلیاژ که SFA-5.5 برای این منظور مشخص شده است.

ASME Section II-Part-C-2019-SFA-5.5:

Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding

جدول-۱۸۶ : مشخصات الکترودهای کروم-مولیبدنی از ASME Section II-Part-C-2019-SFA-5.5

Table 2
Chemical Composition Requirements for Undiluted Weld Metal

AWS Classification[c]		UNS	Weight Percent[a,b]								Additional Elements[e,f]	
A5.5	A5.5M	Number[d]	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Type	Amt.
Carbon-Molybdenum Steel Electrodes												
Chromium-Molybdenum Steel Electrodes												
E8016-B1	E5516-B1	W51016	0.05–0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	–	0.40–0.65	0.40–0.65	–	–
E8018-B1	E5518-B1	W51018	0.05–0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	–	0.40–0.65	0.40–0.65	–	–
E8015-B2	*E5515-B2*	*W52015*	*0.05–0.12*	*0.90*	*1.00*	*0.03*	*0.03*	–	*1.00–1.50*	*0.40–0.65*	–	–
E8016-B2	E5516-B2	W52016	0.05–0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	–	1.00–1.50	0.40–0.65	–	–
E8018-B2	E5518-B2	W52018	0.05–0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	–	1.00–1.50	0.40–0.65	–	–
E7015-B2L	E4915-B2L	W52115	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	–	1.00–1.50	0.40–0.65	–	–
E7016-B2L	E4916-B2L	W52116	0.05	0.90	0.60	0.03	0.03	–	1.00–1.50	0.40–0.65	–	–
E7018-B2L	E4918-B2L	W52118	0.05	0.90	0.80	0.03	0.03	–	1.00–1.50	0.40–0.65	–	–
E9015-B3	E6215-B3	W53015	0.05–0.12	0.90	1.00	0.03	0.03	–	2.00–2.50	0.90–1.20	–	–
E9016-B3	E6216-B3	W53016	0.05–0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	–	2.00–2.50	0.90–1.20	–	–
E9018-B3	E6218-B3	W53018	0.05–0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	–	2.00–2.50	0.90–1.20	–	–
E8015-B3L	E5515-B3L	W53115	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	–	2.00–2.50	0.90–1.20	–	–
E8018-B3L	E5518-B3L	W53118	0.05	0.90	0.80	0.03	0.03	–	2.00–2.50	0.90–1.20	–	–
E8015-B4L	E5515-B4L	W53415	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	–	1.75–2.25	0.40–0.65	–	–
E8016-B5	E5516-B5	W51316	0.07–0.15	0.40–0.70	0.30–0.60	0.03	0.03	–	0.40–0.60	1.00–1.25	V	0.05
E8015-B6	E5515-B6	W50215	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E8016-B6	E5516-B6	W50216	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E8018-B6	E5518-B6	W50218	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E9018-B6	*E6218-B6*	W50219	*0.05–0.10*	*1.0*	*0.90*	*0.03*	*0.03*	*0.40*	*4.0–6.0*	*0.45–0.65*	–	–
E8015-B6L	E5515-B6L	W50205	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E8016-B6L	E5516-B6L	W50206	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E8018-B6L	E5518-B6L	W50208	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0–6.0	0.45–0.65	–	–
E8015-B7	E5515-B7	W50315	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8016-B7	E5516-B7	W50316	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8018-B7	E5518-B7	W50318	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8015-B7L	E5515-B7L	W50305	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8016-B7L	E5516-B7L	W50306	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8018-B7L	E5518-B7L	W50308	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	6.0–8.0	0.45–0.65	–	–
E8015-B8	E5515-B8	W50415	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E8016-B8	E5516-B8	W50416	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E8018-B8	E5518-B8	W50418	0.05–0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E8015-B8L	E5515-B8L	W50405	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E8016-B8L	E5516-B8L	W50406	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E8018-B8L	E5518-B8L	W50408	0.05	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	8.0–10.5	0.85–1.20	–	–
E9015-B23 *E9016-B23* *E9018-B23*	*E6215-B23* *E6216-B23* *E6218-B23*	K20857	*0.04–0.12*	*1.00*	*0.60*	*0.015*	*0.015*	*0.50*	*1.9–2.9*	*0.30*	*W* *V* *Nb* *B* *Al* *Cu* *N*	*1.50–2.00* *0.15–0.30* *0.02–0.10* *0.006* *0.04* *0.25* *0.05*
E9015-B24 *E9016-B24* *E9018-B24*	*E6215-B24* *E6216-B24* *E6218-B24*	*K20885*	*0.04–0.12*	*1.00*	*0.60*	*0.020*	*0.015*	*0.50*	*1.9–2.9*	*0.80–1.20*	*V* *Nb* *Ti* *B* *Al* *Cu* *N*	*0.15–0.30* *0.02–0.10* *0.10* *0.006* *0.04* *0.25* *0.07*
E9015-B91[g,h] *E9016-B91*[g,h] *E9018-B91*[g,h]	*E6215-B91*[g,h] *E6216-B91*[g,h] *E6218-B91*[g,h]	W50425 W50426 W50428	0.08–0.13	1.20	0.30	0.01	0.01	0.80	8.0–10.5	0.85–1.20	V Cu Al Nb N	0.15–0.30 0.25 0.04 0.02–0.10 0.02–0.07
E9015-B92[g] *E9016-B92*[g] *E9018-B92*[g]	*E6215-B92*[g] *E6216-B92*[g] *E6218-B92*[g]	*W59016*	*0.08–0.15*	*1.20*	*0.60*	*0.020*	*0.015*	*1.00*	*8.0–10.0*	*0.30–0.70*	*W* *V* *Nb* *B* *Al* *Cu* *N*	*1.50–2.00* *0.15–0.30* *0.02–0.08* *0.006* *0.04* *0.25* *0.03–0.08*

در SFA- 5.5، الکترودهای کروم-مولیبدنی دارای ۱۷ پسوند B می باشند که با افزایش شماره همراه B درصد کروم نیز تغییر می کند. به جدول زیر دقت شود:

جدول-۱۸۷ : مشخصات پسوندهای الکترودهای کروم-مولیبدنی از ASME Section II-Part-C-2019-SFA-5.5

LOW ALLOY STEEL COATED ELECTRODES, CONT'D SUFFIX TABLE			
Suffix	Steel Alloy Type	Chemical Composition Weld Deposit	
-B1	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.65 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2	Chromium-Molybdenum	1.00 - 1.50 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B2L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B2	
-B3	Chromium-Molybdenum	2.00 - 2.50 Cr	0.90 - 1.20 Mo
-B3L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B3	
-B4L	Chromium-Molybdenum	1.75 - 2.25 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B5	Chromium-Molybdenum	0.40 - 0.60 Cr	1.00 - 1.25 Mo
-B6	Chromium-Molybdenum	4.6 - 6.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B6L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B6	
-B7	Chromium-Molybdenum	6.0–8.0 Cr	0.40 - 0.65 Mo
-B7L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B7	
-B8	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.8 - 1.2 Mo
-B8L	Chromium-Molybdenum	Lower Carbon B8	
-B23	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.3 Mo
-B24	Chromium-Molybdenum	1.9 - 2.9 Cr	0.8–1.20 Mo
-B91	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.5 Cr	0.85–1.20 Mo
-B92	Chromium-Molybdenum	8.0 - 10.0 Cr	0.3 – 0.7 Mo

بنابراین با بررسی درصد کروم و مولیبدن و نیز حداقل استحکام کششی متریال و الکترود انتخابی، بهترین گزینه، الکترود E8018-B6 می باشد. مقایسه‌ی میان درصد کروم و مولیبدن و استحکام کششی متریال مورد نظر و الکترود انتخابی در زیر نشان داده شده است:

جدول-۱۸۸ : مقایسه‌ی میان مشخصات الکترود E8018-B6 و مشخصات متریال SA-691-5CR

مشخصات متریال SA-691-5CR	مشخصات الکترود انتخاب شده E8018-B6
حداقل استحکام کششی 60 Ksi [415 MPa]	حداقل استحکام کششی 80 Ksi [550 MPa]
درصد وزنی کُروم Cr – 5%	درصد وزنی کُروم Cr – 4.0–6.0%
درصد وزنی مولیبدن Mo – 0.5%	درصد وزنی مولیبدن Mo – 0.45 – 0.65%

با توجه به مثالهای ذکر شده‌ی فوق، مسیر انتخاب الکترود و فیلرمتال مناسب برای متریالهای مختلف در دو فرآیند SMAW و GTAW مشخص گردیدند اما پارامتر دیگری که در انتخاب الکترود و فیلرمتال مناسب برای متریالهای مختلف بسیار حائز اهمیت می باشد پارامتر دمای سرویس است.

■- پارامتر دوم دمای سرویس

یکی از الزامات انتخاب الکترود برای هر متریالی، دانستن دمای سرویسی است که آن متریال بایستی در آن کار کند.

برای روشن شدن این موضوع به مثال زیر دقت شود:

برای متریال SA333-Gr. 6 در دو دمای سرویس مشخص شده در زیر برای دو فرآیند GTAW و SMAW، فیلرمتال و الکترود مناسب مشخص شود؟

۱- برای دمای سرویس (-20ºC)

۲- برای دمای سرویس (-45ºC)

مطابق رویه‌ی قبلی ذکر شده جهت انتخاب فیلر و الکترود برای متریالها:

مرحله‌ی اول: باید از حداقل استحکام کششی و همچنین از ترکیبات شیمیایی متریال مطلع شویم.

برای آگاهی از خواص مکانیکی و شیمیایی این فولاد باید به استاندارد ASME Section II-A مراجعه کرده و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمود.

SPECIFICATION FOR SEAMLESS AND WELDED STEEL PIPE FOR LOW-TEMPERATURE SERVICE AND OTHER APPLICATIONS WITH REQUIRED NOTCH TOUGHNESS

SA-333/SA-333M

(Identical with ASTM Specification A333/A333M-16.)

ASTM INTERNATIONAL Standards Worldwide

بر اساس استاندارد مذکور، این متریال مربوط به لوله های کربن استیل و آلیاژی بدون درز و درز دار جوشی است که برای دماهای پایین استفاده می شوند و همچنین کاربردهای دیگری که به تست ضربه نیاز دارند. با مراجعه به جدولهای ۱ و ۲ این بخش از استاندارد می توان به ترتیب از وضعیت آنالیز شیمیایی و استحکام کششی و استحکام تسلیم آن مطلع شد.

جدول-۱۸۹ : مشخصات آنالیز شیمیایی متریال SA-333-Gr-6 مطابق ASME Section II-A-2019

ASME BPVC.II.A — TABLE 1 Chemical Requirements — SA-333/SA-333M

Element	Composition, %								
	Grade 1[A]	Grade 3	Grade 4	Grade 6[A]	Grade 7	Grade 8	Grade 9	Grade 10	Grade 11
Carbon, max	0.30	0.19	0.12	0.30	0.19	0.13	0.20	0.20	0.10
Manganese	0.40–1.06	0.31–0.64	0.50–1.05	0.29–1.06	0.90 max	0.90 max	0.40–1.06	1.15–1.50	0.60 max
Phosphorus, max	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.035	0.025
Sulfur, max	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.015	0.025
Silicon	...[B]	0.18–0.37	0.08–0.37	0.10 min	0.13–0.32	0.13–0.32	...	0.10–0.35	0.35 max
Nickel	...	3.18–3.82	0.47–0.98	0.40 max	2.03–2.57	8.40–9.60	1.60–2.24	0.25 max	35.0–37.0
Chromium	...	...	0.44–1.01	0.30 max	...	...	...	0.15 max	0.50 max
Copper	...	...	0.40–0.75	0.40 max	...	...	0.75–1.25	0.15 max	...
Aluminum	...	...	0.04–0.30	...	...	...	...	0.06 max	...
Vanadium, max	...	...	...	0.08	...	...	...	0.12	...
Columbium, max	...	...	...	0.02	...	...	...	0.05	...
Molybdenum, max	...	...	...	0.12	...	...	...	0.05	0.50 max
Cobalt	...	...	...	...	...	...	...	...	0.50 max

[A] For each reduction of 0.01 % carbon below 0.30 %, an increase of 0.05 % manganese above 1.06 % would be permitted to a maximum of 1.35 % manganese.
[B] Where an ellipsis (...) appears in this table, there are no reporting requirements for those elements.

جدول-۱۹۰ : مشخصات استحکام کششی و تسلیم متریال SA-333-Gr-6 مطابق ASME Section II-A-2019

SA-333/SA-333M — TABLE 2 Tensile Requirements — ASME BPVC.II.A

	Grade 1		Grade 3		Grade 4		Grade 6		Grade 7		Grade 8		Grade 9		Grade 10		Grade 11	
	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa
Tensile strength, min	55 000	380	65 000	450	60 000	415	60 000	415	65 000	450	100 000	690	63 000	435	80 000	550	65 000	450
Yield strength, min	30 000	205	35 000	240	35 000	240	35 000	240	35 000	240	75 000	515	46 000	315	65 000	450	35 000	240

با مراجعه به جدولهای ۱۸۹ و ۱۹۰ اطلاعات زیر بدست می آید:

حداقل استحکام کششی متریال SA333-Gr. 6 برابر است با 60 Ksi [415 MPa]

آنالیز شیمیایی متریال SA333-Gr. 6 بیانگر آن است که، این متریال کربن استیل است و عنصر خاص آلیاژی در آن وجود ندارد.

مرحله‌ی دوم: مراجعه به جدول لیست .SFA-No ها برای مشخص نمودن .SFA-No مناسب جهت انتخاب فیلر متال

با توجه به اینکه متریال SA333-Gr. 6، جزوه متریالهای کربن استیل می باشد SFA-5.18 بهترین گزینه برای انتخاب فیلر متال مناسب می باشد. اما در اینجا باید به گزینه دمای سرویس بیشتر دقت کرد.

SPECIFICATION FOR CARBON STEEL ELECTRODES AND RODS FOR GAS SHIELDED ARC WELDING

SFA-5.18/SFA-5.18M

(Identical with AWS Specification A5.18/A5.18M:2017. In case of dispute, the original AWS text applies.)

*- لیست فیلر متالهای مربوط به SFA-5.18

جدول-۱۹۱ : مشخصات فیلر متالهای SFA-5.18 مطابق ASME Section II-C-2019

Table 1
Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes and Rods

AWS Classification[a, b] A5.18 [A5.18M]	UNS[c] Number	Weight Percent[d, e] C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu[f]	Ti	Zr	Al
ER70S-2 [ER49S-2]	K10726	0.07	0.90 to 1.40	0.40 to 0.70	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	0.05 to 0.15	0.02 to 0.12	0.05 to 0.15
ER70S-3 [ER49S-3]	K11022	0.06 to 0.15	0.90 to 1.40	0.45 to 0.75	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-4 [ER49S-4]	K11132	0.06 to 0.15	1.00 to 1.50	0.65 to 0.85	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-6 [ER49S-6]	K11140	0.06 to 0.15	1.40 to 1.85	0.80 to 1.15	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-7 [ER49S-7]	K11125	0.07 to 0.15	1.50 to 2.00[g]	0.50 to 0.80	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-8 [ER49S-8]	—	*0.02 to 0.10*	*1.40 to 1.90*	*0.55 to 1.10*	*0.025*	*0.035*	*0.15*	*0.15*	*0.15*	*0.03*	*0.50*	*h*	*h*	—
ER70S-G [ER49S-G]	—	Not Specified[i]												

[a] Refer to Figure 1 for an explanation of the classification system.
[b] The letter "N" as an optional suffix to a classification indicates that the weld metal is intended for the core belt region of nuclear reactor vessels, as described in Annex A of this specification. This suffix will change the limits on the phosphorus and copper as follows: P = 0.012% maximum, Cu = 0.08% maximum.
[c] SAE HS-1086/ASTM DS-56, *Metals & Alloys in the Unified Numbering System.*
[d] Single values are maximum.

[c] Analysis for boron is required to be reported if intentionally added, or if it is known to be present at levels greater than 0.0010%.
[f] Copper due to any coating on the electrode or rod plus the copper content of the filler metal itself shall not exceed the stated 0.50% maximum.
[g] In this classification, the maximum manganese may exceed 2.00%. If it does, the maximum carbon must be reduced 0.01% for each 0.05% increase in manganese or part thereof.
[h] The requirement for Ti + Zr = 0.10% to 0.30%.
[i] Chemical requirements are not specified but there shall be no intentional adding of Ni, Cr, or Mo greater than 0.15% maximum, or V greater than 0.03% maximum. Composition shall be reported. Requirements are those agreed upon between the purchaser and the supplier.

*- یادداشتهای مربوط به جدول شماره ۱ از SFA-5.18:

(a) – برای توضیحات سیستم طبقه بندی به شکل ۱ مراجعه شود.

(b) – حرف "N" به عنوان پسوند اختیاری برای طبقه بندی نشان می دهد که فلز جوش برای منطقه کمربندی داخلی مخازن راکتور هسته ای در نظر گرفته شده است ، همانطور که در ضمیمه A این مشخصات شرح داده شده است. این پسوند محدودیت های فسفر و مس را به شرح زیر تغییر می دهد: حداکثر برای فسفر 0.012% و حداکثر برای مس برابر با 0.08% می باشد.

(c) – SAE HS-1086 / ASTM DS-56 ، فلزات و آلیاژهای موجود در سیستم شماره گذاری یکپارچه است.

(d) – مقادیر واحد حداکثر است

(e) – آنالیز (عنصر) بور در صورت افزودن عمدی لازم است گزارش شود، یا اگر مشخص شود در سطوح بالاتر از 0.001% وجود دارد.

(f) – مس به دلیل هرگونه پوشش روی الکترود یا راد به علاوه مقدار مس فلز پرکننده خود نباید بیش از حداکثر 0.5% اعلام شده باشد.

(g) – در این طبقه بندی ، حداکثر منگنز ممکن است بیش از 2.0% باشد. در صورت انجام این کار ، برای هر 0.05% افزایش منگنز یا بخشی از آن ، حداکثر کربن باید 0.01% کاهش یابد.

(h) – الزامات برای مجموع Ti + Zr از 0.10% تا 0.30% باشد.

(i) – الزامات شیمیایی مشخص نشده اند ، اما نباید افزودن عمدی نیکل ، کلر ، و مولیبدن را حداکثر بیشتر از 0.015% ، یا V را حداکثر بیشتر از 0.030% بدست آورید .ترکیب باید گزارش شود .مورد نیاز مواردی است که بین خریدار و تأمین کننده توافق شده است.

*- چونکه گزینه دما برای انتخاب فیلر متال مناسب، حائز اهمیّت می باشد، بنابراین به جدول ۴ توجه شود.

جدول-۱۹۲ : حداقل دمای تست ضربه فیلر متالهای SFA-5.18 مطابق ASME Section II-C-2019

Table 4 Mechanical Property Requirements (As Welded)					
AWS Classification[a] A5.18 [A5.18M]	Shielding Gas[b, c]	Tensile Strength[d] psi [MPa]	Yield Strength[e] (minimum) psi [MPa]	Elongation[f] Percent (minimum)	Impact Strength[g, h, i] (minimum average) A5.18 [A5.18M]
ER70S-2 [ER49S-2]	CO_2 (Classification C1)	70 000 [490]	58 000 [400]	22	20 ft·lbf @ –20°F [27J @ –30°C]
ER70S-3 [ER49S-3]					20 ft·lbf @ 0°F [27J @ –20°C]
ER70S-4 [ER49S-4]					Not Required
ER70S-6 [ER49S-6]					20 ft·lbf @ –20°F [27J @ –30°C]
ER70S-7 [ER49S-7]					20 ft·lbf @ –20°F [27J @ –30°C]
ER70S-8 [ER49S-8]					20 ft·lbf @ –20°F [27J @ –30°C]
ER70S-G [ER49S-G]	j				j

جدول-۱۹۳ یادداشتهای مربوط به جدول شماره ۴ از SFA-5.18 مطابق ASME Section II-C-2019

[a] Refer to Figure 1 for an explanation of the classification system.
[b] The designations for the shielding gases (in brackets) are from AWS A5.32M/A5.32 (ISO 14175 MOD), *Welding Consumables—Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes*. The use of a particular shielding gas for classification purposes shall not be construed to restrict the use of other gas mixtures. A filler metal tested with other gas blends may result in weld metal having different mechanical properties. Classification with other gas blends shall be as agreed upon between the purchaser and the supplier, unless designated by the C or M suffix.
[c] Testing with 100% argon shielding is required when classification testing is based upon GTAW only
[d] Tensile Strengths are minimum unless specified otherwise.
[e] Yield strength, minimum, at 0.2% offset.
[f] Percent elongation in 2 in [50 mm] gage length (or 1.4 in [36 mm] gage length for the 0.350 in [9.0 mm] tensile specimen recommended in 12.1).
[g] Both the highest and lowest of the five test values shall be disregarded in computing the impact strength. Two of the remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J]. One of the three remaining values may be lower than 20 ft·lbf [27 J], but not lower than 15 ft·lbf [20 J]. The average of the three shall not be less than the 20 ft·lbf [27 J] specified.
[h] For classifications with the "N" (nuclear) optional supplemental designator, three additional specimens shall be tested at a temperature range of *60°F to 90° F [15°C to 32°C]*. Two of the three shall equal, or exceed, 75 ft·lbf [100 J], and the third shall not be lower than 70 ft·lbf [95 J]. The average of the three shall equal, or exceed, 75 ft·lbf [100 J].
[i] Filler metal classification testing to demonstrate conformance to a specified minimum acceptable level for impact testing, i.e., minimum energy at specified temperature, can be met by testing and meeting the minimum energy requirement at any lower temperature. In these cases, the actual temperature used for testing shall be listed on the certification documentation when issued.
[j] Not specified (as agreed upon between purchaser and supplier).

یادداشتهای مربوط به جدول شماره ۴ از SFA-5.18:

(a) – برای توضیحات سیستم طبقه بندی به شکل ۱ مراجعه شود.

(b) – مشخصات گازهای محافظ (در براکت ها) از AWS A5.32M / A5.32 (ISO 14175 MOD) ، گازهای مصرفی جوشکاری و مخلوط های گازی برای جوشکاری ذوبی و فرآیندهای ترکیبی است. استفاده از گاز محافظ خاص برای اهداف طبقه بندی نباید برای محدود کردن استفاده از مخلوط های دیگر گاز تعبیر شود. فلز پرکننده آزمایش شده با دیگر مخلوط های گازی ممکن است باعث شود فلز جوش از خصوصیات مکانیکی مختلفی برخوردار باشد. طبقه بندی با سایر مخلوط های گازی باید مطابق توافق بین خریدار و تأمین کننده باشد ، مگر اینکه با پسوند C یا M تعیین شده باشد.

(c) – آزمایش با 100% گاز محافظ آرگون وقتی ضروری است که طبقه بندی آزمایش فقط براساس GTAW باشد.

(d) – مقاومت کششی حداقل است ، مگر اینکه در موارد دیگری مشخص شده باشد.

(e) – استحکام تسلیم، حداقل در 0.2% offset باشد.

(f) – درصد کشیدگی در 2 اینچ (۵۰ میلی متر) طول گیج (یا 1.4 اینچ (۳۶ میلی متر) طول گیج برای (0.350 اینچ (۹ میلی متر) نمونه کششی توصیه شده در ۱۲,۱)

(g) – از هر دو، بالاترین و پایین ترین مقدار از پنج مقدار آزمون در محاسبه مقاومت ضربه ای باید صرف نظر کرد. دو تا باقیمانده از سه مقدار باید برابر یا بیشتر از [27 J] باشد. یکی از سه مقدار باقی مانده ممکن است پایین تر از [27 J] باشد ، اما کمتر از [20 J] نباشد. میانگین این سه نباید کمتر از [27 J] مشخص شده باشد.

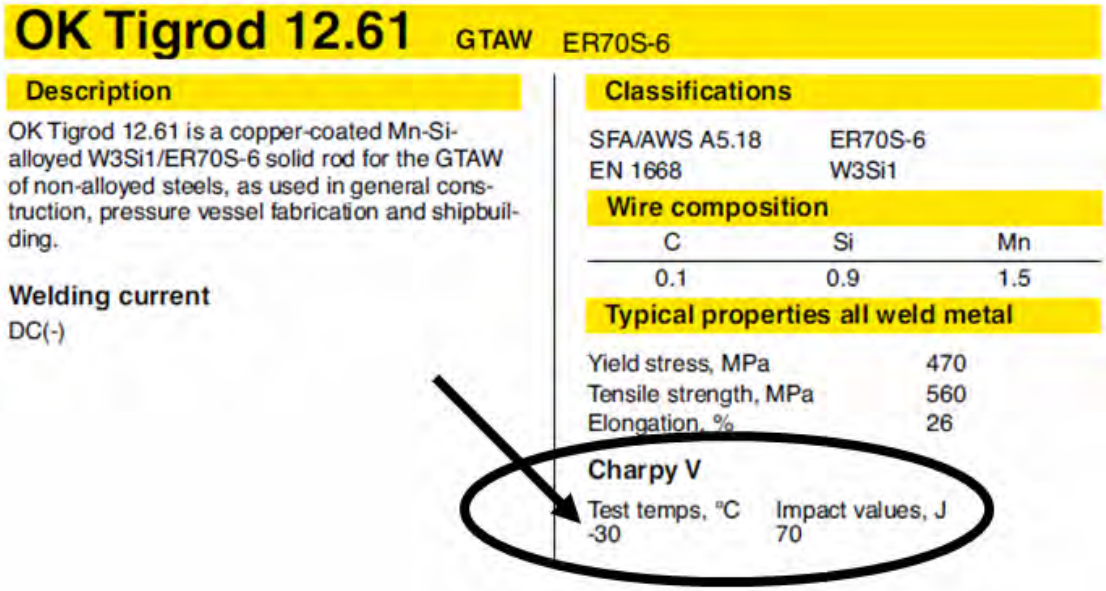
(h) – برای طبقه بندی ها با تعیین کننده تکمیلی اختیاری "N" (هسته ای) ، سه نمونه اضافی باید در محدوده دما از ۶۰ درجه فارنهایت تا ۹۰ درجه فارنهایت (۱۵ درجه سانتیگراد تا ۳۲ درجه سانتیگراد) آزمایش شوند. دو تا از این سه تا باید برابر یا بیشتر از [100 J] 75 ft·lbf باشند. و سومی آن نباید کمتر از [95 J] 70 ft·lbf باشد. میانگین این سه قطعه باید برابر یا بیشتر از [100 J] 75 ft·lbf باشد.

(i) – آزمایش طبقه بندی فلزات پرکننده برای نشان دادن مطابقت با حداقل سطح قابل قبول مشخص برای آزمایش ضربه ، یعنی حداقل انرژی در دمای مشخص ، می تواند با آزمایش و برآورده کردن حداقل میزان انرژی در هر دمای پایین تر انجام شود .در این موارد ، دمای واقعی مورد استفاده برای آزمایش باید هنگام صدور در مدارک صدور گواهینامه ذکر شود.

(j) – مشخص نشده است (همانطور که بین خریدار و تأمین کننده توافق شده است).

با توجه به حداقل دمای تست ضربه فیلر متالهای SFA-5.18 می توان نتیجه گرفت که فیلر متال ER70S-3 در دمای -20ºC مقدار 27 J انرژی جذب کرده ولی همین مقدار انرژی را فیلر متالهای ER70S-2, 6 & 7 در دمای -30ºC جذب کرده اند.

بنابراین؛ فیلر متال مناسب مثال اول، برای دمای سرویس -20ºC می توان از فیلر متالهای ER70S-2, 6 & 7 استفاده کرد که از لحاظ دسترسی آسان و فراوانی در بازار بهترین گزینه ER70S-6 می باشد.



OK Tigrod 12.61 GTAW ER70S-6

Description

OK Tigrod 12.61 is a copper-coated Mn-Si-alloyed W3Si1/ER70S-6 solid rod for the GTAW of non-alloyed steels, as used in general construction, pressure vessel fabrication and shipbuilding.

Welding current

DC(-)

Classifications

SFA/AWS A5.18	ER70S-6
EN 1668	W3Si1

Wire composition

C	Si	Mn
0.1	0.9	1.5

Typical properties all weld metal

Yield stress, MPa	470
Tensile strength, MPa	560
Elongation, %	26

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
-30	70

شکل-۳۷۸ : مشخصات فیلر متال ER70S-6 مطابق Data sheet شرکت ESAB

به مقایسه‌ی زیر توجه نمایید:

جدول-۱۹۴ : مقایسه‌ی مشخصات فیلر متال ER70S-6 با مشخصات متریال SA-333 Gr. 6

مشخصات متریال SA-333 Gr. 6	مشخصات فیلرمتال انتخاب شده ER70S-6
حداقل استحکام کششی 60 Ksi [415 MPa]	حداقل استحکام کششی 70 Ksi [485 MPa]
درصد وزنی منگنز Mn- 1.06%	درصد وزنی منگنز Mn- 1.40-1.85%
دمای سرویس -20ºC	دمای منفی تست شده -30ºC

***- **توجه مهم:** اعداد پسوند فیلر متالهای گروه SFA-5.18 چه مفهومی دارند؟

اگر به فیلرمتالهای گروه SFA-5.18 دقت شود اعدادی همچون 7-& 6- ,4- ,3- ,2- را می توان در انتهای ER70S دید که در واقع ER ترکیبی از E و R است که E نماینده‌ی الکترود و R نماینده‌ی فیلر متال است.

Designates use as either an electrode or rod (ER), or use only as an electrode (E).

و 70 نماینده حداقل استحکام کششی فیلرمتال است که به معنی 70,000 Psi است و حرف S نماینده کلمه‌ی Solid یا تو پر است. Indicates whether the filler metal is solid (S)

*- اعداد نماینده سه ویژه گی هستند:

۱- آنالیز شیمیایی

۲- دمای تست ضربه

۳- توانایی جوشکاری در فرآیندهای مختلف و همچنین از لحاظ قابلیت جوشکاری بر روی سطوح مختلف

*- از لحاظ آنالیز شیمیایی:

فیلر متال دارای پسوند (-2) کمترین درصد کربن را در این گروه از فیلر متالها داراست. مقدار کمی از Ti, Zr & Al را نیز دارا می باشد که این فیلر متال (ER70S-2) با داشتن اینچنین آلیاژهایی می تواند کیفیت جوش بهتری ارائه نماید.

جدول-۱۹۵ : آنالیز شیمیایی فیلر متال ER70S-2 از SFA-5.18

AWS Classification[b]		UNS[c]	Weight Percent[a]												
A5.18	A5.18M	Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu[d]	Ti	Zr	Al
ER70S-2	ER48S-2	K10726	0.07	0.90 to 1.40	0.40 to 0.70	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	0.05 to 0.15	0.02 to 0.12	0.05 to 0.15
—	—	—	—			—	—	—	—	—	—	—			

فیلر متالهای دارای پسوند (-7 & -6, -4, -3) دارای آلیاژهای یکسانی هستند بجز آلیاژهای Mn و Si که با افزایش عدد پسوند مقدار این دو آلیاژ نیز افزایش یافته است.

جدول-۱۹۶ : آنالیز شیمیایی فیلر متالهای ER70S-3,4,6, 7 از SFA-5.18

ASME BPVC.II.C — TABLE 1 — SFA-5.18/SFA-5.18M

CHEMICAL COMPOSITION REQUIREMENTS FOR SOLID ELECTRODES AND RODS

AWS Classification[b]		UNS[c]	Weight Percent[a]												
A5.18	A5.18M	Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu[d]	Ti	Zr	Al
ER70S-3	ER48S-3	K11022	0.06 to 0.15	0.90 to 1.40	0.45 to 0.75	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
—	—	—													
ER70S-4	ER48S-4	K11132	0.06 to 0.15	1.00 to 1.50	0.65 to 0.85	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
—	—	—													
ER70S-6	ER48S-6	K11140	0.06 to 0.15	1.40 to 1.85	0.80 to 1.15	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
—	—	—													
ER70S-7	ER48S-7	K11125	0.07 to 0.15	1.50 to 2.00[e]	0.50 to 0.80	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
—	—	—													

- حال سؤال اینجاست؛ افزایش آلیاژهای Mn و Si چه تاثیری در خواص جوش ایجاد می کنند؟ **منگنز و سلیسیم** از عناصر اکسیدزدا می باشند.

ER70S-3 and ER70S-6 These electrodes are designed with significant quantities of deoxidizers such as **manganese** and **silicon**.

ER70S-3 و ER70S-6 این الکترودها با مقادیر قابل توجهی از اکسید کننده ها مثل منگنز و سیلیکون طراحی شدند.

*- از لحاظ دمای تست ضربه:

فیلرمتالهای دارای پسوند (-7 & -6, -2) تست ضربه را در دمای -30ºC با جذب 27 J انرژی پاس کرده اند اما فیلر متال دارای پسوند (-3) تست ضربه را در دمای -20ºC با جذب 27 J انرژی پاس کرده و فیلر متال دارای پسوند -4 نیازی به تست ضربه ندارد.

*- توانایی جوشکاری در فرآیندهای مختلف و همچنین از لحاظ قابلیت جوشکاری بر روی سطوح مختلف:

فیلرمتال دارای پسوند (-2) بطور گسترده برای فرآیند GTAW و برای سطوح کثیف و زنگ زده مناسب می باشد.

فیلرمتال دارای پسوند (-3) برای فرآیند GMAW مناسب می باشد.

فیلرمتالهای دارای پسوند (-7, -4) شبیه فیلرمتال دارای پسوند (-3) و فیلرمتال دارای پسوند (-6) شبیه فیلر متال دارای پسوند (-2) می باشد.

*- نتیجه مهم: برای دمای سرویس (-45ºC) فیلر متالهای SFA-5.18 مناسب نمی باشند.

چنانچه دمای سرویس -45ºC باشد فیلرمتال ER70S-6 برای جوشکاری در این دما مناسب نمی باشد. در این شرایط باید از فیلرمتالهای آلیاژی استفاده نمود. در میان عناصر آلیاژی، عنصر نیکل قدرت انعطاف پذیری فولاد را افزایش می دهد

و مقاومت آن را در مقابل تست ضربه بهبود می بخشد. بنابراین در دماهای پایین از الکترود و فیلرمتال هایی که دارای نیکل می باشند استفاده می شود. در این زمینه بایستی به SFA-5.28 مراجعه شود و از گروه آلیاژهای نیکلی استفاده گردد.

SPECIFICATION FOR LOW-ALLOY STEEL ELECTRODES AND RODS FOR GAS SHIELDED ARC WELDING

SFA-5.28/SFA-5.28M

(Identical with AWS Specification A5.28/A5.28M:2005 (R2015). In case of dispute, the original AWS text applies.)

جدول-۱۹۷ : مشخصات فیلر متالهای نیکلی SFA-5.28 مطابق ASME Section II-C-2019

Table 1
Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes and Rods

AWS Classification[c]			Weight Percent[a,b]													
A5.28	A5.28M	UNS Number[d]	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Zr	Al	Cu[e]	Other Elements, Total
Nickel Steel Electrodes and Rods																
ER80S-Ni1	ER55S-NI1	K11260	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	0.80–1.10	0.15	0.35	0.05	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-Ni2	ER55S-NI2	K21240	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	2.00–2.75	—	—	—	—	—	—	0.35	0.50
ER80S-Ni3	ER55S-NI3	K31240	0.12	1.25	0.40–0.80	0.025	0.025	3.00–3.75	—	—	—	—	—	—	0.35	0.50

حال با توجه به فیلر متالهای دارای نیکل که برای کاربرد در دماهای منفی مناسب می باشند، از لحاظ شرایط دمایی، که می توانند پشتیبانی یا ساپورت کنند لازم است بررسی شوند:

جدول-۱۹۸ : الزامات تست ضربه فیلر متالهای نیکلی SFA-5.28 مطابق ASME Section II-C-2019

Table 4
Impact Test Requirements

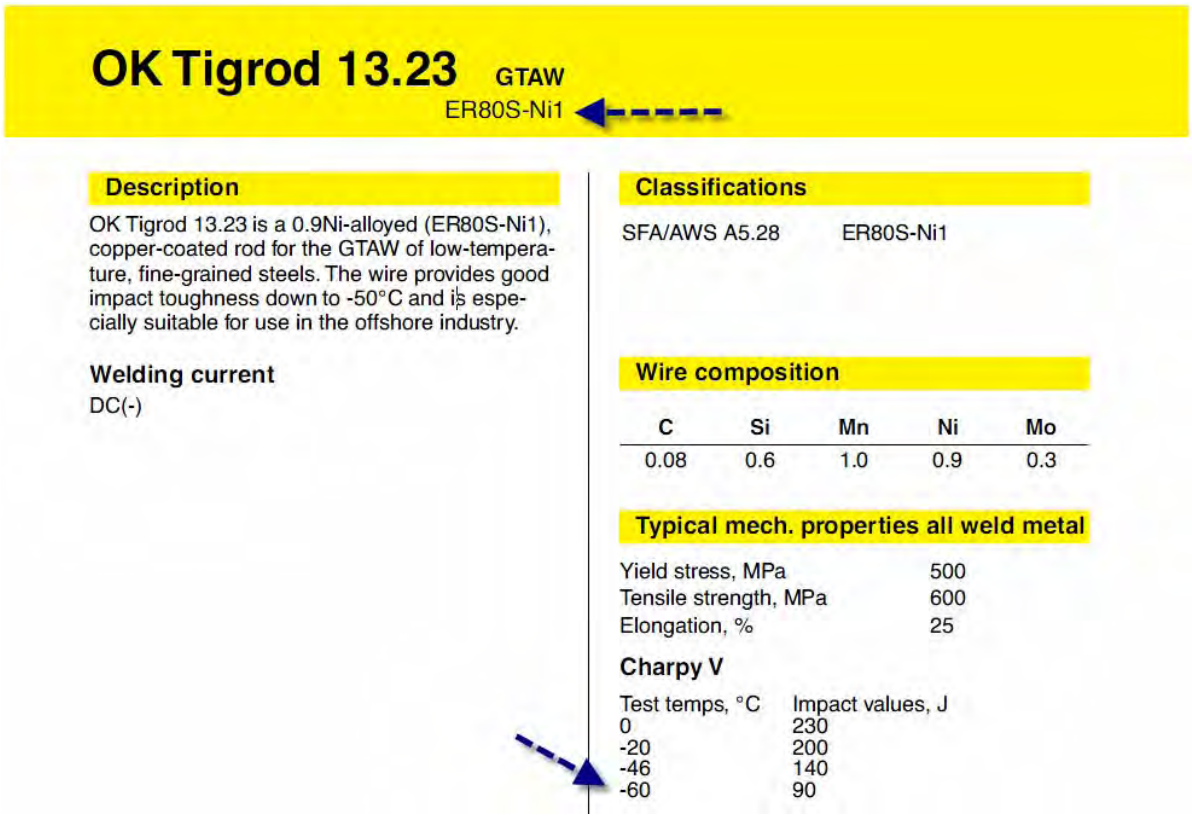
AWS Classification		Average Impact Energy Absorbed[a,b] (Minimum)		
A5.28	A5.28M	A5.28	A5.28M	Testing Condition
ER80S-Nil	ER55S-Nil	20 ft·lbf at –50°F	27 J at –45°C	As-Welded
ER80S-Ni2	ER55S-Ni2	20 ft·lbf at –80°F	27 J at –60°C	PWHT[b]
ER80S-Ni3	ER55S-Ni3	20 ft·lbf at –100°F	27 J at –75°C	PWHT[b]

[a] Both the highest and lowest of the five test values obtained shall be disregarded in computing the average impact energy absorbed.
For classifications requiring 20 ft·lbf [27J]: Two of the remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J]; one of the three remaining values may be lower than 20 ft·lbf [27 J], but not lower than 15 ft·lbf [20 J]. The average of the three shall not be less than the 20 ft·lbf [27 J] specified.
For classification requiring 50 ft·lbf [68J]: Two of the remaining three values shall equal or exceed 50 ft·lbf [68 J]; one of the three remaining values may be lower than 50 ft·lbf [68 J], but not lower than 40 ft·lbf [54 J]. The average of the three shall not be less than the 50 ft·lbf [68 J] specified.
[b] Postweld heat treated in accordance with Table 7.

یادداشتهای مربوط به جدول شماره ۴ از SFA-5.28:

(a) – از هر دو، بالاترین و پایین ترین مقدار از پنج مقدار آزمون در محاسبه مقاومت ضربه ای باید صرف نظر کرد. دو تا باقیمانده از سه مقدار باید برابر یا بیشتر از [27 J] باشد. یکی از سه مقدار باقی مانده ممکن است پایین تر از [27 J] باشد ، اما کمتر از [20 J] نباشد. میانگین این سه نباید کمتر از [27 J] مشخص شده باشد. برای طبقه بندی که به [68J] نیاز دارد: دو مقدار از سه مقدار باقیمانده باید برابر یا بیشتر از [68J] باشد. یکی از سه مقدار باقیمانده ممکن است پایین تر از [68J] باشد ، اما کمتر از [54 J] نباشد. میانگین این سه قطعه نباید کمتر از [68 J] مشخص شده باشد.

(b) – عملیات حرارتی پس از جوشکاری PWHT مطابق جدول ۷ انجام شود.



OK Tigrod 13.23 GTAW
ER80S-Ni1

Description

OK Tigrod 13.23 is a 0.9Ni-alloyed (ER80S-Ni1), copper-coated rod for the GTAW of low-temperature, fine-grained steels. The wire provides good impact toughness down to -50°C and is especially suitable for use in the offshore industry.

Welding current
DC(-)

Classifications

SFA/AWS A5.28	ER80S-Ni1

Wire composition

C	Si	Mn	Ni	Mo
0.08	0.6	1.0	0.9	0.3

Typical mech. properties all weld metal

Yield stress, MPa	500
Tensile strength, MPa	600
Elongation, %	25

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
0	230
-20	200
-46	140
-60	90

شکل-۳۷۹ : مشخصات فیلر متال ER80S-Ni1 مطابق Data sheet شرکت ESAB

مطابق Data sheet شرکت ESAB فیلرمتال ER80S-Ni1 تست ضربه را در دمای 60ºC- با جذب 90 J انرژی پاس کرده است. بنابراین در فرآیند GTAW برای جوشکاری متریال SA-333 Gr. 6 در دمای 45ºC- گزینه‌ی مناسبی می باشد و می توان از آن استفاده نمود.

توجه: نتیجه بررسی و انتخاب فیلر متالهای مناسب برای دماهای سرویس 20ºC- و 45ºC-

با توجه به اینکه برای متریال SA-333 Gr. 6 در دو دمای 20ºC- و 45ºC- به ترتیب فیلرمتال ER70S-6 و فیلرمتال ER80S-Ni1 انتخاب شده است، به ادامه‌ی بررسی و مطالعه‌ی خود جهت انتخاب الکترود مناسب برای این متریال در دو دمای مذکور می پردازیم. از آنجاییکه متریال SA-333 Gr. 6، بر اساس حداقل استحکام کششی و آنالیز شیمیایی از نوع متریال کربن استیل می باشد برای انتخاب الکترود بایستی به جدول های مربوط به SFA-No. مراجعه نمود و با توجه به دمای سرویس 20ºC- بایستی در لیست SFA-5.1 که مربوط به جوشکاری متریالهای کربن استیل می باشد، الکترود مناسب را انتخاب نمود.

لذا مطابق با جدول ۳ از SFA-5.1 برای متریال SA-333 Gr. 6 با توجه به دمای سرویس 20ºC- الکترودهای E7015, E7016, E7018 مناسب می باشند اما الکترود E7018 گزینه‌ی مناسب تری می باشد.

جدول-۱۹۹ : مشخصات SFA-5.1 مطابق ASME Section II-C-2019

ASME SECTION-II-C- FILLER METAL SPECIFICATIONS	
ASME	**Title**
SFA-5.1	Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding

SPECIFICATION FOR CARBON STEEL ELECTRODES FOR SHIELDED METAL ARC WELDING

SFA-5.1/SFA-5.1M

(Identical with AWS Specification A5.1/A5.1M:2012. In case of dispute, the original AWS text applies.)

جدول-۲۰۰ : مشخصات دمای منفی الکترودهای مربوط به SFA-5.1 مطابق ASME Section II-C-2019

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens[a]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016[b], E7018[b], E7027, E7048	E4916[b], E4918[b], E4927, E4948	20 ft·lbf at –20°F [27 J at –30°C]	15 ft·lbf at –20°F [20 J at –30°C]
AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens[c]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4918M	50 ft·lbf at –20°F [67 J at –30°C]	40 ft·lbf at –20°F [54 J at –30°C]

[a] Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J].
[b] Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

یادداشتهای مربوط به جدول شماره ۳ از SFA-5.1:

[a] – از هر دو، بالاترین و پایین ترین مقدار از پنج مقدار آزمون در محاسبه مقاومت ضربه ای باید صرف نظر کرد. دو تا باقیمانده از سه مقدار باید برابر یا بیشتر از [27 J] باشد.

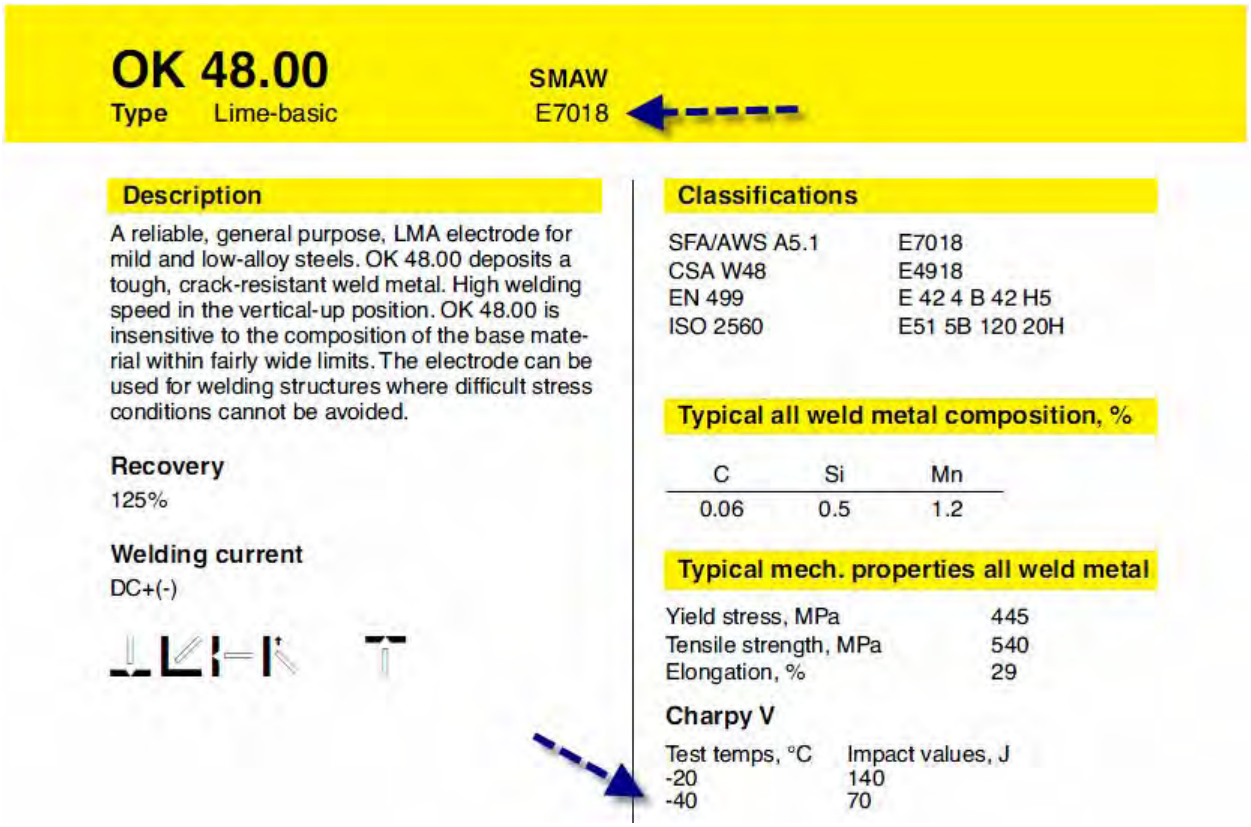
[b] – الکترودهای دارای نقش اختیاری تکمیلی که در زیر مشخص شده اند باید الزامات تأثیر دمای کمتر را ، برآورده سازند:

جدول-۲۰۱ : مشخصات دمای منفی الکترودهای مربوط به SFA-5.1 مطابق ASME Section II-C-2019

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft·lbf at –50°F [27 J at –45°C]	15 ft·lbf at –50°F [20 J at –45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]

[c] – از پنج مقدار به دست آمده باید برای محاسبه میانگین استفاده شود. چهار تا از پنج مقادیر باید برابر و یا بیشتر از 50 ft·lbf [67 J] است.

چنانچه دمای سرویس -45°C باشد الکترود E7018 برای جوشکاری در این دما مناسب نمی باشد و در این شرایط باید از الکترود E7018-1 یا الکترودهای آلیاژی استفاده نمود. مطابق با جدول ۳ از SFA-5.1 مشخص می شود که الکترود E7018-1 در دمای -45°C مقدار 27 J انرژی جذب کرده است. بنابراین؛ برای دمای سرویس -45°C استفاده از الکترود E7018-1 مناسب می باشد.



OK 48.00
Type Lime-basic

SMAW
E7018

Description

A reliable, general purpose, LMA electrode for mild and low-alloy steels. OK 48.00 deposits a tough, crack-resistant weld metal. High welding speed in the vertical-up position. OK 48.00 is insensitive to the composition of the base material within fairly wide limits. The electrode can be used for welding structures where difficult stress conditions cannot be avoided.

Recovery
125%

Welding current
DC+(-)

Classifications

SFA/AWS A5.1	E7018
CSA W48	E4918
EN 499	E 42 4 B 42 H5
ISO 2560	E51 5B 120 20H

Typical all weld metal composition, %

C	Si	Mn
0.06	0.5	1.2

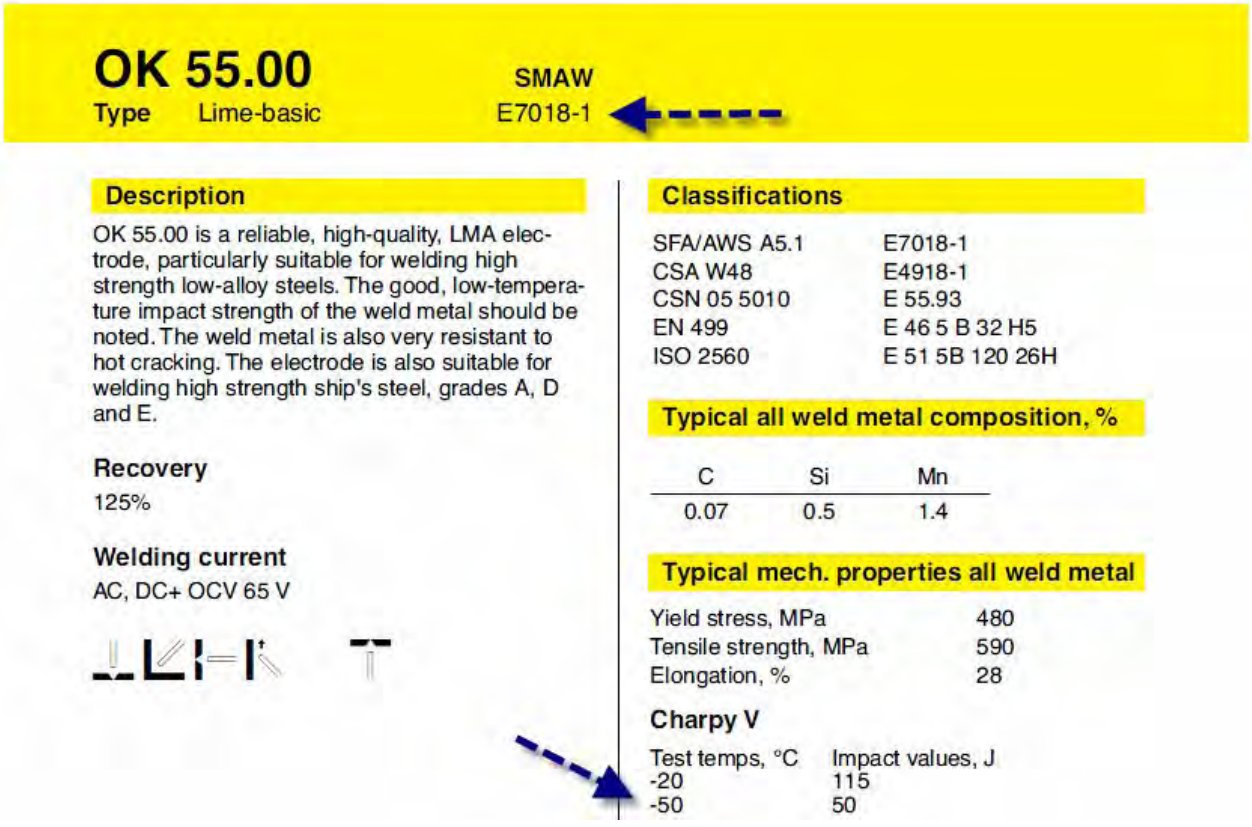
Typical mech. properties all weld metal

Yield stress, MPa	445
Tensile strength, MPa	540
Elongation, %	29

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
-20	140
-40	70

شکل-۳۸۰ : مشخصات الکترود E7018 مطابق Data Sheet شرکت ESAB



OK 55.00
Type Lime-basic

SMAW
E7018-1

Description

OK 55.00 is a reliable, high-quality, LMA electrode, particularly suitable for welding high strength low-alloy steels. The good, low-temperature impact strength of the weld metal should be noted. The weld metal is also very resistant to hot cracking. The electrode is also suitable for welding high strength ship's steel, grades A, D and E.

Recovery
125%

Welding current
AC, DC+ OCV 65 V

Classifications

SFA/AWS A5.1	E7018-1
CSA W48	E4918-1
CSN 05 5010	E 55.93
EN 499	E 46 5 B 32 H5
ISO 2560	E 51 5B 120 26H

Typical all weld metal composition, %

C	Si	Mn
0.07	0.5	1.4

Typical mech. properties all weld metal

Yield stress, MPa	480
Tensile strength, MPa	590
Elongation, %	28

Charpy V

Test temps, °C	Impact values, J
-20	115
-50	50

شکل-۳۸۱ : مشخصات الکترود E7018-1 مطابق Data Sheet شرکت ESAB

توجه: نتیجه بررسی و انتخاب الکترودهای مناسب برای دماهای سرویس -20ºC و -45ºC به ترتیب الکترودهای E7018 و E7018-1 مشخص شده اند.

البته بعنوان پیشنهاد، برای اینکه A-No. کل جوش یک عدد باشد ، برای دمای -45ºC چونکه برای پاس ریشه آن از فیلر متال ER80S-Ni1 با A-No.=10 استفاده شده است بهتر است از الکترود E8018-C1 که طبق جدول ۴ از SFA-5.5 از استاندارد ASME SEC. II-C-2019 دمای -60ºC را پاس کرده استفاده نمود ک در ضمن دارای شماره A-No.=10 هم می باشد.

جدول-۲۰۲ : مشخصات دمای منفی الکترودهای مربوط به SFA-5.5 مطابق ASME Section II-C-2019

SFA-5.5/SFA-5.5M

Table 4
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens[a,b,c]	
A5.5	A5.5M	Average, min.[d]	Single Value, min.[d]
E8016-C1 E8018-C1	E5516-C1 E5518-C1	20 ft•lbf at –75°F [e] [27 J at –60°C]	15 ft•lbf at –75°F [e] [20 J at –60°C]

■- پارامتر سوم نوع سیال سرویس

در انجام فرآیند جوشکاری، توجه به نوع سیال سرویس اهمیت بسیار زیادی دارد. امروزه در صنایع پتروشیمی، پالایشگاههای نفت و گاز، نیروگاههای اتمی و برق و بطور کلی در محدوده های صنعتی، بدلیل اجتناب از خوردگی سایشی (Erosion) درجوشکاری پاس ریشه (Root Pass) بجای استفاده از فرآیند SMAW با الکترود E6010 از فرآیند GTAW با فیلرمتال مناسب استفاده می شود زیرا جوش الکترود E6010 سطحی ناهموار و زبر و نامنظم دارد و برخورد سیال با چنین سطحی باعث ایجاد تلاطم در سیال و خوردگی سایشی می گردد، درحالیکه جوش فرآیند GTAW سطحی کاملاً هموار، یکدست و صاف دارد و برخورد سیال با چنین سطحی خوردگی سایشی را به حداقل می رساند.

طبق تعریف فوق، همانطور که یک فرآیند جوشکاری می تواند خوردگی سایشی را به حداقل برساند، فیلرمتال و الکترود نیز می تواند از لحاظ ساختاری این امکان را فراهم نماید که جوش و منطقهی HAZ از خوردگی هایی همچون خوردگی مرز بین دانه ای و خوردگی حفره ای محافظت گردد. لطفاً به مثالهایی که در این زمینه ارائه شده است دقت فرمایید:

***-مثالها:

۱- انتخاب الکترود برای شرایط خوردگی در محیطهای اسیدی و آب دریا.

a) - استفاده از الکترود E316LMn و نیز فیلرمتال ER316LMn برای محیطهای اسیدی و آب دریا:

جدول-۲۰۳ : آنالیز شیمیایی مربوط به E316LMn در SFA-5.4 مطابق ASME Section II-C-2019

ASME BPVC.II.C SFA-5.4/SFA-5.4M

Table 1
Chemical Composition Requirements for Undiluted Weld Metal

AWS Classification[c]	UNS Number[d]	Weight Percent[a,b]											
		C	Cr	Ni	Mo	Nb (Cb) Plus Ta	Mn	Si	P	S	N	Cu	Other[e]
E316LMn-XX	W31622	0.04	18.0–21.0	15.0–18.0	2.5–3.5	—	5.0–8.0	0.90	0.04	0.03	0.10–0.25	0.75	

ترجمه: A7.24 : الکترود E316LMn ترکیب اسمی این فلز جوش 19.5 Cr, 16.5 Ni, 6.5 Mn, 3 Mo, 0.2 N. می باشد. معمولاً یک آلیاژ تمام آستنیتی است که حداکثر فریت محتوی آن 0.5 FN می باشد. در کاربردهای خاص برای شرایط برودتی Cryogenic (دمای پایین) مقاوم به خوردگی، خریدار بایستی حداکثر مقدار مجاز فریت را مشخص نماید. یکی از کاربردهای اولیهی این الکترود برای اتصالات همجنس و غیر همجنس فولادهای برودتی (Cryogenic) در شرایط

دمایی تا [-452°F(-269°C)] است. فولادهای همجنس شامل فولادهای زنگ نزن مانند UNS S30453 و S31653 می باشد.

SFA-5.4/SFA-5.4M	ASME BPVC.II.C

A7.24 E316LMn. The nominal composition (wt %) of this weld metal is 19.5 Cr, 16.5 Ni, 6.5 Mn, 3 Mo, 0.2 N. This is normally a fully austenitic alloy with a maximum ferrite content of 0.5 FN. In critical applications for cryogenic and corrosion-resistant service, the purchaser should specify the maximum ferrite allowable. One of the primary uses of this electrode is for the joining of similar and dissimilar cryogenic steels for applications down to –452 °F [–269 °C]. Similar steels include stainless steels such as UNS S30453 and S31653. This electrode also exhibits good corrosion resistance in acids and seawater, and is particularly suited to the corrosion conditions found in urea synthesis plants. It is also nonmagnetic. The high Mn-content of the alloy helps to stabilize the austenitic microstructure and aids in hot cracking resistance.

شکل-۳۸۲ : مشخصات و کاربرد الکترود E316LMn در SFA-5.4 مطابق ASME Section II-C-2019

این الکترود همچنین مقاومت خوبی در برابر خوردگی در محیطهای اسیدی و آب دریا از خود نشان می دهد، بویژه برای شرایط خورنده‌ی موجود در صنایع (پتروشیمی) اوره (Urea synthesis plants) مفید می باشد. این الکترود همچنین غیر مغناطیسی است. میزان بالای منگنز در این آلیاژ (6.5%) کمک می کند تا میکرو ساختار آستنیتی آن پایدار شده و مقاومت به ترک گرم افزایش یابد.

توجه: FN منظور شماره فریت متریال است.

این مثال بخوبی نشان می دهد وقتی انتخاب الکترود بر اساس سرویس باشد، بنا به نوع سیال سرویس (سیال سرویس اسیدی باشد یا آب دریا) یک عنصر چگونه می تواند در آنالیز شیمیایی الکترود و به تبع آن در جوش نقش مهمی ایفا کند. در این الکترود نقش منگنز بسیار مهم می باشد زیرا فلز جوش را در برابر خوردگی ناشی از سرویس و همچنین در برابر ترکهای گرم مقاوم می نماید.

۲- انتخاب الکترود برای شرایط خوردگی حفره ای و خوردگی شیاری

Superaustenitic Stainless Steels

The superaustenitic stainless steels represent a special class of austenitic stainless steels that contain high levels of nickel, molybdenum, and, in some cases, nitrogen. These alloys are designed for severely corrosive environments. They provide improved resistance to SCC, pitting, and crevice corrosion, relative to the standard 300 series of austenitic alloys. Higher nickel contents improve chloride SCC resistance, whereas molybdenum and nitrogen provide improved pitting and crevice corrosion resistance. In general, these alloys are compositionally balanced to ensure fully austenitic microstructures. The compositions of selected commercially available superaustenitic alloys are shown in Table 2.

The weldability of most of these alloys is similar to that of fully austenitic grades of conventional stainless steel. Because these welds solidify as austenite and exhibit fully austenitic (no ferrite) microstructures, solidification cracking may be a problem in highly restrained joints. Typically, these alloys contain extremely low impurity levels, thus minimizing the likelihood of cracking.

The segregation of molybdenum in 6% Mo alloys during weld solidification has been reported to reduce corrosion resistance (Ref 38), particularly in severe pitting environments. The cell or dendrite cores in these alloys may exhibit molybdenum contents as low as 4.2 wt%, resulting in localized pitting attack at these sites. As a result, autogenous welding or the use of matching filler materials is normally avoided when severe service environments are anticipated. The use of molybdenum-containing, nickel-base filler materials, such as alloy 625 (AWS ERNi-CrMo-3), alloy C-276 (AWS ERNiCrMo-4), or alloy C-22 (AWS ERNiCrMo-10), is often recommended in order to avoid pitting. Precautions must be taken to prevent the formation of an unmixed zone adjacent to these overalloyed weld metals, because this region may have the same susceptibility to corrosive attack as autogenous weld metal does. Much more detail is provided in Ref 39.

Source: ASM-Welding Brazing and Soldering Volume 6-Page 1196

شکل-۳۸۳ : فولادهای زنگ نزن سوپر آستنیتی

ترجمه : فولادهای زنگ نزن سوپر آستنیتی

فولادهای زنگ نزن سوپر آستنیتی، کلاس خاصی از فولادهای زنگ نزن آستنیتی را ارائه می کنند که حاوی سطح بالائی از نیکل، مولیبدن و در بعضی موارد ازت می باشند. این آلیاژها برای محیط های به شدت خورنده طراحی شده اند. این آلیاژها نسبت به آلیاژهای آستنیتی سری ۳۰۰ مقاومت بهتری در برابر SCC (ترک ناشی از خوردگی تنشی)، حفره ای شدن (Pitting) و خوردگی شیاری (Crevice Corrosion) از خود نشان می دهند. مقادیر بالاتر نیکل مقاومت آنها را به ترک ناشی از خوردگی SCC در کلراید بهبود می بخشد در حالیکه مولیبدن و نیتروژن بهبود مقاومت به حفره ای شدن و مقاومت به خوردگی شیاری را افزایش دهند. بطور کلی این آلیاژها از نظر ترکیب شیمیایی طوری تنظیم شده اند تا از آستنیتی بودن کامل آنها اطمینان حاصل شود. ترکیب شیمیایی آلیاژهای سوپر آستنیتی که از نظر اقتصادی ممتاز و در دسترس می باشند در جدول ۲ نشان داده شده اند.

قابلیت جوش پذیری اکثر این آلیاژ ها مشابه گریدهای فولادهای زنگ نزن پر مصرف کاملاً آستنیتی می باشد. از آنجا که این جوشها بصورت آستنیتی منجمد می شوند و ساختار میکروسکوپی کاملاً آستنیتی (بدون فریت) ارائه می دهند در اتصالات کاملاً مهار شده ممکن است ترک انجماد ایجاد گردد. این آلیاژها نوعاً حاوی سطح بسیار پایینی از ناخالصی می باشند بطوریکه احتمال ترک را به حداقل می رسانند.

گزارش شده است که در آلیاژهای 6% مولیبدن جدایش مولیبدن در زمان انجماد جوش منجر به کاهش مقاومت خوردگی بویژه در محیطهای خوردگی حفره ای می شود. درصد مولیبدن در دندریت ها یا سلول های منجمد شده‌ی جوش ممکن است تا 4.2% درصد وزنی کاهش یابد که منجر به خوردگی حفره ای موضعی می گردد. در نتیجه، وقتی محیط های بسیار خورنده و شدید پیش بینی می شود معمولاً از جوشکاری خودکار یا استفاده از فیلرمتال ماشینی اجتناب می شود. اغلب برای اجتناب از خوردگی حفره ای (Pitting) استفاده از فیلر متالهای پایه نیکلی حاوی مولیبدن مانند:

INCONEL Filler Metal 625 → AWS ERNiCrMo-3
INCO-WELD Filler Metal C 276 → AWS ERNiCrMo-4
Alloy C-22 → AWS ERNiCrMo-10

SPECIAL METALS www.specialmetals.com

INCONEL® alloy 22

Forming and Welding
Available Products and Specifications

Welding Products - INCONEL Filler Metal 622 - AWS A5.14 / ERNiCrMo-10, INCONEL Welding Electrode 622 - AWS A5.11 / ENiCrMo-10

Source: SPECIAL METALS INCONEL® alloy 22 (UNS N06022; W. Nr. 2.4602; NiCr21Mo14W)

توصیه می شود برای جلوگیری از تشکیل نواحی مخلوط نشده در کنار فلز جوشهای فوق آلیاژی، احتیاط های لازم باید بکار برده شود زیرا این نواحی ممکن است همانند فلز جوشهای روش خودکار به مواد خورنده حساس باشند.

Ni-Cr-Mo Filler Metals

www.specialmetalswelding.com

SPECIAL METALS
Welding Products Company

INCONEL® Filler Metal 625

INCONEL Filler Metal 625 is used for gas-metal-arc and gas-tungsten-arc welding of INCONEL alloy 625, INCOLOY alloy 825, INCOLOY alloy 25-6MO, and molybdenum-containing stainless steels. It is also used for surfacing of steel, for welding nickel steels, and for welding various corrosion-resistant alloys such as alloy 20. The submerged-arc process can be used for welding INCONEL alloy 625 and nickel steels, and for surfacing of steel. Submerged-arc welding is done with INCOFLUX 7 Submerged Arc Flux. The weld metal has high strength over a broad temperature range and has resistance to localized attack such as pitting and crevice corrosion.

INCONEL Filler Metal 625 is useful for many dissimilar joints involving INCONEL and INCOLOY alloys, carbon steels, low-alloy steels, and stainless steels.

Specifications	AWS A5.14, ERNiCrMo-3	Werkstoff Nr. 2.4831
	ASME II, SFA-5.14, ERNiCrMo-3	DIN 1736 EL-NiCr20Mo9Nb
	ASME IX, F-No. 43	AMS 5837
	UNS N06625	ISO SNi6625
	MIL-E-21562 Types MIL-RN625, MIL-EN625	Europe NiCr22Mo9Nb

Limiting Chemical Composition	Ni+Co ..... 58.0 min.	Al ..... 0.40 max.
	C ..... 0.10 max.	Ti ..... 0.40 max.
	Mn ..... 0.50 max.	Cr 20.0-23.0
	Fe ..... 5.0 max.	Nb+Ta 3.15-4.15
	S ..... 0.015 max.	Mo 8.0-10.0
	Cu ..... 0.50 max.	P ..... 0.02 max.
	Si ..... 0.50 max.	Others ..... 0.50 max.

Minimum Mechanical Properties	Tensile Strength, psi	105,000
	MPa	724
	Elongation, (4d) %	30

Filler metals available on spool and in cut straight lengths in a variety of sizes selected from the following diameters:

Available Product Forms								
mm	0.8	0.9	1.0	1.14	1.2	1.6	2.4	3.2
in	0.030	0.035	0.040	0.045	0.047	0.062	0.093	0.125

Straight Lengths - 915 mm (36″) or 1000 mm (39″)

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR are trademarks of the Special Metals group of companies.

27

INCONEL® Filler Metal 625

شکل-۳۸۴ : مشخصات فیلر متال INCONEL Filler Metal 625 (AWS ERNiCrMo-3)

INCO-WELD® Filler Metal C-276

SPECIAL METALS
Welding Products Company

Ni-Cr-Mo Filler Metals

www.specialmetalswelding.com

INCO-WELD® Filler Metal C-276

INCO-WELD Filler Metal C-276 is used for gas-tungsten-arc and gas-metal-arc welding of INCONEL alloy C-276 and other nickel-chromium-molybdenum alloys. It is also used for surfacing of steel. The weld metal has excellent corrosion resistance in many aggressive media and is especially resistant to pitting and crevice corrosion.

Dissimilar-welding applications include welding INCONEL alloy C-276 to other nickel alloys, to stainless steels, and to low-alloy steels. Submerged arc welding can be done with INCOFLUX NT120 Submerged Arc Flux.

Specifications	AWS A5.14 ERNiCrMo-4 ASME II, SFA-5.14, ERNiCrMo-4 ASME IX, F-No. 43	Werkstoff Nr. 2.4886 UNS N10276 ISO SNi6276 Europe NiCrMo16Fe6W4

Limiting Chemical Composition	Ni+Co ..... Remainder C ..... 0.02 max. Mn..... 1.0 max. Fe ..... 4.0-7.0 P..... 0.04 max. S ..... 0.03 max. Si..... 0.08 max.	Cu ..... 0.50 max. Co ..... 2.50 max. Cr ..... 14.5-16.5 Mo ..... 15.0-17.0 V..... 0.35 max. W..... 3.0-4.5 Others ..... 0.50 max.

Minimum Mechanical Properties	Tensile Strength, psi MPa Elongation, (4d) %	100,000 690 30

Filler metals available on spool and in cut straight lengths in a variety of sizes selected from the following diameters:

Available Product Forms								
mm	0.8	0.9	1.0	1.14	1.2	1.6	2.4	3.2
in	0.030	0.035	0.040	0.045	0.047	0.062	0.093	0.125

Straight Lengths - 915 mm (36″) or 1000 mm (39″)

Data contained in this publication are typical of the products and properties described, but are not suitable for specifications.
INCONEL, MONEL, INCOLOY, INCO-WELD, INCOFLUX, INCO-CORED, NI-ROD, NILO, 686CPT and 725NDUR are trademarks of the Special Metals group of companies.

شکل-۳۸۵ : مشخصات فیلر متال INCO-WELD Filler Metal C 276 (AWS ERNiCrMo-4)

۳- محدودیت انتخاب فیلرمتال برای دماهای بالا:

جدول-۲۰۴ : جدول ۲ از استاندارد API-RP-582-2016

6 Welding Consumables (Filler Metal and Flux) API RECOMMENDED PRACTICE 582

6.2 Dissimilar Welding

6.2.2 When joining ferritic steels (P-No. 1 through P-No. 5 and P-No. 15E) to:

c) austenitic stainless steels (P-No. 8), the filler metal shall be selected based on the following criteria:

2) nickel-base alloy filler materials may be selected using design conditions shown in Table 2;

Table 2—Application of Nickel-base Electrodes In Sulfidation and Non-sulfidation Environments

ASME/AWS Filler [1] Material Classification	Maximum Design Temperature (Non-sulfidation [2] Environment)	Maximum Design Temperature (Sulfidation Environment)
ENiCrFe-3	1000 °F (540 °C)	700 °F (370 °C)
ERNiCr-3, ENiCrFe-2	1400 °F (760 °C)	750 °F (400 °C)
ERNiCrMo-3, ENiCrMo-3	1100 °F (590 °C)	900 °F (480 °C)
NOTE 1 Comparable FCAW consumables may be applied for dissimilar welding applications, provided they are approved by the purchaser.		
NOTE 2 Refer to API 939-C for the definition of sulfidation.		

ترجمه:

*- **استاندارد API-RP-582- Welding Guidelines for the Chemical, Oil, and Gas Industries**

***- پاراگراف 6 – مواد مصرفی جوشکاری (فیلرمتال و فلاکس)

*- پاراگراف 6.2 – جوشکاری غیر همسان

*- پاراگراف 6.2.2 – وقتیکه فولادهای فریتیک (P-No. 1 through P-No. 5 and P-No. 15E) متصل می شوند به:

(c) - فولادهای ضد زنگ آستنیتی (P-No. 8) ، فلز پرکننده باید بر اساس معیارهای زیر انتخاب شود:

2 - مواد پرکننده آلیاژی پایه نیکلی ممکن است با استفاده از شرایط طراحی نشان داده شده در جدول ۲ انتخاب شوند.

جدول -۲ - کاربرد الکترودهای پایه نیکلی در محیط های سولفیداسیون و غیر سولفیداسیون

یادداشت ۱: مواد مصرفی قابل مقایسه FCAW ممکن است برای برنامه های جوشکاری متفاوت استفاده شود ، مشروط بر اینکه توسط خریدار تأیید شود.

یادداشت ۲: برای تعریف سولفیداسیون به API 939-C مراجعه کنید.

*- **استاندارد API-RP-939-C-2019**

API-RP-939-C- Guidelines for Avoiding Sulfidation (Sulfidic) Corrosion Failures in Oil Refineries

***- پاراگراف 3 - اصطلاحات ، تعاریف ها ، اختصارات و کلمات اختصاری

*- پاراگراف 3.1 – اصطلاحات و تعاریف ها

*- پاراگراف 3.1.10 – سولفیداسیون

خوردگی فلز، حاصل از واکنش با H2S ، ترکیبات گوگرد و / یا هیدروکربن حاوی گوگرد مولکولهای موجود در محیطهای با درجه حرارت بالا به گونه ای که به شکل پوسته‌ی سولفید روی سطح تشکیل می شود. اصطلاح "خوردگی سولفید" با این تعریف سازگار است.

* - لطفاً به شکلی از نوع خوردگی سولفیدی روی تجهیز Piping دقت فرمایید.

Guidelines for Avoiding Sulfidation (Sulfidic) Corrosion Failures in Oil Refineries

API RECOMMENDED PRACTICE 939-C

3 Terms, Definitions, Abbreviations, and Acronyms

3.1 Terms and Definitions

3.1.10

sulfidation

Corrosion of metal resulting from reaction with H_2S, sulfur compounds, and/or sulfur-containing hydrocarbon molecules in high-temperature environments such that a surface sulfide scale forms. The term "sulfidic corrosion" is consistent with this definition.

شکل-۳۸۶ : پاراگراف 3.1.10 از استاندارد API-939-C-2019

NOTE There is relatively uniform thinning, which resulted in a sizeable rupture.

Figure 1—NPS 8 Carbon Steel Piping Failed Due to Sulfidation Corrosion (H_2 Free)

شکل-۳۸۷ : اثر خوردگی Sulfidation بر روی یک لوله ۸ اینچ مطابق استاندارد API RP 939-C-2019

توجه: نازک شدن نسبتاً یکنواختی وجود دارد که منجر به پارگی قابل توجهی شد.

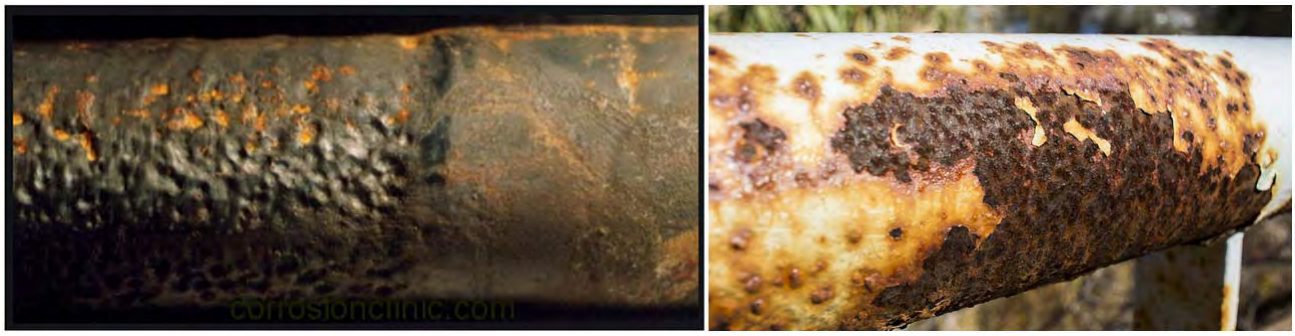
*- تعریفی ساده از Corrosion, Erosion, and Oxidation

Corrosion, Erosion, and Oxidation. Corrosion generally refers to surface attack by aqueous solutions or organic chemicals in either the liquid or vapor phase. Erosion implies the mechanical removal of metal from the surface, sometimes by high-pressure impingement of a fluid, in which case it is termed cavitation. Oxidation commonly occurs in metals at elevated temperatures and results in the removal of metal in the form of oxides.

Source: ASM-Welding Brazing and Soldering Volume 6-Page 994

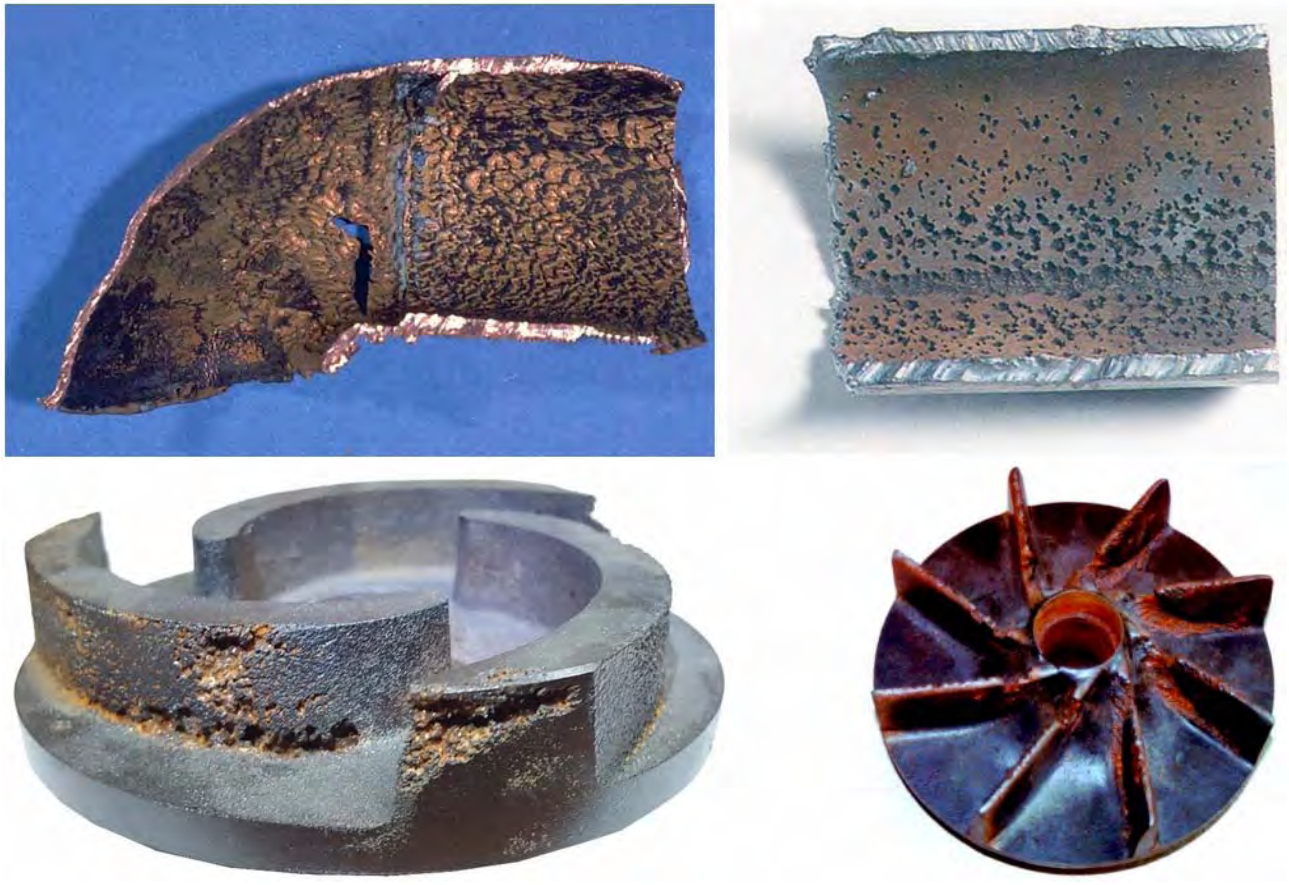
شکل-۳۸۸ : تعاریف Corrosion, Erosion, and Oxidation

(Corrosion) خوردگی: بطور کلی عبارت است از تخریب سطح فلز توسط محلولهای آبکی یا مواد شیمیایی ارگانیک که در فاز مایع یا گاز می باشند.



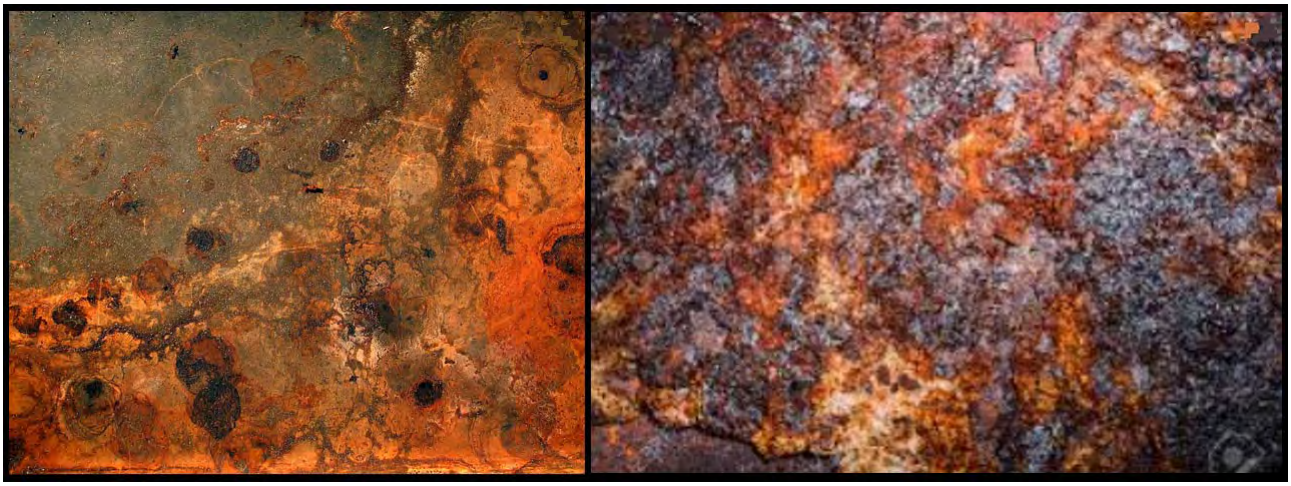
شکل-۳۸۹ : نماهایی از وضعیت خوردگی روی سطح لوله Corrosion

(Erosion) سایش: به معنی برداشتن فلز از سطح آن بصورت مکانیکی، بعضی اوقات توسط اصابت سیال با فشار زیاد می باشد که به آن (Cavitation) می گویند.



شکل-۳۹۰ : نماهایی از وضعیت خوردگی روی سطح لوله Erosion

(Oxidation) اکسیداسیون: بطور کلی در فلزات در درجه حرارت های بالا رخ می دهد و منجر به از بین رفتن فلز بصورت اکسید می گردد.



شکل-۳۹۱ : نمایی از وضعیت اکسیداسیون روی سطح فلز

لازمه‌ی انتخاب الکترود بر اساس سرویس، شناخت تأثیر عناصر آلیاژی در جوش است. یعنی چنانچه از الکترودی که دارای عنصر مولیبدن است استفاده شود باید نسبت به تأثیرات این عنصر در فلز جوش کاملاً آگاهی داشت. با داشتن این آگاهی می توان برای سرویس های مختلف الکترود مناسب انتخاب نمود. برای این منظور باید دانست که:

(*) عناصر مختلف در فولاد چه تأثیری در خواص جوشکاری آن ایجاد میکنند؟

عناصر مختلف که بطور متداول در فلزات یافت می شوند تأثیر مشخصی روی قابلیت جوشکاری آنها دارند. بعضی از این عناصر مهم و اثرات حاصل از آنها بر جوشکاری فولاد عبارتند از:

۱- کربن (Carbon) : از آنجایی که میزان سختی پذیری (Hardenability) در فولاد را معین میکند مهمترین عنصر موجود در فولاد است. هرچه میزان کربن بیشتر باشد فولاد سخت تر میشود. اگر فولاد کربنی (بالای ۰/۳ درصد) جوشکاری شود و ناگهان سرد شود یک ناحیه ترد و شکننده (brittle) در کنار جوش ایجاد میگردد. بعلاوه اگر کربن اضافی از مخلوط گازهای جوشکاری بدست آید، جوش بوجود آمده چنان سخت میشود که به آسانی ترک میخورد.
بطور کلی بهترین جوش هنگامی ایجاد میشود که میزان کربن موجود در فولاد تا جای ممکن در کمترین حد خود باشد.

۲- منگنز (Manganese) : در فولاد باعث افزایش سختی پذیری و استحکام کششی (tensile strength) می شود. به هر حال اگر مقدار منگنز بالای 0.6% باشد و بخصوص اگر با درجه بالایی از کربن ترکیب شود، قابلیت جوشکاری قطعاً کم خواهد شد. در این شرایط معمولاً ترک ایجاد خواهد شد. اگر میزان منگنز خیلی کم باشد تخلخل داخلی (Internal porosity) و ترک ممکن است گسترش یابد. بهترین نتیجه جوشکاری وقتی بدست می آید که فولاد محتوی 0.4% تا 0.6% منگنز باشد.

۳- سیلیکون (Silicon) : برای بهبود کیفیت و استحکام کششی در فولاد بکار می رود. میزان بالای سیلیکون بخصوص همراه با کربن بالا منجر به ترک می شود.

۴- گوگرد (Sulfur) : اغلب برای بهبود خواص ماشین کاری (machining) فولاد به آن اضافه میگردد. به هر حال مقدار

(*) : عناصر مختلف در فولاد چه تأثیری در خواص جوشکاری آن ایجاد میکنند؟ برگرفته از مجله‌ی جوشکاری

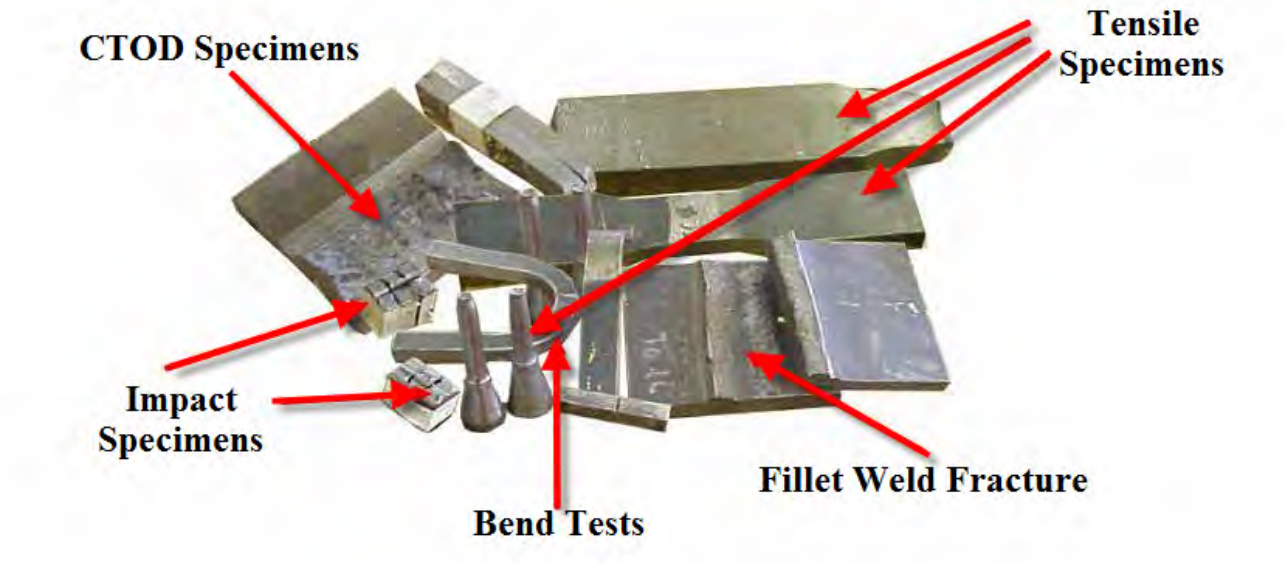
آن در انواع دیگر فولاد پایین نگه داشته میشود (0.035% و حداکثر 0.05%) زیرا درصد بالای گوگرد احتمال ترک را افزایش میدهد. فولادهای ماشینی پر گوگرد بطور معمول با الکترود کم هیدروژن بدون هیچ دشواری جوشکاری می شوند.

۵- فسفر (Phosphorus) : به عنوان ناخالصی در فولاد در نظر گرفته می شود در نتیجه مقدار آن تا حد امکان پایین نگهداشته می شود. میزان فسفر بالای 0.04% باعث می شود جوش شکننده (brittle) شود.

۶- مولیبدنوم (Molybdenum) : به عنوان عنصری بشمار می رود که مقاومت در برابر زنگ زدن را افزایش می دهد. به این ترتیب در فودلادهای پر آلیاژ- کروم دار و همچنین در فولادهای آستنیتی کروم-نیکل کاربرد دارد. درصد بالای مولیبدن باعث کاهش خوردگی حفره ای (Pitting Corrosion) می شود، دامنه‌یγ را باریکتر، استحکام گرمایی فولاد را افزایش و مقاومت در برابر پوسته شدن را افزایش می دهد.

۷- عناصر دیگر : (نیکل، کروم، وانادیم و غیره) تأثیرهای مختلفی بر قابلیت جوشکاری فلزات دارند. جوشکاری این آلیاژها باید با احتیاط خاصی انجام گیرد و معمولاً برای جلوگیری از ایجاد نواحی سخت و شکننده در جوش پیشگرم (Preheat) و پس گرم (Post heat) مورد نیاز می باشد.

فصل چهارم
تهیه‌ی PQR در دو فرآیند جوشکاری
(SMAW & GTAW)



Procedure Qualification Record (PQR)

۴- کلیات

❋- QW-200- General

(PQR) گزارش کیفیت روش جوشکاری می باشد. در ابتدای این فصل بهتر است که پاراگراف QW-200 را مرور کنیم و ببینیم نظر استاندارد ASME Section IX در مورد انجام PQR چیست؟

ARTICLE II
WELDING PROCEDURE QUALIFICATIONS

QW-200 GENERAL

QW-200.2 Each organization shall be required to prepare a procedure qualification record which is defined as follows:

(a) Procedure Qualification Record (PQR). The PQR is a record of variables recorded during the welding of the test coupons. It also contains the test results of the tested specimens. Recorded variables normally fall within a small range of the actual variables that will be used in production welding.

(b) Contents of the PQR. The completed PQR shall document all essential and, when required, supplementary essential variables of QW-250 for each welding process used during the welding of the test coupon. Nonessential or other variables used during the welding of the test coupon may be recorded at the organization's option. All variables, if recorded, shall be the actual variables (including ranges) used during the welding of the test coupon. If variables are not monitored during welding, they shall not be recorded. It is not intended that the full range or the extreme of a given range of variables to be used in production be used during qualification unless required due to a specific essential or, when required, supplementary essential variable.

The PQR shall be certified accurate by the organization. The organization may not subcontract the certification function. This certification is intended to be the organization's verification that the information in the PQR is a true record of the variables that were used during the welding of the test coupon and that the resulting tensile, bend, or macro (as required) test results are in compliance with Section IX.

One or more combinations of welding processes, filler metal, and other variables may be used when welding a test coupon. The approximate thickness of weld metal deposited, excluding weld reinforcement, shall be recorded for each set of essential and, when required, supplementary essential variables. Weld metal deposited using each set of variables shall be included in the tension, bend, toughness, and other mechanical test specimens that are required.

(c) Changes to the PQR. Changes to the PQR are not permitted except as described below. Editorial corrections or addenda to the PQR are permitted. An example of an editorial correction is an incorrect P-Number, F-Number, or A-Number that was assigned to a particular base metal or filler metal. An example of an addendum would be a change resulting from a Code change. For example, Section IX may assign a new F-Number to a filler metal or adopt a new filler metal under an established F-Number. This may permit, depending on the particular construction Code requirements, an organization to use other filler metals that fall within that particular F-Number where, prior to the Code revision, the organization was limited to the particular electrode classification that was used during qualification. Additional information can be incorporated into a PQR at a later date provided the information is substantiated as having been part of the original qualification condition by lab record or similar data.

All changes to a PQR require recertification (including date) by the organization.

(d) Format of the PQR. Form QW-483 (see Nonmandatory Appendix B) has been provided as a guide for the PQR. The information required to be in the PQR may be in any format to fit the needs of each organization, as long as every essential and, when required, supplementary essential variable, required by QW-250, is included. Also the type of tests, number of tests, and test results shall be listed in the PQR.

Form QW-483 does not easily lend itself to cover combinations of welding processes or more than one F-Number filler metal in one test coupon. Additional sketches or information may be attached or referenced to record the required variables.

(e) Availability of the PQR. The PQR shall be available for review but need not be made available to the welder or welding operator.

(f) Multiple WPSs With One PQR or Multiple PQRs With One WPS. Several WPSs may be prepared from the data on a single PQR (e.g., a 1G plate PQR may support WPSs for the F, V, H, and O positions on plate or pipe within all other essential variables). A single WPS may cover several sets of essential variable ranges as long as a supporting PQR exists for each essential and, when required, supplementary essential variable [e.g., a single WPS may cover a thickness range from $^{1}/_{16}$ in. (1.5 mm) through $1^{1}/_{4}$ in. (32 mm) if PQRs exist for both the $^{1}/_{16}$ in. (1.5 mm) through $^{3}/_{16}$ in. (5 mm) and $^{3}/_{16}$ in. (5 mm) through $1^{1}/_{4}$ in. (32 mm) thickness ranges].

شکل-۳۹۲ : پاراگراف QW-200.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

❋- QW-200.2- Each organization shall be … -

ترجمه: هر تشکیلاتی باید ملزم به تهیه‌ی PQR به شرح زیر باشد:

(a) –PQR - PQR یک گزارشی از متغیرات ثبت شده در خلال جوشکاری تست کوپن است. این گزارش همچنین شامل نتایج انجام تست ها می باشد. متغیرهای گزارش شده در محدوده‌ی کوچکی از متغیرهای واقعی قرار دارند که در جوشکاری پروژه بکار خواهند رفت.

(b) – محتویات PQR - PQR تکمیل شده باید تمامی متغیرهای اساسی و در صورت لزوم متغیرهای اساسی تکمیلی مندرج در QW-250 را برای هر فرآیند جوشکاری که در طول جوشکاری تست کوپن بکار برده می شود مستند نماید. سایر متغیرها و متغیرهای غیر اساسی مورد استفاده در حین جوشکاری تست کوپن بسته به دلخواه تشکیلات می توانند گزارش گردند. در صورت گزارش این موارد واقعی در زمان جوشکاری تست کوپن ثبت گردد. اگر بر متغیرها در حین جوشکاری تست کوپن نظارتی وجود ندارد آنها را نباید گزارش نمود. هدف این نیست که محدوده‌ی کامل یا حد بالایی محدوده‌ی معینی از متغیرهایی که باید در جوشکاری پروژه مورد استفاده قرار گیرند در زمان تهیه‌ی PQR مورد استفاده قرار گیرند مگر اینکه بنا به متغیرهای اساسی خاص یا در صورت لزوم متغیرهای اساسی تکمیلی خاص لازم دانسته شود.

صحت PQR باید توسط تشکیلات تضمین گردد. تهیه‌ی PQR و تضمین آن نمی تواند به تشکیلات دیگری محول گردد. این تضمین بدین منظور است که تشکیلات تصدیق نماید که اطلاعات مندرج در PQR گزارشی واقعی از متغیرهایی می باشد که در زمان جوشکاری تست کوپن مورد استفاده قرار گرفته اند و اینکه نتایج تستهای کشش، خمش یا ماکرو (در صورت نیاز) با الزامات Section IX انطباق دارند.

(نکتهٔ مهم در تست کوپن های چند فرآیندی)

در زمان جوشکاری یک تست کوپن با یک یا ترکیبی از چند فرآیند جوشکاری، فیلر متال، الکترود و متغیرهای زیادی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. ضخامت تقریبی فلز جوش رسوب یافته بدون ضخامت گرده جوش باید برای هر مجموعه از متغیرهای اساسی و در صورت نیاز برای متغیرهای اساسی تکمیلی گزارش گردد. فلز جوش رسوب یافته‌ی مربوط به هر مجموعه از متغیرها باید مشمول تستهای کشش، خمش، ضربه و سایر تستهای مکانیکی مورد نیاز بر روی نمونه های تست باشد.

(c) – تغییرات در PQR : تغییرات در PQR مجاز نیست مگر به روش زیر که شرح داده می شود:

PQR گزارشی است از آنچه در زمان تست جوشکاری رخ داده است. اصلاح اشتباهات چاپی یا الحاقیه به PQR مجاز می باشد. نمونه ای از اصلاح اشتباهات چاپی ممکن است در ثبت یک P-Number ، F-Number یا A-Number باشد که به یک فلز مبنا یا فیلر متال نسبت داده شده است. نمونه ایی از یک الحاق نیز ممکن است تغییرات ناشی از تغییر کُد باشد برای مثال Section IX ممکن است F-Number جدیدی را به یک فیلر متال اختصاص دهد یا فیلر متال جدیدی را تحت یک F-Number که از قبل وجود داشته بپذیرد. این، بسته به الزامات کُد ساخت ممکن است به تشکیلات اجازه دهد تا دیگر فیلر متالهایی را که تحت آن F-Number خاص می باشند مورد استفاده قرار دهند و یا مثلاً در جاییکه قبل از بازبینی کُد، تشکیلات محدود به استفاده از الکترودی با Classification خاصی بود که در زمان تهیه‌ی PQR مورد استفاده قرار گرفته است.

اطلاعات اضافی را می توان در زمانی دیرتر در یک PQR ثبت کرد مشروط بر آنکه توسط گزارشات آزمایشگاه یا اطلاعات مشابه با دلیل و مدرک ثابت شده باشد که آن اطلاعات اضافی بخشی از شرایط اولیّه‌ی تهیه‌ی PQR بوده است. تمامی تغییراتی که در یک PQR انجام می شود (از جمله تاریخ) لازم است که توسط تشکیلات مجدداً تأیید گردد.

(d) – فرمت PQR – فرم QW-483 (نگاه کنید به ضمیمه‌ی غیر اجباری Nonmandatory-B) به مثابه‌ی یک راهنما برای PQR می باشد. اطلاعاتی که لازم است در PQR وجود داشته باشد می تواند در هر فرمتی مناسب با نیازهای هر تشکیلات ، آورده شود. البته مادامیکه هر متغیر اساسی و در صورت لزوم متغیر اساسی تکمیلی که مطابق با الزامات QW-250 ضروری تشخیص داده شده در آن گنجانیده شده باشد. همچنین نوع تستها، تعداد تستها و نتایج تستها باید در PQR آورده شود.

فرم QW-483 برای استفاده در مواردی که ترکیبی از فرآیندهای جوشکاری باشد و یا چنانچه از فیلر متالهایی متنوع با چند F-Number بر روی یک تست کوپن استفاده می شود کاربرد ندارد. اطلاعات یا طرح های اضافی باید گزارش و متغیرهای مورد لزوم پیوست گردد.

(e) – در دسترس بودن PQR - PQR هایی که WPS ها را حمایت می کند باید برای بازبینی در دسترس باشند. لازم نیست که PQR در دسترس جوشکار یا اپراتور جوشکاری باشد.

(f) – چند WPS با یک PQR یا چند PQR با یک WPS

از اطلاعات مندرج در یک PQR می توان چندین WPS تهیه نمود. (به عنوان مثال PQR بر روی ورق در وضعیت 1G می تواند WPS هایی را برای وضعیت های F, H, V و OH ورق یا لوله در صورتی که سایر متغیرهای اساسی یکسان باشند حمایت نماید.) یک WPS به تنهایی می تواند گروهی از متغیرهای اساسی متعدد را پوشش دهد، البته مادامیکه برای هر متغیر اساسی و یا در صورت لزوم متغیر اساسی تکمیلی یک PQR به عنوان حمایت کننده وجود داشته باشد. (بطور مثال یک WPS به تنهایی می تواند محدوده های ضخامتی از **1/16** in. (1.5 mm) تا **1¼** in. (32 mm) را پوشش دهد به شرط آنکه PQR هایی هم برای محدوده ضخامتهایی از **1/16** in. (1.5 mm) تا **3/16** in. (5 mm) و هم از **3/16** in. (5 mm) تا **1¼** in. (32 mm) وجود داشته باشد.

***** اتمام پاراگراف QW-200.2 *****

از پاراگراف QW-200.2 می توان موارد زیر را نتیجه گرفت:

۱- تهیه PQR با تشکیلات یا سازمان اجرایی است.
۲- PQR در حقیقت گزارشی از اطلاعات جوشکاری انجام شده بر روی تست کوپن است.
۳- هر PQR باید شامل متغیرات اساسی و غیر اساسی و در صورت لزوم متغیرات اساسی تکمیلی باشد.
۴- صحت PQR توسط تشکیلات یا سازمان اجرایی باید تضمین شود.
۵- در جوشهای ترکیبی از چند فرآیند، در صورت امکان، تستهای مکانیکی باید شامل هر فرآیند شود.
۶- تغییرات در PQR مجاز نیست مگر جاهایی که توسط کُد اجازه داده شده است.
۷- PQR باید برای بازبینی در دسترس باشد اما نیازی نیست که در دسترس جوشکار باشد.
۸- امکان تأیید چند WPS با یک PQR می باشد.
۹- امکان تأیید یک WPS با چند PQR می باشد.

*- هدف از انجام آزمایشات تعیین کیفیت روش جوشکاری؛ در سؤال و جوابی که از استاندارد ASME Section IX در همین رابطه شده بخوبی توضیح داده شده است. لطفاً به این تفسیر دقت شود:

Interpretation: IX·79·43
Subject: Section IX, Welding Qualification Mechanical Properties
Date Issued: June 13, 1979
File: BC-78-832
Question (5): Does the purpose of the WPS and PQR as stated in the fourth paragraph of the Introduction to Section IX mean that the tensile strength of the procedure qualification test must be at least equal to the minimum tensile strength of the base metal for its intended application per the requirements of QW-153?
Reply (5): No. As stated in the fourth paragraph of the Introduction to Section IX, the purpose of the WPS and the PQR (combined), is "to determine that the weldment proposed for construction is capable of having the required properties for its intended application." It should also be noted that QW-103 states that "Each Manufacturer or Contractor is responsible for the welding done by his organization and shall conduct the tests" etc. It is allowed that the Manufacturer use judgment in meeting his responsibilities for the intended application. There are, of course, design conditions where deposited metal of strengths lower than that of the base metal, or higher are satisfactory. In addition, properties other than tensile strength can be of importance to the intended application.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-79-43

موضوع: بخش IX و تأیید صلاحیت خواص مکانیکی جوش

شماره فایل: BC-78-832

سؤال (5) : آیا هدف از WPS و PQR همانگونه که در پاراگراف چهارم از مقدمه بخش نهم بیان شده است به این معنی است که استحکام کششی PQR بایستی برابر با حداقل استحکام کششی فلز پایه جهت برآورد الزامات QW-153 می باشد؟

جواب (5) : خیر؛ همانگونه که در پاراگراف چهارم از مقدمه بخش نهم بیان شده است، هدف از WPS و PQR تعیین کردن اینکه جوش پیشنهاد شده برای ساخت خواص مورد نیاز برای کاربردهای مورد انتظار را دارد. همچنین بایستی توجه گردد که QW-103 بیان نموده است که "هر سازنده یا پیمانکار برای جوش انجام شده توسط سازمانش مسئولیت دارد و بایستی آزمایشات لازم را انجام دهد." سازندگان مجاز می باشند که برای انجام دادن مسئولیت شان در خصوص فعالیت های در نظر گرفته شده برای آنها از قضاوت یا داوری استفاده نمایند. البته شرایط طراحی که در آن وجود دارد فلز رسوب داده شده دارای استحکام کمتر یا بیشتر از فلز پایه است که رضایت بخش می باشد. علاوه بر آن، خواص دیگر بغیر از استحکام کششی می تواند برای کاربردهای تعیین شده، مورد اهمیت قرار گیرد.

۱-۴- مراحل تهیه‌ی (PQR)

*- ارائه PWPS اولیّه

*- آماده سازی قطعه

*- انجام عملیات جوشکاری بر اساس PWPS اولیّه‌ی تأیید شده

*- تأیید قطعه‌ی (PQR) جوشکاری شده از لحاظ تستهای VT و RT و چنانچه لازم باشد تست UT

*- تهیه‌ی Application و ارائه آن به همراه قطعه‌ی (PQR) به آزمایشگاه تستهای مخرب

*- تهیه‌ی قطعات لازم جهت انجام تست و انجام تستهای مخرب (در آزمایشگاه انجام می شود.)

■-تستهای مخرب در PQR

*- تست کشش- استحکام کششی (Tension Test-QW-150)

*- تست کشش – استحکام تسلیم (Yield strength test)

*- تست خمش Transverse-Bend-QW-160 (Root Bend, Face Bend, Side Bend)

❋- تست ضربه (Impact Test)

❋- تست ماکرو (Macro Test)

❋- تست میکرو (Micro Test)

❋- تست شکست (Fracture Test)

❋- تست سختی سنجی (Hardness Test)

❋- تست فریت سنجی (Ferrite test)

❋- تست آنالیز شیمیایی Chemical Analysis

❋- تست CTOD (Crack Tip Opening Displacement)

❋- تست فلز جوش All Weld

■-تستهای خوردگی در فلزات:

❋- تستهای (SSC & SCC) مطابق (NACE TM0177)

❋- تست (HIC) مطابق (NACE TM0284)

❋- تست خوردگی حفره ای (Pitting) طبق مشخصات (ASTM G48)

❋- تست پاشش نمک مطابق استاندارد (ASTM B117)

❋- تست خوردگی بین دانه ای (ASTM A-262)

❋- بازبینی نتایج تستهای مخرب و ارائه جواب آزمایشات توسط آزمایشگاه

❋- تأیید روش جوشکاری بر اساس نتایج تأیید شده‌ی آزمایشگاه

۲-۴- ارائه PWPS اولیّه

PWPS اولیّه شامل همه‌ی مراحل انجام جوشکاری می باشد. این مراحل در واقع همان متغیرات اساسی، اساسی تکمیلی و متغیرات غیر اساسی است که برای یک یا چند فرآیند هم زمان تهیه شده است. این متغیرات شامل مشخص کردن نوع روش فرآیند، جنس متریال، نوع فیلر و الکترود، پیش گرم و پس گرم، تنش زدایی، تست ضربه و مشخص کردن نوع جریان برق و قطبیت آن و غیره... می باشد.

در واقع ارائه‌ی PWPS اولیّه یک هم فکری و مشورت با کارفرماست که بدین وسیله دستورالعمل جوشکاری با یک یا چند فرآیند برای متریال پروژه پیشنهاد می شود. چنانچه از نظر کارفرما این دستورالعمل جوشکاری اولیّه PWPS با متغیرات عنوان شده در استاندارد ASME Section IX یا با رویه و محدودیتهای پروژه مغایرت داشته باشد تحت عنوان کامنت به مجری یا پیمانکار جهت اصلاح عودت داده می شود که مجدداً پس از اصلاح کامنتها جهت بررسی مجدد و اخذ تأییدیه اولیّه به کارفرما ارسال می گردد؛ البته ممکن است در همان مرحله‌ی اول مورد تأیید اولیّه کارفرما واقع شود و از طرف کارفرما جهت انجام عملیات PQR به مجری یا پیمانکار اعلام می گردد. به یک نمونه از PWPS که در ادامه آمده است دقت شود.

جدول ۲۰۵-: نمونه ایی از یک دستورالعمل جوشکاری اولیّه PWPS

PRE-WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (PWPS)
(ASME Section IX-2019)

Project : **Date :**

WPS No.	WPS-ASME-ORI-063	**Rev.**	0
PQR No.	PQR-ASME-XXX	**Rev.**	0
Welding Process	GTAW		
Types	▪ Manual □ Semi-Automatic □ Automatic		

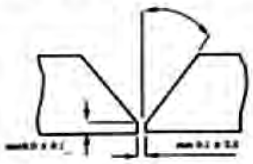
JOINTS (QW-402)

Joints Design	Groove, Fillet
Backing	■NO for root pass
Backing Material or Type:	Root Pass

BASE METALS (QW-403)

P-No. 8 G-No. 1 to	P-No. 1 G-No. 1
Specification:	SA333 / SA312
Type or Grade :	Gr.6 / TP304
Thickness Range	2.75 ≤ t ≤ 10.98
Diameter Range	ALL

Dissimilar Welding of LTCS to Stainless SA312 TP304



Misalignment ≤ 1.6mm

JOINT DETAILS

IMPACT TEST YES ■ NO□

FILLER METALS (QW-404)

F-No. 43	A-No. N/A
Spec. No.(SFA)	A5.14
AWS No.(Class)	ERNiCr-3
Size of Filler Metal	2.4
Deposit Thickness qualified:	up to 10.98mm
Trade Name	OK Tigrod 19.85

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current: AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	As The Table Below
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4mm &EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire-Feed Speed	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both Note(2)
Cleaning Method	Grinding & Brushing
Multi- or Single-Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Back Gouging	YES □ NO■

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	0°C NOTE(1)
Interpass Temp. Max.	150°C
Preheat Maintenance	N/A

GAS (QW-408)

	Gas	Mixture	Flow Rate(lit/min)
	Percent Composition		
Shielding	Argon	99.99%	10
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	Argon	99.99%	10 Note(2)

POST-WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range	N/A
Time Range	N/A
Heating Rate	N/A
Cooling Rate	N/A
Other	N/A

ELECTRODE

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal		Current		Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input(KJ/CM)
		Class	Dia(mm)	Type Polar.	Amp Range(A)			
1st	GTAW	ERNiCr-3	2.4	DCSP	90	8	11	
2nd	GTAW	ERNiCr-3	2.4	DCSP	95	9	6	
FILLING	GTAW	ERNiCr-3	2.4	DCSP	111	9	14	
Cap	GTAW	ERNiCr-3	2.4	DCSP	111	9	6	

Note; 1.When Moisture Removal is required (50 ºC)

2-Internal pyrge gas shall be maintained at least for 2 layers

SUBCONTRACTOR	CONTRACTOR	TPA/COMPANY
NAME:	NAME:	NAME:
SIGN:	SIGN:	SIGN:
DATE:	DATE:	DATE:

حال یک سوال: آیا ارائه‌ی PWPS اولیّه در تهیه‌ی PQR الزامی است؟

Interpretation: IX-98-04
Subject: QW-200.2, Welding Procedure Qualifications
Date Issued: 15-Dec-97
File: BC97-481
Question: Does ASME Section IX require that a preliminary WPS be attached to the PQR?
Reply: No.

ترجمه: تفسیر: Interpretation: IX-98-04

موضوع: پاراگراف QW-200.2 و صلاحیت دستورالعمل جوشکاری

شماره فایل: BC97-481

سؤال : آیا استاندارد ASME Section IX ارائه و پیوست (PWPS) دستورالعمل اولیّه را برای PQR لازم می داند؟

جواب : خیر

طبق استعلام فوق که از استاندارد ASME Section IX بعمل آمده این استاندارد به صراحت مشخص کرده است که ارائه‌ی WPS اولیّه برای تهیه‌ی PQR الزامی نیست.

درست است که ارائه PWPS (Preliminary Welding Procedure Specification) اولیّه برای تهیه‌ی PQR الزامی نیست اما بودن این مدرک فنی، یک دید کلی نسبت به اجراء و انجام تهیه‌ی PQR به بازرس و مجری می دهد. در ضمن چنانچه کارفرما تذکری داشته باشد در این مرحله اعمال می شود. این مدرک فنی PWPS اولیّه معمولاً دارای یک سری اطلاعات در باره‌ی تعیین نوع فرآیند جوشکاری، نوع متریال، الکترود مصرفی، نوع طرح اتصال، دمای پیشگرم، تنش زدایی، نوع جریان برق، قطبیت، آمپراژ، ولتاژ، و غیره ...که پس از مشخص شدن نتیجه‌ی PQR ، چنانچه تأیید شده بود، می بایست WPS نهایی بر اساس اطلاعات ثبت شده در زمان تهیه PQR تهیه و تنظیم و ارائه شود.

۳-۴- آماده سازی قطعه

***- پاراگراف QW-210 – آمادگی تست کوپن

***- پاراگراف QW-211 – فلز پایه

QW-210 PREPARATION OF TEST COUPON

QW-211 BASE METAL

The base metals may consist of either plate, pipe, or other product forms. Qualification in plate also qualifies for pipe welding and vice versa. The dimensions of the test coupon shall be sufficient to provide the required test specimens.

شکل-۳۹۳ : پاراگراف QW-210, 211 مطابق ASME Sec. IX-2019

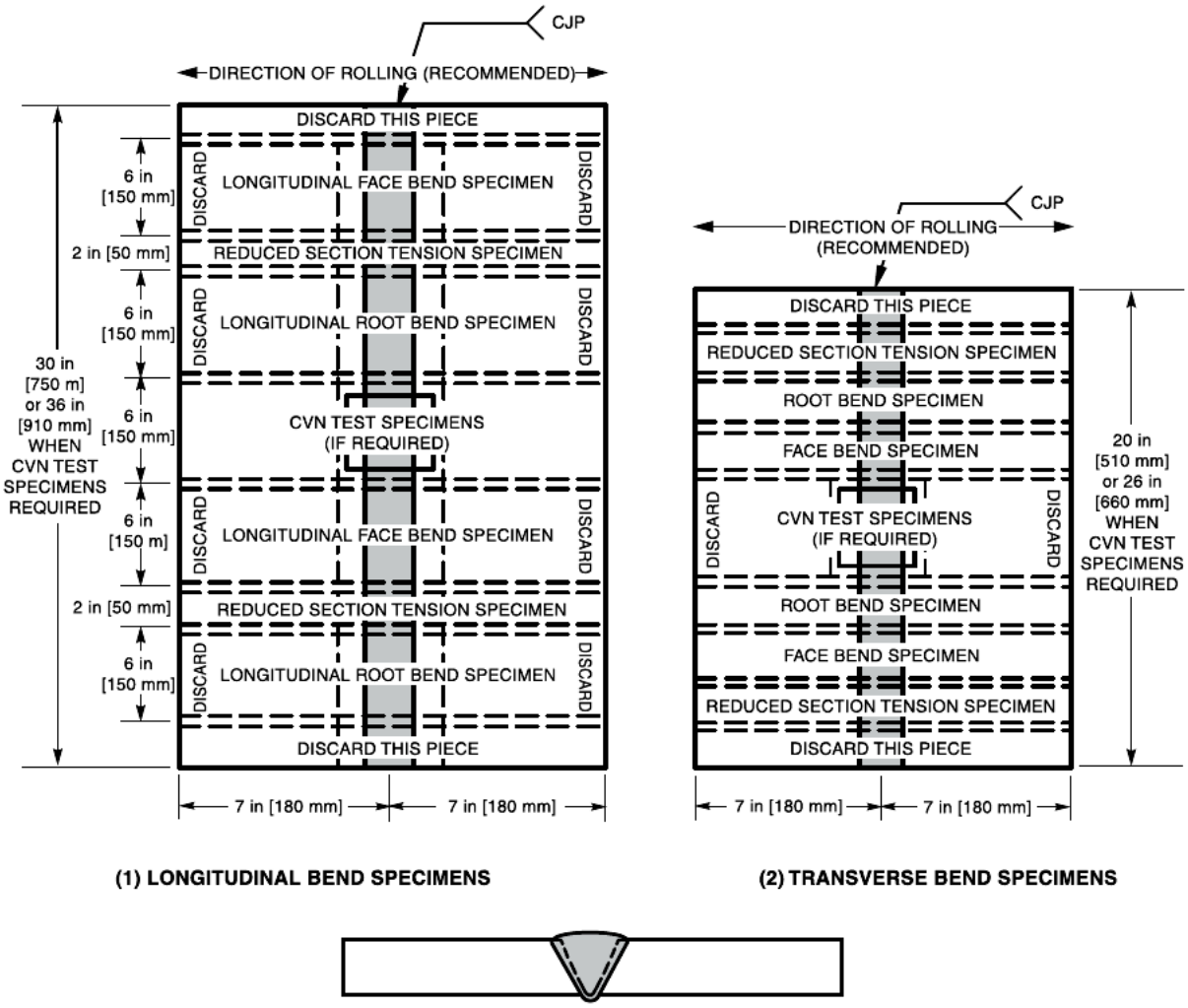
ترجمه: فلزات پایه ممکن است از هر دو پلیت، لوله یا فرم های دیگری از محصولات تشکیل شوند. ارزیابی صلاحیت در پلیت، همچنین برای جوشکاری لوله و برعکس واجد شرایط است. ابعاد تست کوپن برای تهیه نمونه های مورد نیاز آزمون می بایست کافی باشد. حال این سؤال پیش می آید که چرا استاندارد ابعاد مشخصی را برای تست کوپن مشخص نکرده است؟ جواب ساده است، به این دلیل است که تعداد تستهای لازم برای ارزیابی کیفی صلاحیت دستورالعملهای جوشکاری

یکسان نیست. چون تعداد تستها مشخص نیست بنابراین بصورت کلی در پاراگراف اشاره شده است که ابعاد تست کوپن باید برای تهیه نمونه های مورد نیاز آزمون می بایست کافی باشد.

باید توجه داشت بعضی اوقات تعداد تستهای لازم برای ارزیابی کیفی صلاحیت دستورالعملهای جوشکاری فراتر از آنچه که در جدول QW-451 مشخص شده می باشد. همین تستهای اضافی نیاز است که ابعاد تست کوپن بیشتر شود. در بعضی از استانداردها برای تست کوپن ارزیابی کیفی صلاحیت دستورالعملهای جوشکاری (PQR) ابعادی مشخص شده است که در زیر به بعضی از این استانداردها اشاره می شود.

*- استاندارد AWS D1.1-2020

* – برای جوشهای شیاری با ضخامت ۱۰ میلیمتر و کمتر



Notes:
1. The groove configuration shown is for illustration only. The groove shape tested shall conform to the production groove shape that is being qualified.
2. When CVN tests are required, the specimens shall be removed from their locations, as shown in Figure 6.28.
3. All dimensions are minimum.
4. For 3/8 in [10 mm] plate, a side-bend test may be substituted for each of the required face- and root-bend tests. See Figure 6.6(2) for plate length and location of specimens.

Figure 6.7—Location of Test Specimens on Welded Test Plate 3/8 in [10 mm] Thick and Under—WPS Qualification (see 6.10)

شکل-۳۹۴ : مشخصات قطعات PQR برای ورق با ضخامت ۱۰ میلیمتر و کمتر مطابق AWS-D1.1-2020

۱- برای حالت GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS

[2 × (180mm × 510mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم نباشد این ابعاد مناسب است.

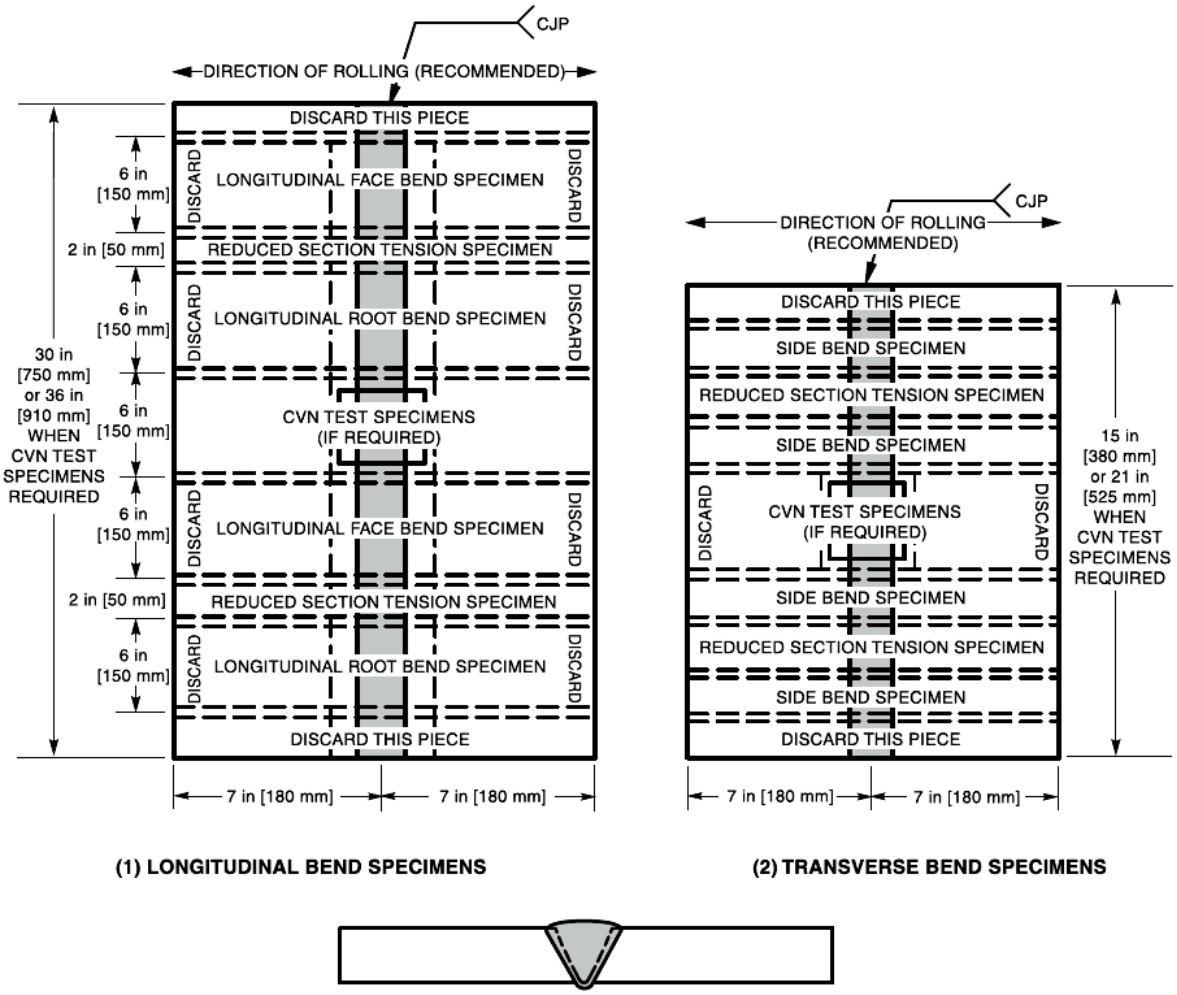
[2 × (180mm × 660mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم باشد این ابعاد مناسب است.

۲- برای حالت GROOVE-WELD TENSION TESTS AND LONGITUDINAL-BEND TESTS

[2 × (180mm × 750mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم نباشد؛ این ابعاد مناسب است.

[2 × (180mm × 910mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم باشد؛ این ابعاد مناسب است.

* – برای جوشهای شیاری با ضخامت بیشتر از ۱۰ میلیمتر



Notes:
1. The groove configuration shown is for illustration only. The groove shape tested shall conform to the production groove shape that is being qualified.
2. When CVN tests are required, the specimens shall be removed from their locations, as shown in Figure 6.28.
3. All dimensions are minimum.

Figure 6.6—Location of Test Specimens on Welded Test Plate Over 3/8 in [10 mm] Thick—WPS Qualification (see 6.10)

شکل-۳۹۵ : مشخصات قطعات PQR برای ورق با ضخامت بیشتر از ۱۰ میلیمتر مطابق AWS-D1.1-2020

۱- برای حالت GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS

[2 × (180mm × 510mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم ندارند این ابعاد مناسب است.

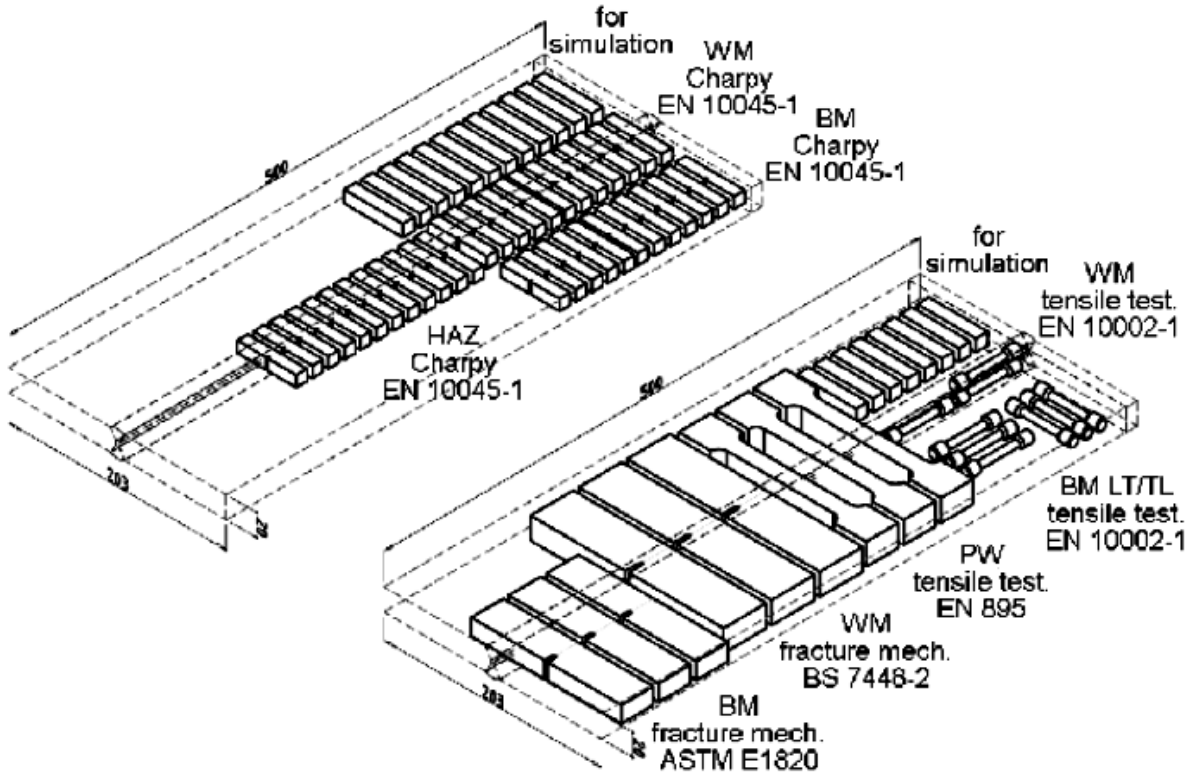
[2 × (180mm × 660mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم دارند این ابعاد مناسب است.

۲- برای حالت GROOVE-WELD TENSION TESTS AND LONGITUDINAL-BEND TESTS

[2 × (180mm × 750mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم ندارند این ابعاد مناسب است.

[2 × (180mm × 910mm)] وقتی قطعات تست ضربه لازم دارند این ابعاد مناسب است.

*- در استانداردهای مختلف : (203 mm × 500 mm)



Example of specimen sampling plan for the pairs of welded test coupons on steel S890QL

شکل-۳۹۶ : ابعاد قطعات PQR برای ورق در استانداردهای مختلف

شکل-۳۹۷ : قطعات PQR تهیه شده از لوله

- DNVGL-OS-C401- Fabrication and testing of offshore structures

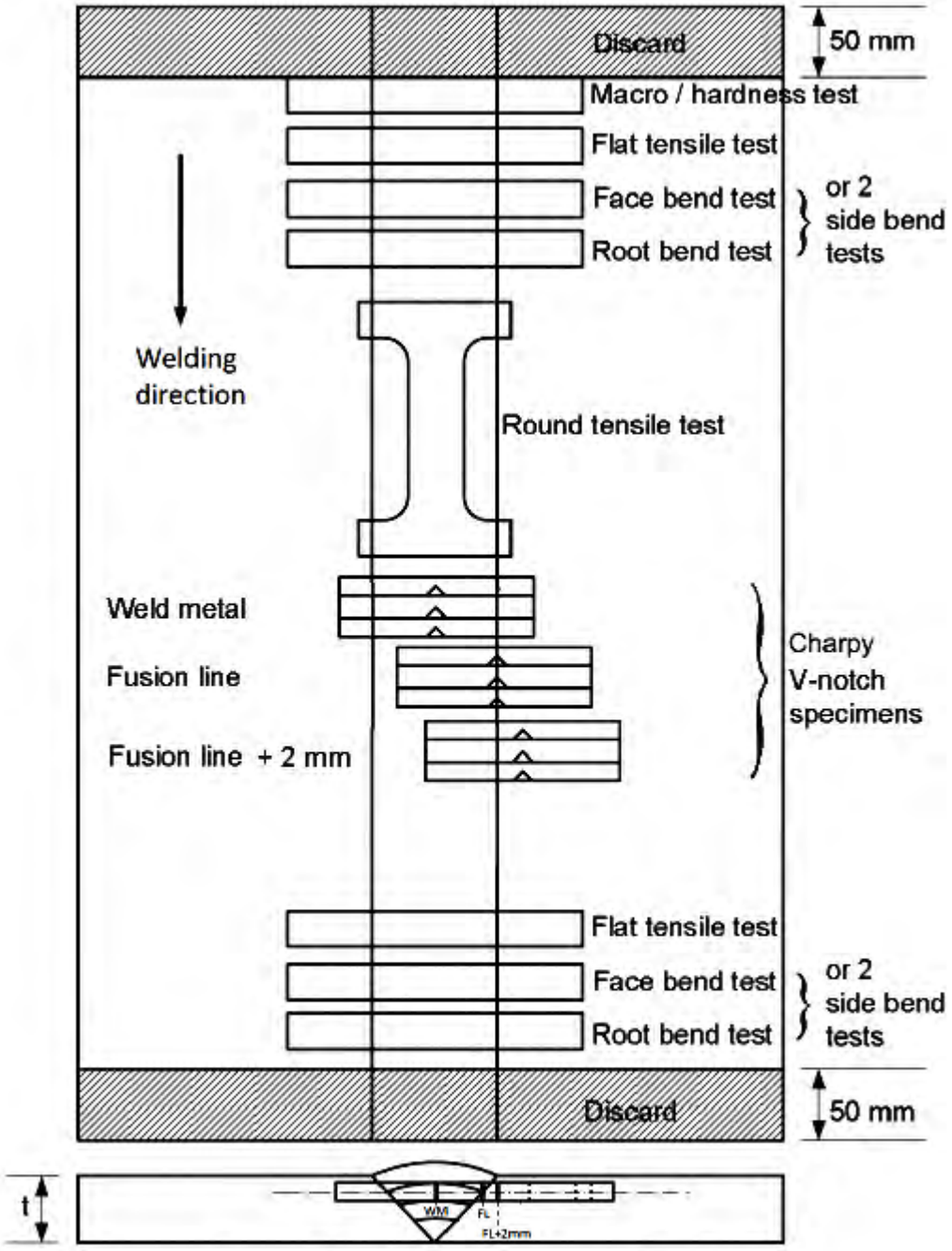


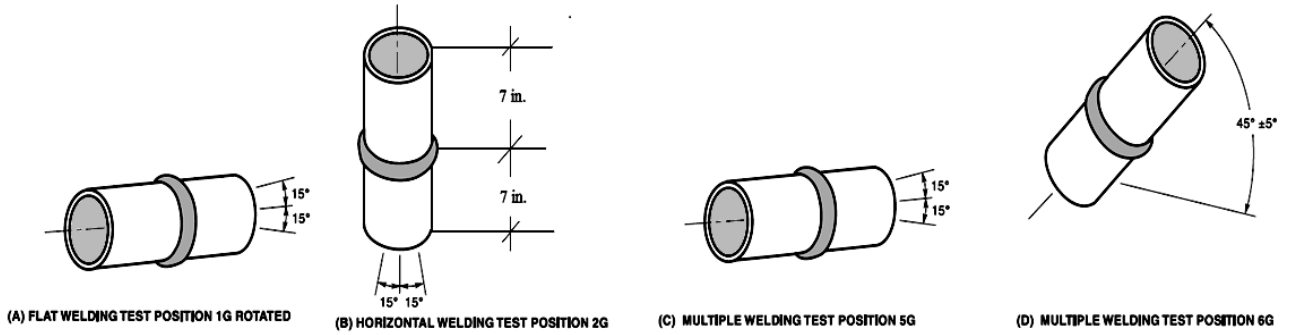
Figure 8 Sampling of test specimens in plates

SOURCE: DNVGL-OS-C401

شکل-۳۹۸ : ابعاد قطعات PQR برای ورق در استاندارد DNVGL-OS-C401

- برای جوش Butt Weld در لوله (Pipe) ابعاد زیر رعایت شود.

حداقل دو قطعه به ابعاد 180mm × 180mm



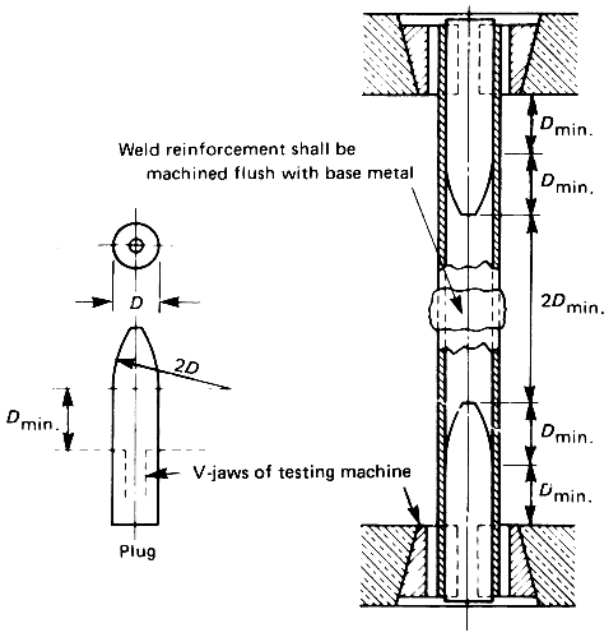
شکل-۳۹۹ : مشخصات قطعات PQR برای جوش Butt Weld در لوله Pipe

- برای جوشهای Butt Weld در لوله های سایز کوچک SMALL DIAMETER PIPE می بایست چند قطعه آماده شود چونکه برای سایزهای کوچک، تست بصورت FULL SECTION انجام می شود یعنی مثلاً یک لوله .in ½ بصورت کامل تحت تست کشش قرار می گیرد. به شکل ۴۰۰ دقت شود

برای سایزهای کوچک، طول لوله بهتر است همان حداقل (180mm) .in 7 برای هر قطعه رعایت شود.

اما در رابطه با تست خمش لوله های سایزهای کوچک، لازم به ذکر است که معمولاً لوله برش می شود و قطعات برش شده با پرس صاف می شود تا قوس آنها گرفته شود سپس تحت تست خمش قرار می گیرند.

Figure QW-462.1(e)
Tension — Full Section — Small Diameter Pipe



شکل-۴۰۰ : مشخصات قطعه PQR در لوله های سایز کوچک مطابق ASME Sec. IX-2019

- برای PQR جوش گوشه ایی (Fillet Weld) در ورق (Plate) ابعاد زیر باید رعایت شود.

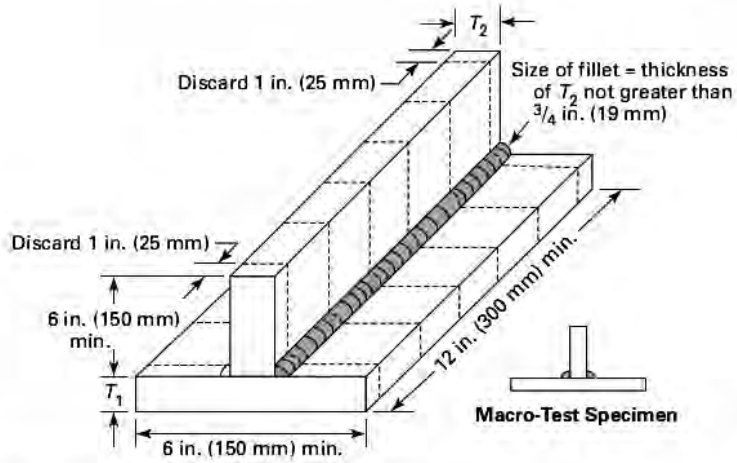
حداقل دو قطعه به ابعاد [(150mm × 300mm) .in 6 × 12] تهیه شود.

نکته‌ی مهم : در PQR مربوط به جوش گوشه ایی (Fillet) می توان از دو ضخامت متفاوت استفاده کرد. اما در تهیه‌ی PQR جوش گوشه ایی (Fillet) برای ضخامت بیشتر از ۳ میلیمتر محدودیت ضخامت وجود دارد یعنی قطعات نباید کمتر از ۳ میلیمتر باشد.

T_1	T_2
۳ میلیمتر و کمتر	T_1
بیشتر از ۳ میلیمتر	برابر یا کمتر از T_1 ، اما نباید کمتر از ۳ میلیمتر باشد.

Figure QW-462.4(a)
Fillet Welds in Plate — Procedure

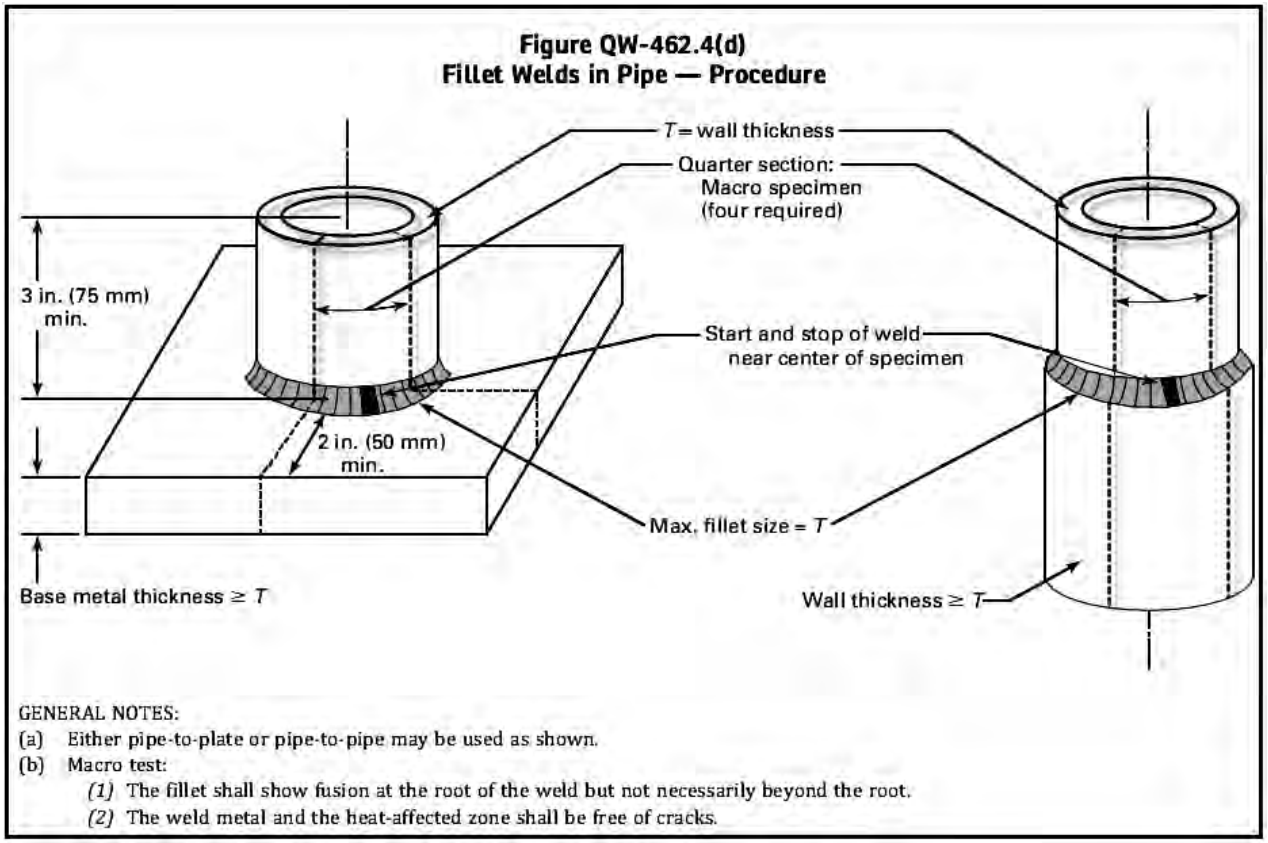
T_1	T_2
1/8 in. (3 mm) and less	T_1
Over 1/8 in. (3 mm)	Equal to or less than T_1, but not less than 1/8 in. (3 mm)



GENERAL NOTE: Macro test — the fillet shall show fusion at the root of the weld but not necessarily beyond the root. The weld metal and heat-affected zone shall be free of cracks.

شکل-۴۰۱ : مشخصات قطعات PQR برای جوش گوشه ایی Fillet برای ورق Plate مطابق ASME Sec. IX-2019

شکل-۴۰۲ : نمایی از یک جوش گوشه ایی یا Fillet Weld



شکل-۴۰۳ : ابعاد PQR جوش Fillet برای لوله به لوله Pipe to Pipe مطابق ASME Sec. IX-2019

یادداشت عمومی مربوط به شکل-۴۰۱: آزمایش ماکرو (Macro Test)

جوش فیلت بایستی نشان دهد که ذوب در ریشه جوش انجام شده است و انجام ذوب در جای دیگر بغیر از ریشه ضرورتی ندارد. فلز جوش در منطقه‌ی متأثر از حرارت بایستی عاری از ترک باشد.

یادداشت عمومی مربوط به شکل-۴۰۳:

(a) – ممکن است یکی از روش های لوله به ورق یا لوله به لوله همانطور که نشان داده شده است، مورد استفاده قرار گیرد.

(b) – آزمایش ماکرو (Macro Test)

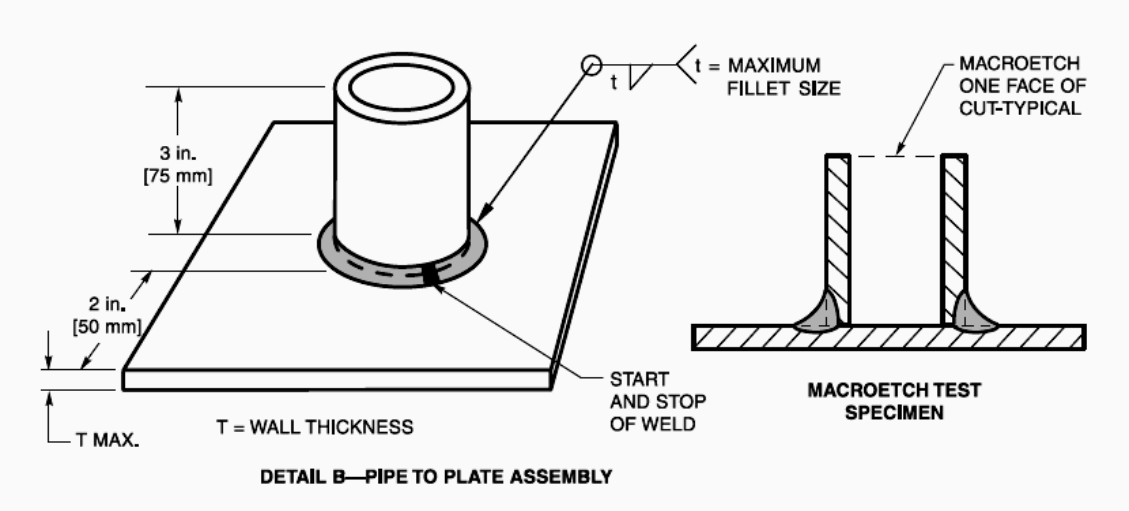
(1) جوش فیلت بایستی نشان دهد که ذوب در ریشه جوش انجام شده است و انجام ذوب در جای دیگر بغیر از ریشه ضرورتی ندارد

(2) فلز جوش در منطقه‌ی متأثر از حرارت بایستی عاری از ترک باشد.

- برای جوش گوشه ایی (Fillet) در لوله به ورق (Pipe to Plate) ابعاد زیر رعایت شود.

ابعاد ورق 150mm X 150mm

ابعاد لوله Pipe 2 in. L75mm



شکل-۴۰۴ : مشخصات قطعات PQR برای جوش گوشه ایی Fillet برای لوله به ورق Pipe to Plate

- با توجه به مطالب و شکلهای که ذکر شد ابعاد قطعات PQR برای جوشهای Butt Weld در ورق به ورق، لوله به لوله و همچنین برای جوشهای Fillet Weld در ورق به ورق، لوله به لوله، لوله به ورق مشخص گردید.

پس از مشخص شدن ابعاد PQR و برش قطعات، مرحله‌ی آماده سازی قطعات می رسد.

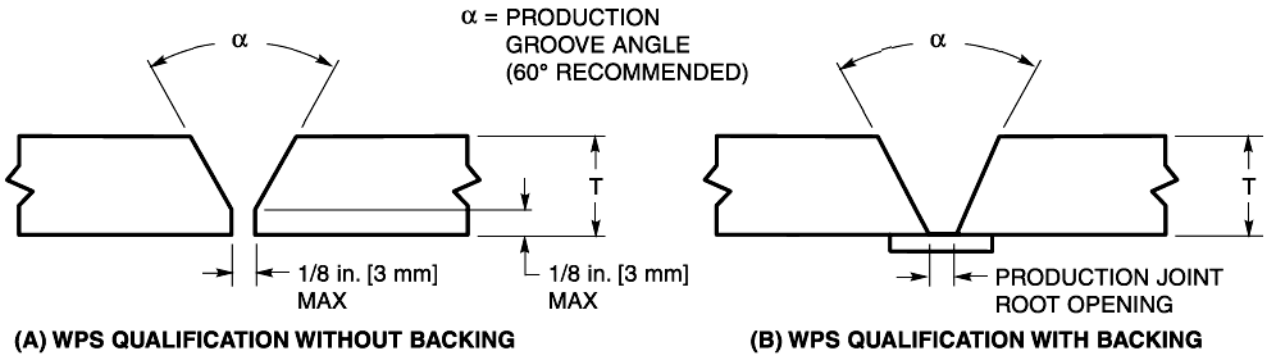
در مرحلهٔ آماده سازی قطعات برای جوشهای Butt Weld موارد زیر کنترل گردد:

- مشخصات متریال با توجه به PWPS اولیّه و مطابق با گواهی تأیید شده Certificate باشد.

- در آماده سازی زاویه‌ی شیب دقت گردد که این کار بخوبی انجام شود چونکه زاویه‌ی شیب بسته، قدرت مانور و چرخش الکترود را از جوشکار سلب می کند و در نهایت ممکن است جوش خوبی ارائه نشود. در واقع منظور از زاویه‌ی شیب همان زاویه‌ی پخ لبه‌ی قطعه‌ی PQR است.

- پس از مونتاژ و Fit Up قطعات PQR فاصله‌ی Gap کنترل شود که فاصله‌ی مناسب رعایت شده باشد.

مطابق شکل ۴۰۵



شکل-۴۰۵ : مشخصات طرح اتصال با پشت بند و بدون پشت بند

- در PQR، ورق به ورق حتماً از قطعات Run off Tab در ابتدا و انتهای PQR استفاده شود تا شروع و پایان عملیات جوشکاری بیرون از قطعه‌ی PQR باشد.

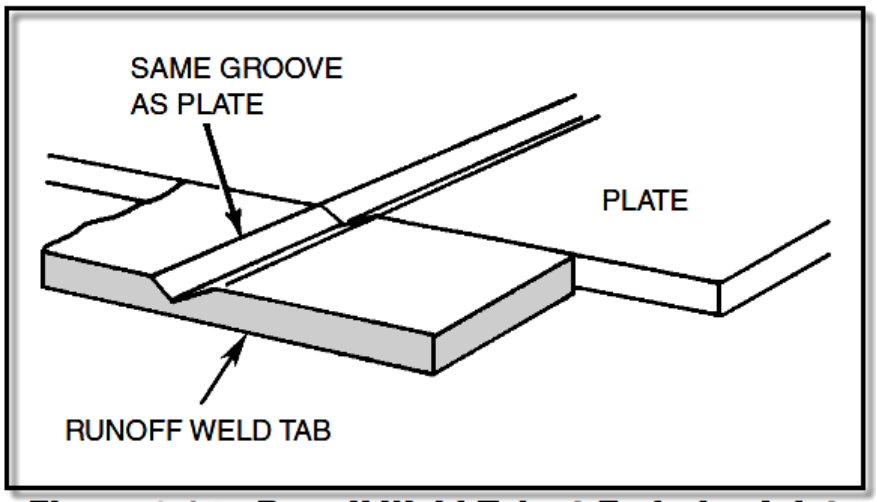


Figure 2.14—Runoff Weld Tab at End of a Joint
Source: Welding Handbook Ninth Edition Volume 2
WELDING PROCESSES, PART 1

شکل-۴۰۶ : Run-Off tab درابتدا و انتهای درز جوش

۴-۴- انجام عملیات جوشکاری بر اساس PWPS اولیّه‌ی تأیید شده

PWPS اولیّه شامل اطلاعات مهمی در رابطه با چگونگی انجام جوشکاری می باشد. این اطلاعات به شرح زیر است:

- نوع فرآیند جوشکاری SMAW, GTAW
- نوع انجام جوشکاری، دستی، نیمه اتوماتیک و یا اتوماتیک باشد.
- مشخصات متریال Material Specification
- مشخصات فیلر و الکترود مصرفی AWS Classification
- مشخصات الکترود تنگستن غیر مصرفی Tungsten Classification
- چگونگی طرح اتصال Joint Design
- مشخصات و مقدار لیتر گاز مصرفی Shielding and Backing Gas
- نوع برق و قطبیت Current and Polarity
- مقدار گرمای ورودی Heat Input
- مشخص کردن وضعیت تست ضربه Impact Test
- مشخص کردن وضعیت تنش زدایی PWHT

کلیه‌ی مراحل جوشکاری PQR در برگه مخصوص ثبت می شود. به برگه نمونه مخصوص ثبت مراحل PQR دقت شود:

برای ثبت مراحل PQR به یک سری وسایل نیاز است این وسایل عبارتند از:

۱- Clamp Meter برای ثبت آمپر و ولتاژ البته می بایست گواهینامه تأییدیه آن یا به اصطلاح Certificate معتبر نیز باشد تا از سالم بودن آن اطمینان حاصل شود. (اما الزامی نیست)

۲- دما سنج لیزری برای ثبت دمای پیش گرم و دمای بین پاسی سالم اما داشتن Certificate معتبر الزامی نیست.

۳- کرنومتر ثبت زمان برای اندازه گیری طول جوش در هر پاس برای مدت یک دقیقه.

۴- متر فلزی برای اندازه گیری طول جوش، جوشکاری شده در زمان یک دقیقه

۵- Weld Guage برای کنترل شیب و پَخ (Bevel) قطعه و همچنین فاصله Gap در قطعه‌ی PQR

شکل کلیه‌ی قطعات فوق به شرح زیر است:

شکل-۴۰۷ : وسایل لازم جهت ثبت مراحل PQR

معمولاً اطلاعات مراحل انجام PQR بصورت دستی نوشته می شود سپس در فرم اصلی وارد می شود. به یک نمونه از ثبت دستی و تایپ رسمی Record PQR و یک نمونه از ثبت نتایج آزمایشات PQR در فرمت مربوط به PQR دقت شود.

جدول-۲۰۶ : نمونه فرمت ثبت مراحل انجام PQR بصورت دستی

IRAN - SOUTH PARS GAS FIELD DEVELOPMENT PHASES 15&16

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

(API 1104 , RP-1516-999-6300-008 Rev.03)

N.I.O.C. Pars Oil and Gas Company

PQR Number : ANNA-PQR-ORT-036(2) Rev.00 Date of Issue:

Layer	Filler Metal Type	Filler Metal Size	Welding Process	Current Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (cm/min.)	Shield Gas (l/min)	Max. Preheat & Int.pass Temp.(°C)	Heat Input (kJ/cm)	Backing
Root	W2594NL	2.4	GTAW	DCEN	62-65	9-10	9	12	29	89	10-12
					78-82	8-10	17	12	86	71	~
					80-92	9-10	60	12	92	59	~
					86-91	9-11	10	~	71	46	~
					83-88	9-10	9	~	78	70	~

جدول-۲۰۷ : نمونه فرمت ثبت مراحل انجام PQR

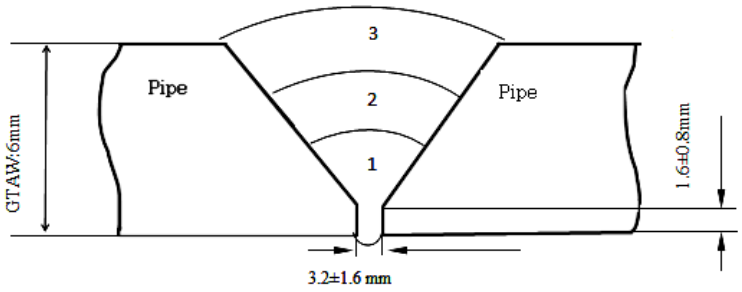
IRAN - SOUTH PARS GAS FIELD DEVELOPMENT PHASES 15&16

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

(ASME Sec.IX , RP-1516-999-1300-086 Rev.01)

N.I.O.C. Pars Oil and Gas Company

PQR Number : ANN-PQR-ASME-ORI-036 Rev.00 Date of Issue: 12-Mar-14 Test Performed on: 13-Aug-13



Layer	Filler Metal		Welding Process	Current Polarity	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (cm/min.)	Shield Gas (l/min)	Min Preheat& Max. Int.pass Temp.(°C)	Heat Input (Kj/cm)	Remark
	Type	Size									
Root Pass	ER2594	2.4	GTAW	DCEN	83~88	9~10	17	12	29	2.64~3.11	
Hot Pass	ER2594	2.4	GTAW	DCEN	132~136	9~11	8	12	100	8.91~11.22	
Cap Pass	ER2594	2.4	GTAW	DCEN	122~126	10~12	6	12	100	11.20~14.04	
					END						

NOTE :

SUBCONTRACTOR	CONTRACTOR	TPA/COMPANY
NAME: V.Mohsenifar	NAME:	NAME:
SIGN:	SIGN:	SIGN:
DATE:	DATE:	DATE:

*- ثبت نتایج آزمایشات انجام شده بر روی PQR در فرمت PQR

جدول-۲۰۸ : نمونه فرمت اصلی پر شده‌ی نتایج آزمایشات PQR

IRAN - SOUTH PARS GAS FIELD DEVELOPMENT PHASES 15&16

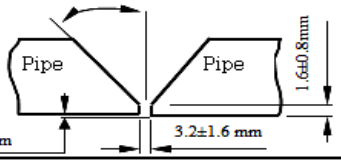
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)
(ASME Sec.IX , RP-1516-999-1300-086 Rev.01)

N.I.O.C. Pars Oil and Gas Company

Date: 12-Mar-2014

PQR NO.	ANN-PQR-ASME-ORI-036 Rev.:00
Welding process	GTAW
Types	■ Manual ☐ Machine ☐ Automatic ☐ Semi-Automatic

JOINT DETAILS



PREHEAT

Preheat Temp.(°C): 0 °C , Interpass Temp. Max. 100°C

POST-WELD HEAT TREATMENT

Temperature:	N/A	Time:	N/A
Heating rate :	N/A		
Cooling rate :	N/A		

GAS

Percent Composition	Gases	(Mixture)	Flow Rate
Shielding	Argon	99.99%	12
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	Argon	99.99%	10~12

BASE METALS

Material Spec.	UNS S32750(Super Duplex)
Type or Grade:	UNS S32750(Super Duplex)
P-No. 10H , G-No. 1 to	P-No. 10H , G-No. 1
Thickness of Test Coupon	6 mm
Diameter of Test Coupon	6"
Other	N/A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current	DC	Polarity	DCEN
Amps.:	As Described in the Table of Next Page		
Volts.:	As Described in the Table of Next Page		
Tungsten Electrode:	2.4mm , EWTh-2		
Other	N/A		

FILLER METALS

SFA Specification	A5.9
AWS Classification	ER 2594
A-No.	8
F-No.	6
Trade Name	ESAB(OK Tigrod 25.09)
Size	2.4
Deposit Thickness	Up to 6 mm for GTAW
Other	N/A

TECHNIQUE

Travel Speed :	As The Table of Next Page
String or Weave Bead	Either
Oscillation	Oscillation for Weave Bead Shall be <3 times of electrode O.D
Multi or Single Pass	Single
Single or Multiple Electrodes	Single
Other	N/A

POSITION

Position of Groove	5G
Welding Progression	Uphill

GUIDED - BEND TESTS

Type	Result
Face (TT 1,2)	ACC
Root (TT 4,5)	ACC
Face (TT 7,8)	ACC
Root (TT 10,11)	ACC

TENSILE TEST

No.	Specimen Location	Width (mm)	Thickness/dia (mm)	Area (mm^2)	Ultimate Load (N)	Y.S (N/mm^2)	UTS (N/mm^2)	Location of Failure	Result Acc/Rej
1	TT 6	18.95	5.72	108.39	90292	625	833	BM	Acc
2	TT 12	18.85	5.68	107.07	89188	615	833	WM	Acc

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion(mm)			Average	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
1,2,1	WM(hr3)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.34	N/A	102	85	46	78	ACC
3,4,2	WM(hr9)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.19	N/A	99	99	52	83	ACC
5,6,3	FL(hr3)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.17	N/A	121	108	48	92	ACC
7,8,4	FL(hr9)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.10	N/A	109	114	54	92	ACC
9,10,5	HAZ(hr3)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.10	N/A	124	121	68	104	ACC
11,12,6	HAZ(hr9)	55*5*10	-13	N/A	N/A	0.33	N/A	128	129	62	106	ACC

OTHER TESTS

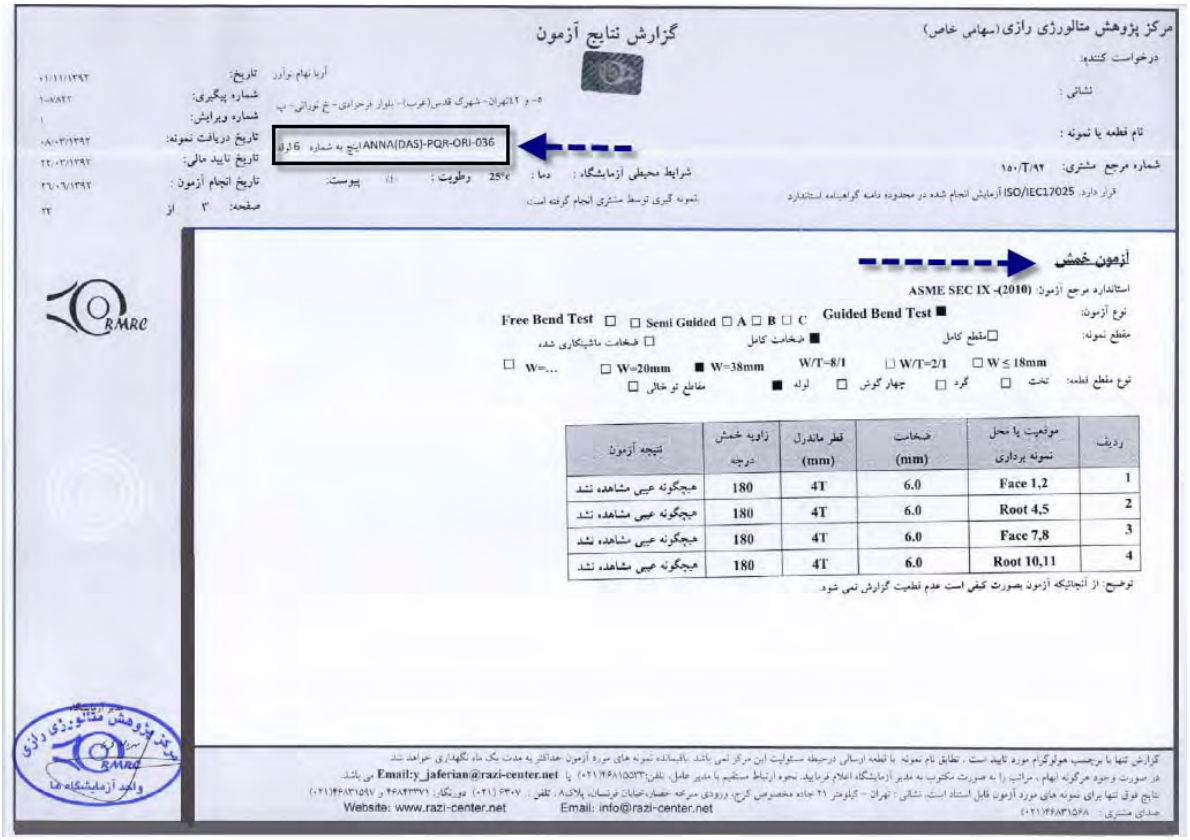
Type of Test	Result	N/A	Remark
Radiography test	■ Accept ☐ Reject	☐	See the Attechment Report
Macrography	■ Accept ☐ Reject	☐	See the Attechment Report
Hardness test	■ Accept ☐ Reject	☐	Max Value : 276 HV10
Corrosion test	■ Accept ☐ Reject	☐	See the Attechment Report
Ferrit test	■ Accept ☐ Reject	☐	See the Attechment Report
Micrography	■ Accept ☐ Reject	☐	See the Attechment Report
Welder ID and/or Name:PW-0509	Shahram Limochi		

Note 1) Base metal heat No. : 403424
2)Welding consumables Lot No. : FOR GTAW: IT 18007

We certify that the statements in this record are correct and the test coupons have been prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of the applicable code and project specification.

SUBCONTRACTOR	CONTRACTOR	TPA/COMPANY
NAME: V.Mohsenifar	NAME:	NAME:
SIGN:	SIGN:	SIGN:
DATE:	DATE:	DATE:

یک نمونه از نتایج تستهای انجام شده بر روی PQR در آزمایشگاه و سپس انتقال اطلاعات این تستها در فرمت PQR



گزارش نتایج آزمون

مرکز پژوهش متالورژی رازی (سهامی خاص)

درخواست کننده: آریا نهام نوآور

نشانی: تهران- شهرک قدس(غرب)- بلوار فرحزادی- خ نورانی- پ ۵- و ۴۲

نام قطعه یا نمونه: لوله 6 اینچ به شماره ANNA(DAS)-PQR-ORI-036

شماره مرجع مشتری: ۱۵۰/T/۹۲

آزمایش انجام شده در محدوده دامه گواهینامه استاندارد ISO/IEC17025 قرار دارد

شرایط محیطی آزمایشگاه: دما: 25°c رطوبت: ۴۰٪ پیوست:

نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفته است.

تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۰۱
شماره پیگیری: ۷۸۲۲-۱
شماره ویرایش: ۱
تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۲/۰۳/۰۸
تاریخ تایید مالی: ۱۳۹۲/۰۳/۲۲
تاریخ انجام آزمون: ۱۳۹۲/۰۶/۲۶
صفحه: ۳ از ۲۳

آزمون خمش

استاندارد مرجع آزمون: ASME SEC IX -(2010)

نوع آزمون: Guided Bend Test ■ Free Bend Test □ □ Semi Guided □ A □ B □ C

مقطع نمونه: ■مقطع کامل ■ ضخامت کامل □ ضخامت ماشینکاری شده

نوع مقطع قطعه: تخت □ گرد □ چهار گوش □ لوله ■ مقاطع تو خالی □

W≤ 18mm □ W/T=2/1 W/T=8/1 ■ W=38mm □ W=20mm □ W=...

ردیف	موقعیت یا محل نمونه برداری	ضخامت (mm)	قطر ماندرل (mm)	زاویه خمش درجه	نتیجه آزمون
1	Face 1,2	6.0	4T	180	هیچگونه عیبی مشاهده نشد
2	Root 4,5	6.0	4T	180	هیچگونه عیبی مشاهده نشد
3	Face 7,8	6.0	4T	180	هیچگونه عیبی مشاهده نشد
4	Root 10,11	6.0	4T	180	هیچگونه عیبی مشاهده نشد

توضیح: از آنجائیکه آزمون بصورت کیفی است عدم نفوذ گزارش نمی شود

گزارش تنها با برچسب هولوگرام مورد تایید است . تطابق نام نمونه با قطعه ارسالی درحیطه مسئولیت این مرکز نمی باشد .باقیمانده نمونه های مورد آزمون حداکثر به مدت یک ماه نگهداری خواهد شد

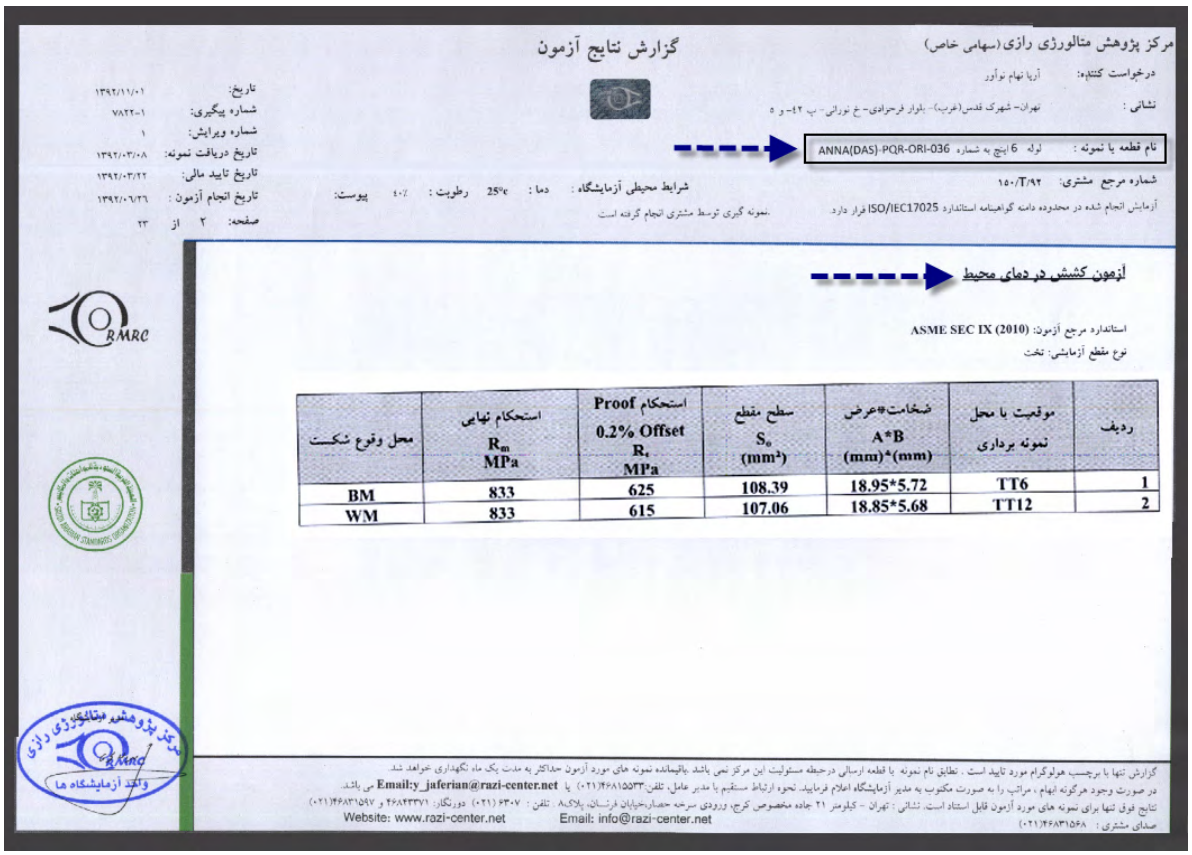
در صورت وجود هرگونه ابهام ، مراتب را به صورت مکتوب به مدیر آزمایشگاه اعلام فرمایید. نحوه ارتباط مستقیم با مدیر عامل، تلفن:۶۸۱۵۵۳۳(۰۲۱) یا Email:y_jaferian@razi-center.net می باشد.

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است. نشانی : تهران – کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، ورودی سرخه حصار،خیابان فرنسان، پلاک۸ . تلفن : ۶۳۰۷ (۰۲۱) دورنگار: ۴۶۸۴۳۳۷۱ و ۴۶۸۳۱۵۹۷(۰۲۱)

Website: www.razi-center.net Email: info@razi-center.net

صدای مشتری: ۴۶۸۳۱۵۶۸(۰۲۱)

شکل-۴۰۸ : نتیجه آزمایش خمش بر روی قطعات مربوط به ANNA(DAS)-PQR-ASME-ORI-036



گزارش نتایج آزمون

مرکز پژوهش متالورژی رازی (سهامی خاص)

درخواست کننده: آریا نهام نوآور

نشانی: تهران- شهرک قدس(غرب)- بلوار فرحزادی- خ نورانی- پ ۴۲- و ۵

نام قطعه یا نمونه: لوله 6 اینچ به شماره ANNA(DAS)-PQR-ORI-036

شماره مرجع مشتری: ۱۵۰/T/۹۲

آزمایش انجام شده در محدوده دامه گواهینامه استاندارد ISO/IEC17025 قرار دارد

شرایط محیطی آزمایشگاه: دما: 25°c رطوبت: ۴۰٪ پیوست:

نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفته است.

تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۰۱
شماره پیگیری: ۷۸۲۲-۱
شماره ویرایش: ۱
تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۲/۰۳/۰۸
تاریخ تایید مالی: ۱۳۹۲/۰۳/۲۲
تاریخ انجام آزمون: ۱۳۹۲/۰۶/۲۶
صفحه: ۲ از ۲۳

آزمون کشش در دمای محیط

استاندارد مرجع آزمون: ASME SEC IX (2010)

نوع مقطع آزمایشی: تخت

ردیف	موقعیت یا محل نمونه برداری	ضخامت*عرض A*B (mm)*(mm)	سطح مقطع S_o (mm²)	استحکام Proof 0.2% Offset R_t MPa	استحکام نهایی R_m MPa	محل وقوع شکست
1	TT6	18.95*5.72	108.39	625	833	BM
2	TT12	18.85*5.68	107.06	615	833	WM

گزارش تنها با برچسب هولوگرام مورد تایید است . تطابق نام نمونه با قطعه ارسالی درحیطه مسئولیت این مرکز نمی باشد .باقیمانده نمونه های مورد آزمون حداکثر به مدت یک ماه نگهداری خواهد شد

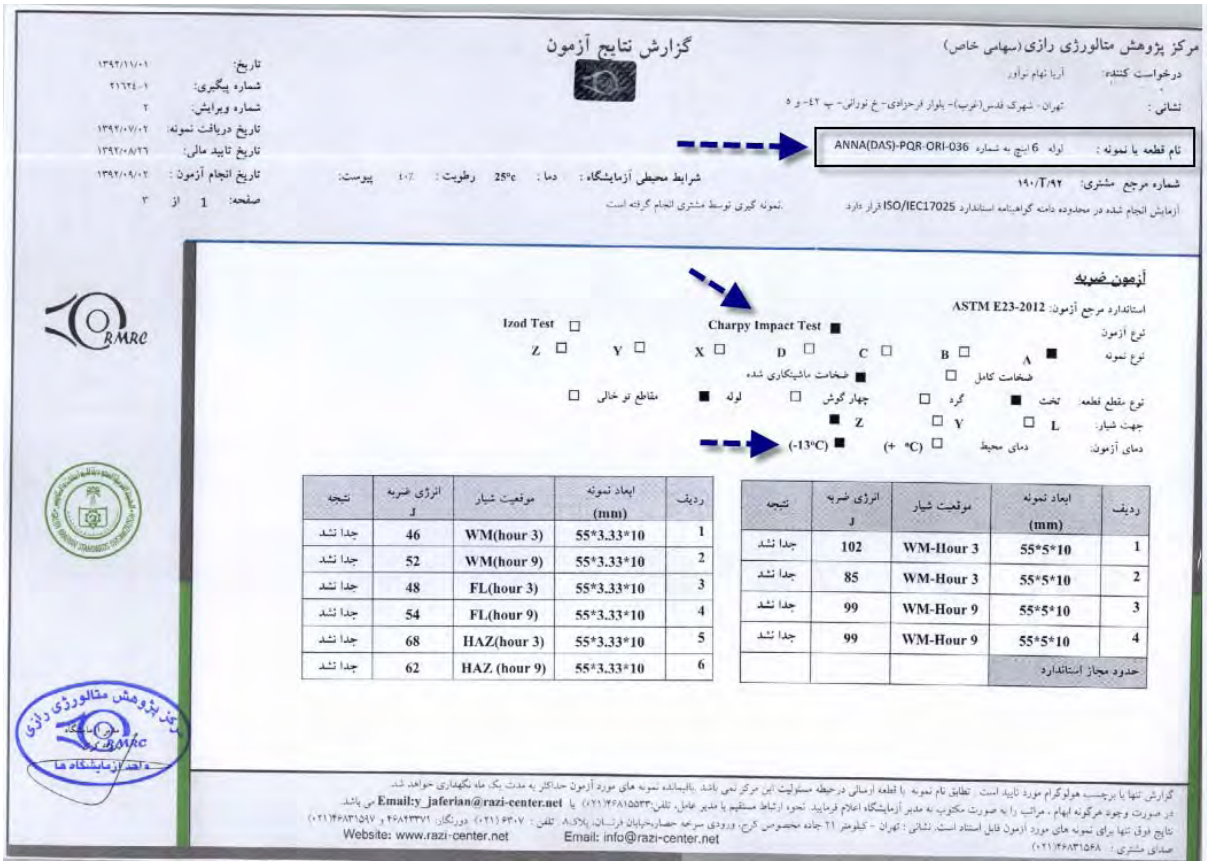
در صورت وجود هرگونه ابهام ، مراتب را به صورت مکتوب به مدیر آزمایشگاه اعلام فرمایید. نحوه ارتباط مستقیم با مدیر عامل، تلفن:۶۸۱۵۵۳۳(۰۲۱) یا Email:y_jaferian@razi-center.net می باشد.

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است. نشانی : تهران – کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، ورودی سرخه حصار،خیابان فرنسان، پلاک۸ . تلفن : ۶۳۰۷ (۰۲۱) دورنگار: ۴۶۸۴۳۳۷۱ و ۴۶۸۳۱۵۹۷(۰۲۱)

Website: www.razi-center.net Email: info@razi-center.net

صدای مشتری: ۴۶۸۳۱۵۶۸(۰۲۱)

شکل-۴۰۹ : نتیجه آزمایش کشش بر روی قطعات مربوط به ANNA(DAS)-PQR-ASME-ORI-036



مرکز پژوهش متالورژی رازی (سهامی خاص)

گزارش نتایج آزمون

درخواست کننده: آریا نهام نوآور

نشانی: تهران- شهرک قدس(غرب)- بلوار فرحزادی- خ نورانی- پ ۴۲- و ۵

نام قطعه یا نمونه: لوله 6 اینچ به شماره ANNA(DAS)-PQR-ORI-036

شماره مرجع مشتری: ۱۹۰/T/۹۲

آزمایش انجام شده در محدوده دامنه گواهینامه استاندارد ISO/IEC17025 قرار دارد

تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۰۱

شماره پیگیری: ۲۱۶۲۴-۱

شماره ویرایش: ۲

تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۲/۰۷/۰۲

تاریخ تایید مالی: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶

تاریخ انجام آزمون: ۱۳۹۲/۰۹/۰۲

صفحه: 1 از ۳

شرایط محیطی آزمایشگاه: دما: 25°c رطوبت: ۴۰٪ پیوست:

نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفته است.

آزمون ضربه

استاندارد مرجع آزمون: ASTM E23-2012

نوع آزمون: Charpy Impact Test ■ Izod Test □

نوع نمونه: A ■ B □ C □ D □ X □ Y □ Z □

ضخامت کامل □ ضخامت ماشینکاری شده ■

نوع مقطع قطعه: تخت ■ گرد □ چهار گوش □ لوله ■ مقاطع تو خالی □

جهت شیار: L □ Y □ Z ■

دمای آزمون: دمای محیط □ (+ °C) (-13°C) ■

ردیف	ابعاد نمونه (mm)	موقعیت شیار	انرژی ضربه J	نتیجه
1	55*5*10	WM-Hour 3	102	جدا نشد
2	55*5*10	WM-Hour 3	85	جدا نشد
3	55*5*10	WM-Hour 9	99	جدا نشد
4	55*5*10	WM-Hour 9	99	جدا نشد
حدود مجاز استاندارد				

ردیف	ابعاد نمونه (mm)	موقعیت شیار	انرژی ضربه J	نتیجه
1	55*3.33*10	WM(hour 3)	46	جدا نشد
2	55*3.33*10	WM(hour 9)	52	جدا نشد
3	55*3.33*10	FL(hour 3)	48	جدا نشد
4	55*3.33*10	FL(hour 9)	54	جدا نشد
5	55*3.33*10	HAZ(hour 3)	68	جدا نشد
6	55*3.33*10	HAZ (hour 9)	62	جدا نشد

گزارش تنها با برچسب هولوگرام مورد تایید است. تطابق نام نمونه با قطعه ارسالی درحیطه مسئولیت این مرکز نمی باشد. باقیمانده نمونه های مورد آزمون حداکثر به مدت یک ماه نگهداری خواهد شد.

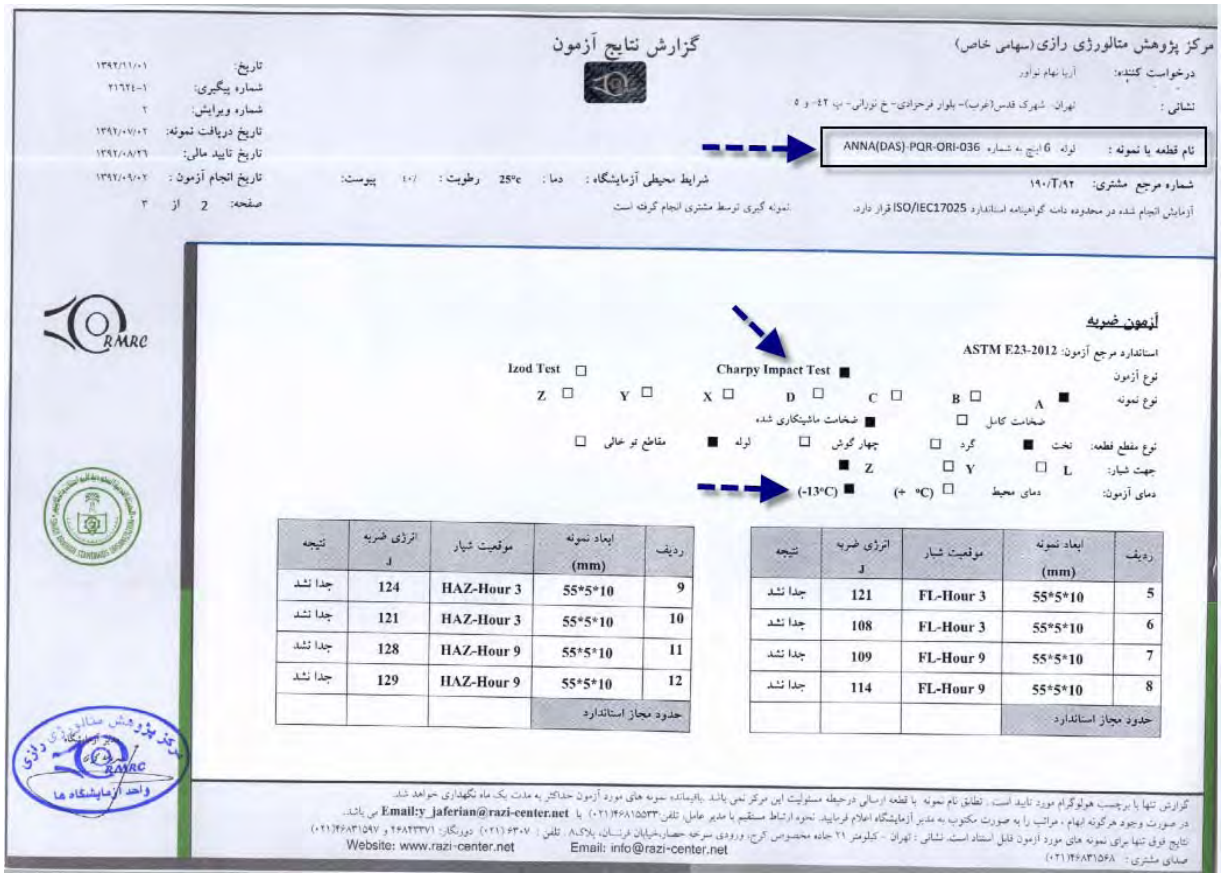
در صورت وجود هرگونه ابهام، مراتب را به صورت مکتوب به مدیر آزمایشگاه اعلام فرمایید. نحوه ارتباط مستقیم با مدیر عامل، تلفن:۶۸۱۵۵۳۳(۰۲۱) یا Email:y_jaferian@razi-center.net می باشد.

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است. نشانی: تهران - کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، ورودی سرخه حصار،خیابان فرنسان، پلاک۸. تلفن: ۶۴۳۰۷(۰۲۱) دورنگار: ۲۶۸۴۳۳۷۱ و ۲۶۸۳۱۵۹۷(۰۲۱)

Website: www.razi-center.net Email: info@razi-center.net

صدای مشتری: ۲۶۸۳۱۵۶۸(۰۲۱)

شکل-۴۱۰ : نتیجه آزمایش ضربه بر روی قطعات مربوط به ANNA(DAS)-PQR-ASME-ORI-036



مرکز پژوهش متالورژی رازی (سهامی خاص)

گزارش نتایج آزمون

درخواست کننده: آریا نهام نوآور

نشانی: تهران- شهرک قدس(غرب)- بلوار فرحزادی- خ نورانی- پ ۴۲- و ۵

نام قطعه یا نمونه: لوله 6 اینچ به شماره ANNA(DAS)-PQR-ORI-036

شماره مرجع مشتری: ۱۹۰/T/۹۲

آزمایش انجام شده در محدوده دامنه گواهینامه استاندارد ISO/IEC17025 قرار دارد

تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۰۱

شماره پیگیری: ۲۱۶۲۴-۱

شماره ویرایش: ۲

تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۹۲/۰۷/۰۲

تاریخ تایید مالی: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶

تاریخ انجام آزمون: ۱۳۹۲/۰۹/۰۲

صفحه: 2 از ۳

شرایط محیطی آزمایشگاه: دما: 25°c رطوبت: ۴۰٪ پیوست:

نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفت است

آزمون ضربه

استاندارد مرجع آزمون: ASTM E23-2012

نوع آزمون: Charpy Impact Test ■ Izod Test □

نوع نمونه: A ■ B □ C □ D □ X □ Y □ Z □

ضخامت کامل □ ضخامت ماشینکاری شده ■

نوع مقطع قطعه: تخت ■ گرد □ چهار گوش □ لوله ■ مقاطع تو خالی □

جهت شیار: L □ Y □ Z ■

دمای آزمون: دمای محیط □ (+ °C) (-13°C) ■

ردیف	ابعاد نمونه (mm)	موقعیت شیار	انرژی ضربه J	نتیجه
5	55*5*10	FL-Hour 3	121	جدا نشد
6	55*5*10	FL-Hour 3	108	جدا نشد
7	55*5*10	FL-Hour 9	109	جدا نشد
8	55*5*10	FL-Hour 9	114	جدا نشد
حدود مجاز استاندارد				

ردیف	ابعاد نمونه (mm)	موقعیت شیار	انرژی ضربه J	نتیجه
9	55*5*10	HAZ-Hour 3	124	جدا نشد
10	55*5*10	HAZ-Hour 3	121	جدا نشد
11	55*5*10	HAZ-Hour 9	128	جدا نشد
12	55*5*10	HAZ-Hour 9	129	جدا نشد
حدود مجاز استاندارد				

گزارش تنها با برچسب هولوگرام مورد تایید است. تطابق نام نمونه با قطعه ارسالی درحیطه مسئولیت این مرکز نمی باشد. باقیمانده نمونه های مورد آزمون حداکثر به مدت یک ماه نگهداری خواهد شد.

در صورت وجود هرگونه ابهام، مراتب را به صورت مکتوب به مدیر آزمایشگاه اعلام فرمایید. نحوه ارتباط مستقیم با مدیر عامل، تلفن:۶۸۱۵۵۳۳(۰۲۱) یا Email:y_jaferian@razi-center.net می باشد.

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است. نشانی: تهران - کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، ورودی سرخه حصار،خیابان فرنسان، پلاک۸. تلفن: ۶۴۳۰۷(۰۲۱) دورنگار: ۲۶۸۴۳۳۷۱ و ۲۶۸۳۱۵۹۷(۰۲۱)

Website: www.razi-center.net Email: info@razi-center.net

صدای مشتری: ۲۶۸۳۱۵۶۸(۰۲۱)

شکل-۴۱۱ : نتیجه آزمایش ضربه بر روی قطعات مربوط به ANNA(DAS)-PQR-ASME-ORI-036

۵-۴- تأیید قطعه‌ی جوشکاری شده‌ی PQR از لحاظ تستهای VT و RT

وقتی که PQR تهیه شد ابتدا مورد بازرسی VT قرار می گیرد تا مشخص گردد که سطح جوش عاری از عیوب سطحی است. پس از این مرحله معمولاً قطعه‌ی PQR برای انجام رادیوگرافی ارسال می گردد. البته باید در نظر گرفت که مطابق تفسیر شماره IX-78-64 از استاندارد بخش IX انجام رادیوگرافی برای PQR نیاز نمی باشد.

Interpretation: IX-78-64
Subject: Section IX, QW-141 and QW-405.2
Date Issued: April 4, 1978
File: BC-78-11
Question (1): Does Section IX require radiographic examination of a welded test coupon prepared for the qualification of a Welding Procedure Specification?

Reply (1): Section IX does not require radiographic examination of a welded test coupon prepared for the qualification of a Welding Procedure Specification.

اما برای اطمینان از سالم بودن جوش از عیوبی که ممکن است در هنگام تستهای مخرب باعث مردود شدن نتیجه‌ی تستهای PQR شود، انجام می گیرد. البته ممکن است جزو الزامات اجباری .Spec پروژه نیز باشد.

چنانچه پس از رادیوگرافی مشخص شود قسمتی از جوش PQR دارای عیب است، اگر PQR بر روی ورق یا لوله سایز بالا باشد معمولاً اگر منطقه عیب کم باشد آن منطقه را با رنگ مشخص می کنند و با آزمایشگاه هماهنگی می شود که از منطقه‌ی رنگ شده قطعات آزمایش تهیه نگردد اما اگر منطقه عیب زیاد باشد یا اگر سایز لوله PQR معیوب کوچک باشد قطعه‌ی PQR باید مردود اعلام گردد و PQR مجدداً تهیه شود.

توجه: معمولاً قطعه‌ی PQR تعمیر نمی شود هر چند که استاندارد ASME Section IX در این رابطه منعی اعلام نکرده اما بدلیل اینکه شرایط PQR با شرایط واقعی باید یکی باشد بنابراین تعمیر نمی کنند هرچند که در QW-202.3 به صراحت اعلام شده که PQR مربوط به جوشهای Groove Weld، جوشهای تعمیری و حالت Buildup را تأیید می کند.

QW-202.3 Weld Repair and Buildup. WPS qualified on groove welds shall be applicable for weld repairs to groove and fillet welds and for weld buildup under the following provisions:

(a) There is no limitation on the thickness of base metal or deposited weld metal for fillet welds.

(b) For other than fillet welds, the thickness range for base metal and deposited weld metal for each welding process shall be in accordance with QW-451, except there need be no upper limit on the base metal thickness provided qualification was made on base metal having a thickness of $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) or more.

شکل-۴۱۲ : پاراگراف QW-202.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

*- QW-202.3- Weld Repair and Builup

ترجمه : WPS تأیید شده برای جوشهای شیاری باید تحت شرایط زیر برای تعمیر جوشهای شیاری و جوشهای گوشه ایی (Fillet) و جوشهای Buildup بکار برده شود.

a)- محدودیتی برای ضخامت فلز مبنا یا فلز جوش رسوب یافته در جوشهای گوشه ایی (Fillet) وجود ندارد.

b)- برای جوشهای غیر گوشه ایی محدودهٔ ضخامت برای فلز مبنا و فلز جوش رسوب یافته برای هر فرآیند جوشکاری باید مطابق با QW-451 باشد. اما اگر PQR بر روی فلز مبنایی با ضخامت (38mm) 1 ½ یا بیشتر باشد محدودیتی در مورد حد بالایی ضخامت فلز مبنا وجود ندارد.

بنا به پاراگراف QW-202.3- Weld Repair and Builup می توان اینطور نتیجه گرفت که وقتی PQR جوش سالم، جوش تعمیری را تأیید می کند بنابراین عکس آن هم صادق است بدلیل اینکه در استاندارد ASME Sec. IX منعی در رابطه با عدم تعمیر PQR نیست.

برای تأیید این سخن کافی است به این جمله که در ابتدای استاندارد ASME Sec. IX در قسمت Foreword آمده دقت کنیم:

FOREWORD*

This Code contains mandatory requirements, specific prohibitions, and nonmandatory guidance for construction activities and inservice inspection and testing activities. The Code does not address all aspects of these activities and those aspects that are not specifically addressed should not be considered prohibited.

شکل-۴۱۳ : پاراگرافی از Foreword مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه : کُد حاوی الزامات اجباری، ممنوعیتهای خاص و راهنمایی های غیر اجباری برای فعالیتهای ساخت می باشد. کُد تمامی جنبه های این فعالیتها را مورد خطاب قرار نمی دهد، آن جنبه هایی که بطور ویژه مورد خطاب قرار نگرفته اند نباید به عنوان موارد ممنوعه در نظر گرفته شوند.

اما با تمام این توضیحات عملاً PQR را تعمیر نمی کنند. اما چنانچه قرار شد PQR تعمیر شود مطابق استاندارد ASME Sec. IX منعی ندارد مگر اینکه بر اساس مشخصات فنی خاص یک پروژه Project Specification این کار منع شده باشد.

۶-۴- تهیهی Application و ارائه آن به همراه قطعهی PQR به آزمایشگاه تستهای مخرب

بعد از آماده سازی و انجام عملیات جوشکاری قطعهی PQR و تأیید رادیوگرافی آن، قطعهی PQR برای انجام تستهای مخرب آماده می شود. در اینجا قطعهی PQR می بایست به همراه یک فرم تحت عنوان Application به آزمایشگاه تحویل شود.

در این فرم، نوع و تعداد تستهای درخواستی و همچنین استاندارد مرجع و مشخصات پروژه و نام پیمانکار نیز می بایست مشخص نمود.

اطلاعات موجود در این فرم باید کامل باشد تا انجام آزمایشات برای آزمایشگاه نقطهی ابهامی نداشته باشد. چنانچه درخواستی شود که از قبل در فرم جزء آزمایشات درخواست شده در نظر گرفته نشده باشد بصورت Note به موارد درخواستی موجود در فرم اضافه می شود.

برای نمونه به فرم Application دقت شود.

جدول-۲۰۹ : نمونه فرم Application

Application For Testing of PQR Test Coupon

Project :

Subcontractor:

No	PQR No	Base Metal	Type	PWHT	Size & Thick (mm)	Position	RT	MT	Required Mechanical Test										Welding process
									Transverse Tensile	Bend Test			Impact Test(Note 1)				Vickers Hardness (5Kg Load) Note-2	Macro Exam.	Micro Exam.	
										Side	Face	Root	Weld Metal	Fusion Line	Haz (FL+2mm)	Specimen Size	Test Temp.(°C)			
1	PQ-001	SA312TP304 to SA333Gr. 6	S.S to LTCS	N/A	3"&6.49	A:6G, B:5G	Site Acc	Site Acc	2	N/A	2	2	3 Set	3 Set	N/A	5*10	-46	2	2	2	GTAW
2																					
3																					

Note:

1)- For Subsize specimen, reduction temperature shall be cnsidered as per table 323.4 ASME B31.3

2)- Material grade of PQR shall be determined for both side of test coupon

3)- For IMPACT test both latteral expansion and absorbed energy resaults shall be reported and exact location of test shall be mentioned (SS or LTCS)

4)- Hardness and micro examination shall be done at LTCS section

Test Method		
No	To be Conducted	ASME Applicable Standard
1	Transverse Tensile Test	According to QW-152 & QW-462.1(a)(b) & (c) of ASME Sec. IX
2	Transverse Guide Bend Test	According to QW-160, 161, 162, 462.3(a) & (b) of ASME Sec. IX
3	Charpy V-Notch Impact Test	ASTM A370, ASME B31.3, Chapter III Para. 323.3
4	Vickers Hardness Survey	According to ASTM E92
5	Macro Examination	According to ASTM E340 Two of the tube shall be cut for macroscopic examination in such a way that the starting point of the weld can be examined
6	Micro Examination	Two sets of micrographic weld examination at a magnification of 200 shall be performed to show the weld, HAZ such as to include tube and tube sheet material
7		
8		
9		

Requested By Subcontractor:	Contractor	Approved by TPA

۷-۴- تهیه‌ی قطعات لازم جهت انجام تست و انجام تستهای مخرب

QW-140 TYPES AND PURPOSES OF TESTS AND EXAMINATIONS

QW-141 MECHANICAL TESTS

Mechanical tests used in procedure or performance qualification are specified in QW-141.1 through QW-141.5.

QW-141.1 Tension Tests. Tension tests as described in QW-150 are used to determine the ultimate strength of groove-weld joints.

شکل-۴۱۴ : پاراگراف QW-140 مطابق ASME Sec. IX-2019

***- QW-140 TYPES AND PURPOSES OF TESTS AND EXAMINATIONS

انواع و اهداف تستها و آزمایشات

*- QW-141 Mechanical Tests

تستهای بکار رفته در ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری PQR و جوشکاران در پاراگرافهای QW-141.1~ 141.5 مشخص شده. (به ترتیب این تستها توضیح داده می شوند).

*- QW-141.1- Tension Test

- تست کشش: تستهای کششی که در QW-150 شرح داده شده اند برای تعیین استحکام نهایی اتصالات جوش شیاری بکار برده می شوند.

***- QW-150 - Tension Test

– تست کشش

*- QW-151 - Specimens

– نمونه ها: نمونه های تستهای کششی باید با یکی از انواع نشان داده شده در شکلهای QW-462.1(a) ~ QW-462.1(e) مطابقت داشته باشد و الزامات QW-153 را بر آورده نماید.

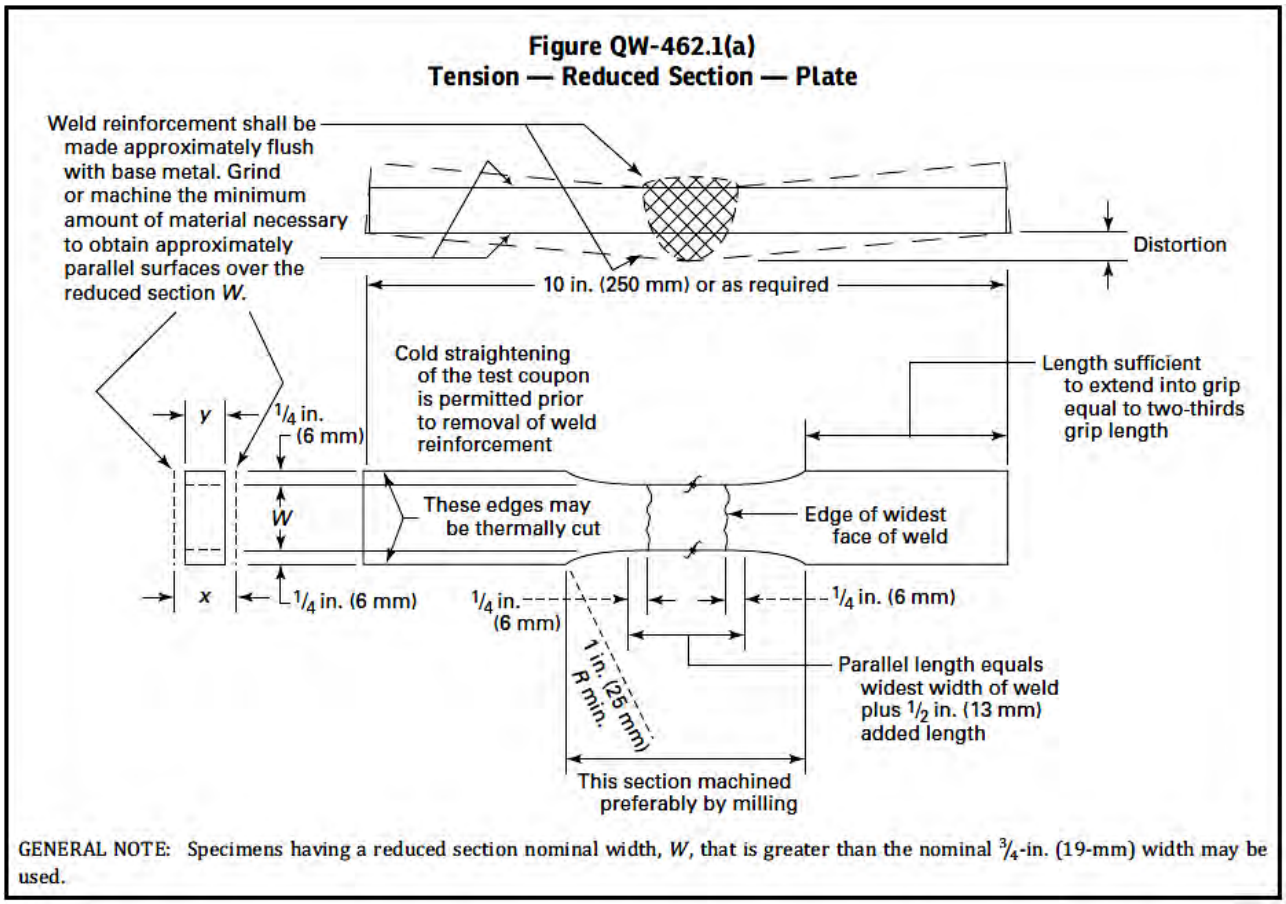
*- QW-151.1 - Reduced Section - Plate

– نمونه های با مقطع کاهش داده شده ورق: نمونه های با مقطع کاهش داده شده که الزامات داده شده در شکل QW-462.1(a) مطابقت دارند می توانند برای تستهای کششی بر روی ورقها در تمامی ضخامتها بکار برده شوند.

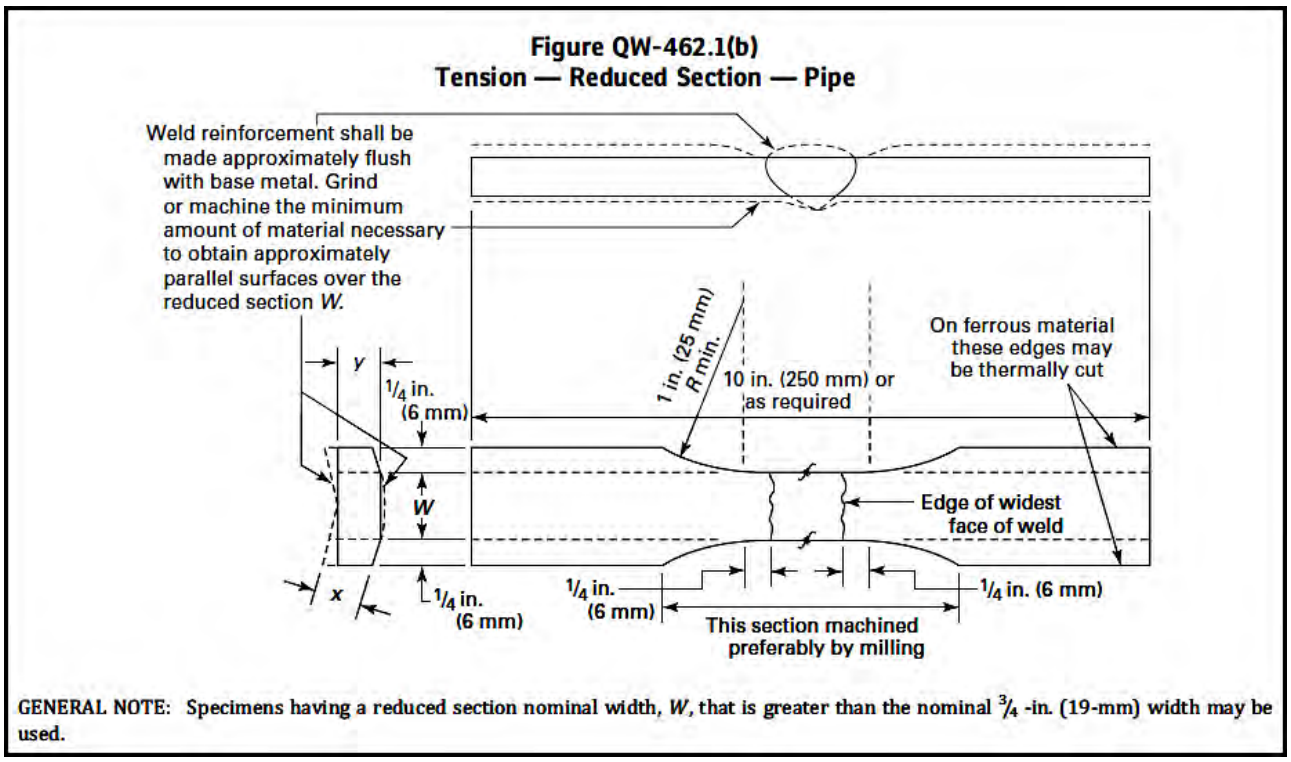
(a)- برای ضخامتهای 1 in. (25mm) و کمتر برای هر تست کشش یک نمونه با ضخامت کامل باید مورد استفاده قرار گیرد.

(b) - برای ورقهای با ضخامت بیشتر از 1 in. (25mm) نمونه هایی با ضخامت کامل یا نمونه های چند تایی می تواند مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه با QW-151.1 (c) و QW-151.1 (d) مطابقت داشته باشد.

(c)- زمانیکه به جای نمونه ای با ضخامت کامل ورق از یک سِت (Set) چند نمونه ای استفاده می شود هر سِت (Set) نمایندهٔ یک نمونه‌ی تست کشش با ضخامت کامل می باشد. جمعاً تمامی نمونه های لازم برای نمایندگی ضخامت کامل جوش در یک نقطه باید در یک سِت (Set) جای بگیرند.

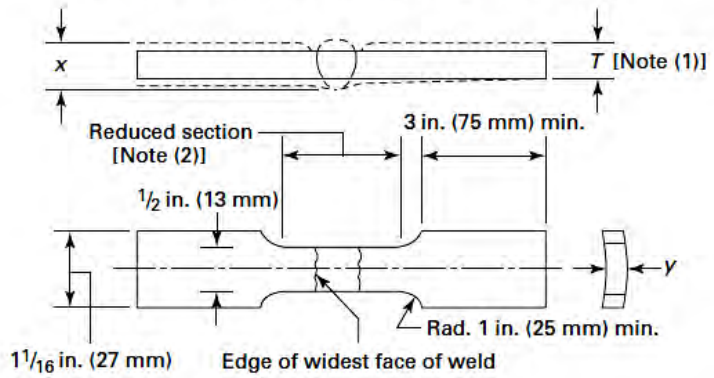


شکل-۴۱۵ : پاراگراف QW-462.1(a) مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۴۱۶ : پاراگراف QW-462.1(b) مطابق ASME Sec. IX-2019

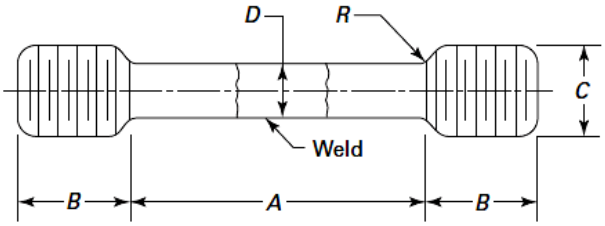
Figure QW-462.1(c)
Tension — Reduced Section Alternate for Pipe



NOTES:
(1) The weld reinforcement shall be ground or machined so that the weld thickness does not exceed the base metal thickness T. Machine minimum amount to obtain approximately parallel surfaces.
(2) The reduced section shall not be less than the width of the weld plus $2y$.

شکل-۴۱۷ : پاراگراف QW-462.1(c) مطابق ASME Sec. IX-2019

Figure QW-462.1(d)
Tension — Reduced Section — Turned Specimens

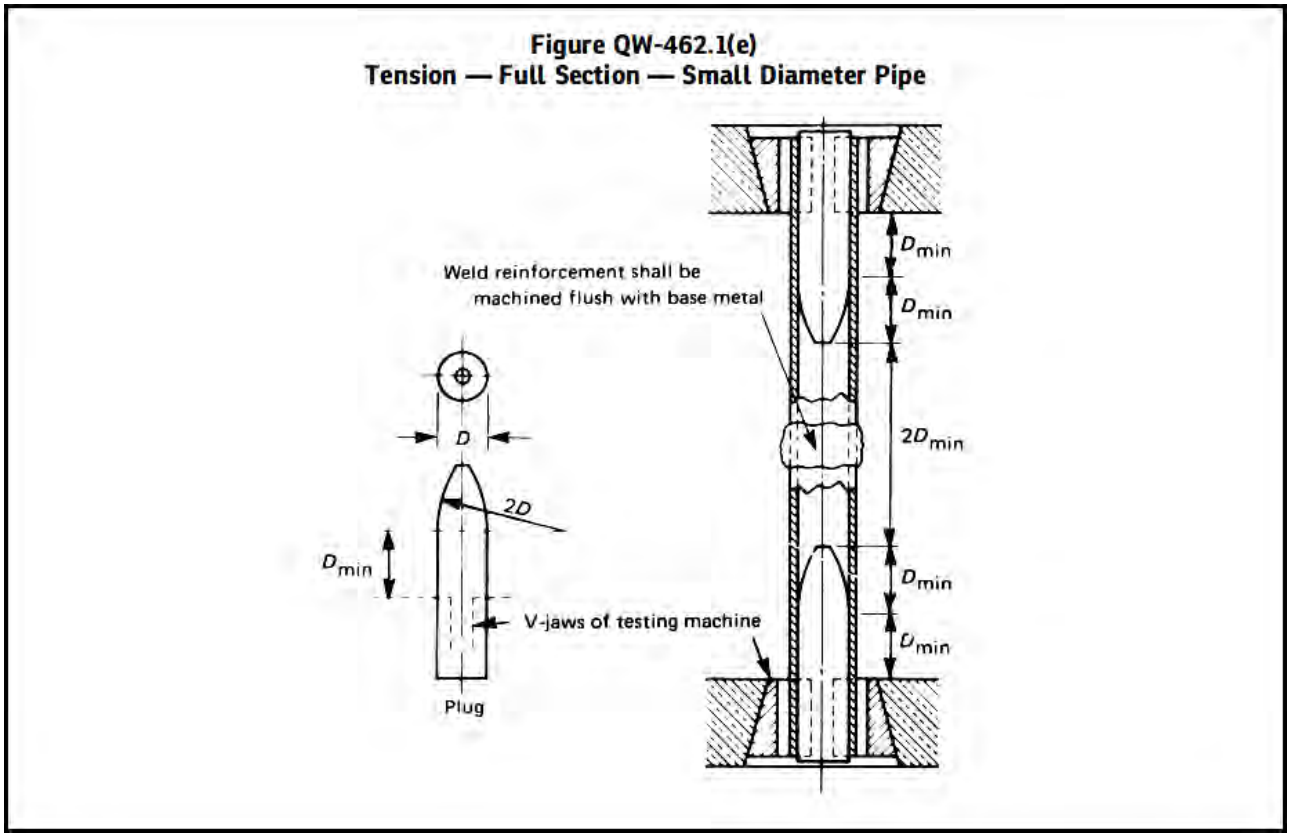


	Standard Dimensions, in. (mm)			
	(a) 0.505 Specimen	(b) 0.353 Specimen	(c) 0.252 Specimen	(d) 0.188 Specimen
A – Length of reduced section	[Note (1)]	[Note (1)]	[Note (1)]	[Note (1)]
D – Diameter	0.500 ± 0.010 (12.7 ± 0.25)	0.350 ± 0.007 (8.89 ± 0.18)	0.250 ± 0.005 (6.35 ± 0.13)	0.188 ± 0.003 (4.78 ± 0.08)
R – Radius of fillet	3/8 (10) min.	1/4 (6) min.	3/16 (5) min.	1/8 (3) min.
B – Length of end section	1 3/8 (35) approx.	1 1/8 (29) approx.	7/8 (22) approx.	1/2 (13) approx.
C – Diameter of end section	3/4 (19)	1/2 (13)	3/8 (10)	1/4 (6)

GENERAL NOTES:
(a) Use maximum diameter specimen (a), (b), (c), or (d) that can be cut from the section.
(b) Weld should be in center of reduced section.
(c) Where only a single coupon is required, the center of the specimen should be midway between the surfaces.
(d) The ends may be of any shape to fit the holders of the testing machine in such a way that the load is applied axially.
(e) When the diameter, D, of the reduced section is measured and the actual value is used to calculate the tensile stress, specimens of nominal diameters other than those shown above may be used.

NOTE:
(1) Reduced section A should not be less than width of weld plus $2D$.

شکل-۴۱۸ : پاراگراف QW-462.1(d) مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۴۱۹ : پاراگراف QW-462.1(e) مطابق ASME Sec. IX-2019

(d)- زمانیکه لازم باشد نمونه چندتایی تهیه شود، کل ضخامت باید به حداقل تعدادی از تسمه های با ضخامت یکسان که توسط تجهیزات موجود می تواند تست شود، تقسیم گردد. هر نمونه از سِت (Set) باید تست شده و الزامات QW-153 را بر آورده نماید.

*- QW-151.2 Reduced Section - Pipe

- نمونه های با مقطع کاهش داده شده - لوله - نمونه های با مقطع کاهش داده شده که با الزامات مندرج در شکل QW-462.1(b) مطابقت دارند می توانند برای تستهای کششی بر روی تمامی ضخامتهای لوله هایی که قطر خارجی آنها بیشتر از 3 in. (75mm) باشد بکار برده شوند.

(a)- برای ضخامتهای 1 in. (25mm) و کمتر یک نمونه با ضخامت کامل باید برای هر تست کشش مورد نیاز مورد استفاده قرار گیرد.

(b)- برای لوله های با ضخامت بیشتر از 1 in. (25mm) نمونه هایی با ضخامت کامل یا نمونه های چند تایی می تواند مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه با QW-151.2 (c) و QW-151.2 (d) مطابقت داشته باشد.

(c)- زمانیکه نمونه های چند تایی به جای نمونه های با ضخامت کامل مورد استفاده قرار می گیرند، هر سِت (Set) باید به مثابهٔ نمایندهٔ یک نمونه‌ی با ضخامت کامل لوله می باشد. جمعاً تمامی نمونه هایی که مورد نیاز است تا ضخامت کامل جوش را در یک نقطه نمایندگی کنند باید شامل یک سِت (Set) باشند.

(d)- زمانیکه لازم باشد نمونه چندتایی تهیه شود، کل ضخامت باید به حداقل، تعدادی از تسمه های با ضخامت یکسان که توسط تجهیزات موجود می تواند تست گردد، تقسیم گردد. هر نمونه از سِت (Set) باید تست شده و الزامات QW-153 را بر آورده نماید.

برای لوله ای که قطر خارجی آن (75mm) .in 3 یا کمتر است، نمونه های با مقطع کاهش داده شده که با الزامات ارائه داده شده در QW-462.1(c) مطابقت داشته باشد می تواند برای تستهای کششی مورد استفاده قرار گیرد.

- QW-151.3 - Turned Specimens

– نمونه های با مقطع گرد : نمونه های با مقطع گرد که با الزامات ارائه شده در شکل QW-462.1(d) مطابقت دارند می توانند برای تستهای کششی مورد استفاده قرار گیرند.

(a)- برای ضخامتهای (25mm) .in 1 و کمتر، یک نمونه گرد تکی می تواند برای هر تست کششی مورد استفاده قرار گیرد. این نمونه باید دارای بزرگترین قطر D ممکن از شکل QW-462.1(d) برای ضخامت تست کوپن باشد.

[بر طبق Note (a) از شکل QW-462.1(d)]

(b)- برای ضخامتهای بیشتر از (25mm) .in 1 چند نمونه باید از کل ضخامت جوش تهیه شود، بطوریکه محور مرکزی آنها موازی سطح فلز بوده و بیشتر از یک اینچ از هم فاصله نداشته باشند. فاصله محور مرکزی نمونه های مجاور سطوح دو طرف فلز نباید بیشتر از $\frac{5}{8}$ in. (16 mm) از این سطوح فاصله داشته باشد.

(c)- وقتیکه نمونه های چند تایی استفاده می شود، هر سِت (Set) باید یک نمونه‌ی تست کشش تکی را نمایندگی کند. جمعاً تمامی نمونه های لازم برای نمایندگی ضخامت کامل جوش در یک نقطه باید مشتمل بر یک سِت (Set) باشند.

(d)- هر نمونه‌ی سِت (Set) باید تحت آزمایش قرار گرفته و الزامات QW-153 را برآورده نماید.

- QW-151.4 Full-Section Specimens for Pipe

– نمونه های با ضخامت کامل برای لوله : نمونه های کششی که با ابعاد ارائه شده در شکل QW-462.1(e) مطابقت داشته باشند می توانند برای تست لوله هایی با قطر (75mm) .in 3 و کمتر مورد استفاده قرار گیرند.

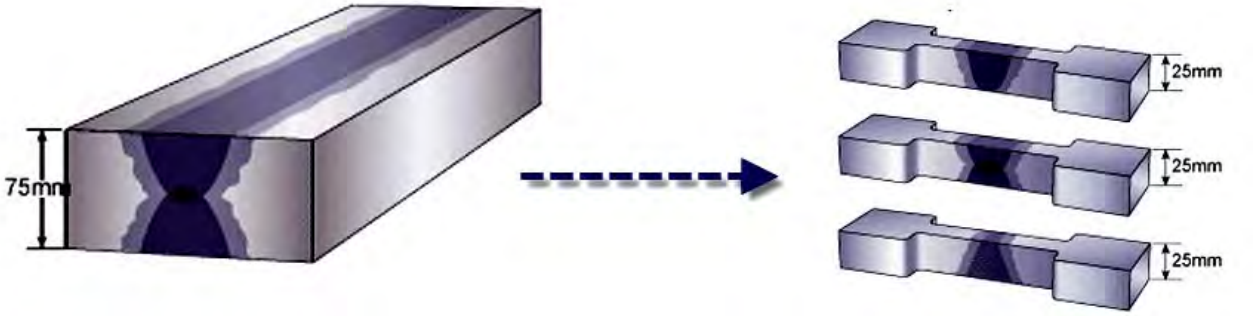
اتمام پاراگراف QW-151

از پاراگراف QW-151 می توان موارد زیر را نتیجه گرفت:

۱- نمونه هایی به عنوان مثال برای قطعات تست کشش در (شکلهای QW-462.1(e) ~ QW-462.1(a)) مشخص شده است که برای تهیه قطعات تست بسیار راهنمای مفیدی می باشد.

۲- نمونه هایی از ورق یا لوله که دارای ضخامت بیشتر از (25mm) .in 1 می باشند برای انجام تست کشش می توان به قطعات کوچکتر که امکان انجام تست را دارا می باشند، تقسیم کرد. مثلاً اگر ضخامت ورق ۷۵ میلیمتر باشد مطابق مراحل زیر عمل می شود:

در صورتی که دستگاه تست کشش توانایی تست قطعه‌ی با ضخامت ۲۵ میلیمتر را داشته باشد قطعه اصلی را به سه قسمت ۲۵ میلیمتری تقسیم می کنیم. (لازم به ذکر است که قطعات ۲۵ میلیمتری بصورت پله کانی از قطعه‌ی ۷۵ میلیمتری برش داده می شود. برای اینکه قطعات دقیقاً ۲۵ میلیمتری باشند باید به Overlap ها دقت کرد.)



شکل-۴۲۰ : روش تقسیم یک ورق ۷۵ میلیمتری به ۳ قطعه‌ی ۲۵ میلیمتری

در مثال فوق قطعه اصلی ۷۵ میلیمتری به سه قسمت ۲۵ میلیمتری تقسیم شده است در این مثال واژهٔ سِت (Set) به این سه قطعه اطلاق می شود اما ممکن است در قطعات مختلف تعداد قطعات هر سِت (Set) متفاوت باشد. در این مثال قطعات هر سِت (Set) نمایندهٔ قطعه‌ی اصلی می باشند. بنابراین نتایج تست هر قطعه باید شرایط قبولی قطعه‌ی اصلی را داشته باشد.

***- QW-152 Tension Test Procedure

– روش تست کشش : نمونه‌ی تست کشش باید تحت نیروی کششی گسیخته شود، استحکام کششی باید از تقسیم کردن بار (نیرو) نهایی بر کوچکترین مساحت سطح مقطع نمونه که عملاً قبل از اعمال نیرو محاسبه گردیده، محاسبه گردد.

*- Tensile Test

*- چگونگی انجام تست کشش

■- توضیحات چگونگی انجام تست از کتاب "آشنایی با متالورژی فیزیکی تالیف: س.ه.اونر ترجمه مهندس علی اکبر آهنی" برداشت شده است. البته شکل مورد بحث از اینترنت گرفته شده است و از شکلهای کتاب مذکور استفاده نشده است.

خواص کششی: خواصی که ممکن است بوسیله‌ی آزمون، کشش تعیین شوند عبارتند از:

***- حدّ تناسب**

***- حدّ الاستیک**

***- نقطه‌ی تسلیم**

***- استحکام تسلیم**

***- استحکام نهایی**

***- استحکام شکست**

***- نرمی**

***- حدّ تناسب: برای خیلی از مواد ساختمانی قسمت ابتدایی منحنی تنش-کرنش تقریباً یک خط راست است (در شکل شماره‌ی ۴۲۲ خط بین نقطه‌ی ۱ و ۲) خط بین نقطه‌ی ۱ و ۲، در این محدوده تنش و کرنش با یکدیگر متناسب هستند، بطوریکه افزایش تنش موجب افزایش متناسب در کرنش خواهد بود. تنش در نقطه‌ی ۲ بنام حد تناسب معروف است. (محدودهٔ بین نقطه‌ی ۱ و ۲ در واقع محدودهٔ الاستیک نامیده می شود.)**

***- حدّ الاستیک: اگر نیروی اندکی بر نمونه اعمال شود با برداشتن نیرو، انبساط سنج دوباره به صفر بر می گردد، این بدین معنی است که کرنش حاصل از نیرو، الاستیک است. اگر نیرو بطور مداوم افزایش یافته و بعد از هر افزایش رها شود و انبساط سنج نیز بازدید شود، نقطه ای خواهد رسید که در آن انبساط به صفر بر نخواهد گشت. این نشان می دهد که حالا ماده یک تغییر شکل دائمی دارد. بنابر این می توان حدّ الاستیک را بعنوان حداقل تنشی که در آن اولین بار تغییر شکل دائمی رخ می دهد تعریف کرد. برای اغلب مواد ساختمانی حدّ الاستیک از نظر مقدار عددی تقریباً با حد تناسب برابر است.**

***- نقطه‌ی تسلیم: بعد از حدّ الاستیک، با افزایش بار، تنش به نقطه ای می رسد که در آن، نمونه بدون افزایش نیرو به تغییر شکل خود ادامه می دهد. این نقطه را نقطه تسلیم می نامند.**

***- استحکام نهایی: با افزایش بار روی قطعه‌ی آزمایشی، تنش و کرنش بیشتر افزایش می یابد، تا اینکه در نقطه‌ی ۳ (در شکل ۴۲۲) تنش به حداکثر مقدار می رسد. بنابراین استحکام نهایی یا استحکام کششی، حداکثر**

تنش لازم بر مبنای سطح مقطع اولیّه است. هنگامی که تنش به مقدار استحکام نهایی می رسد یک ماده‌ی ترد می شکند.

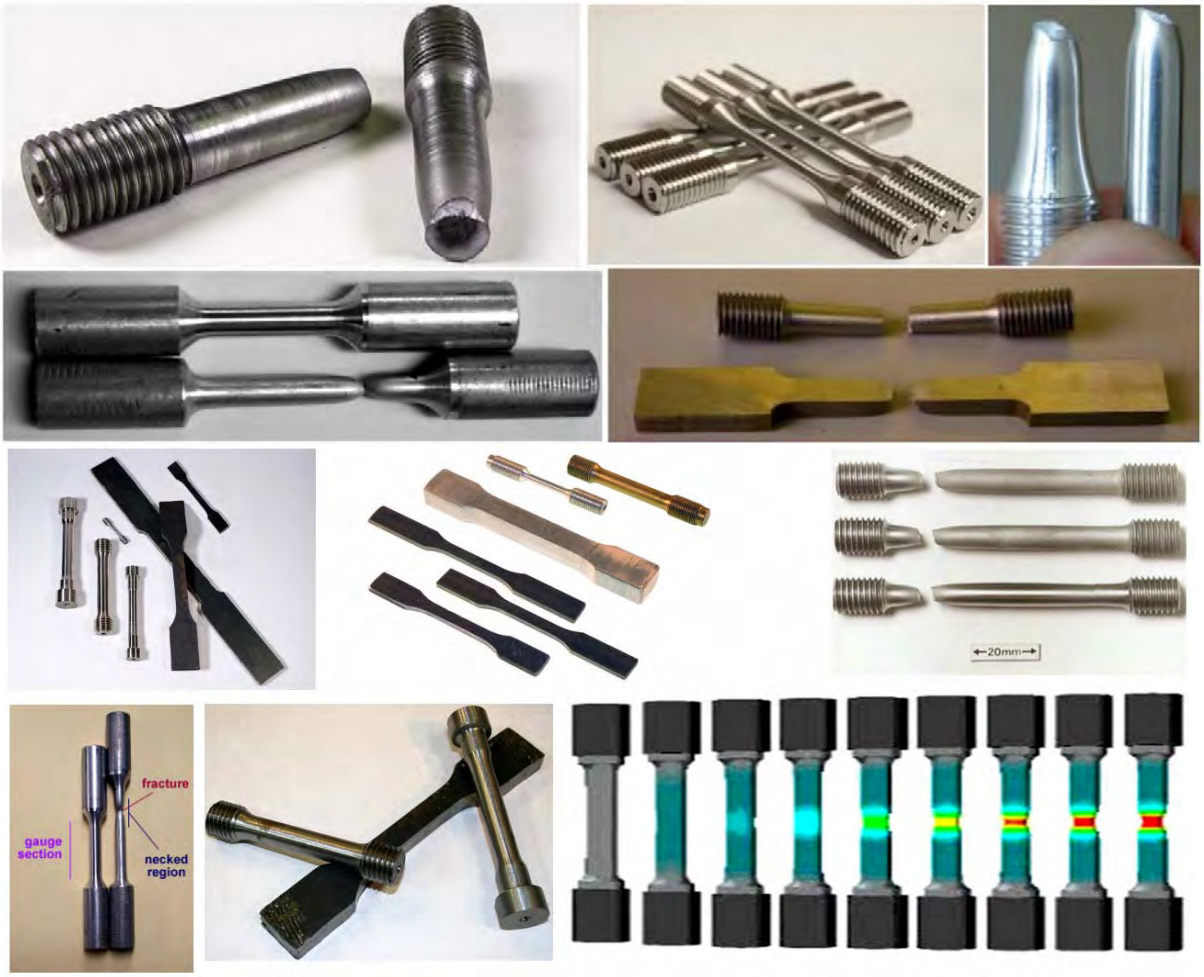
(نقطه‌ی ۴ در شکل ۴۲۲) در حالیکه یک مادۀ نرم به تغییر شکل و ازدیاد طول ادامه می دهد.

***- استحکام شکست: برای یک مادۀ نرم، تا استحکام نهائی، تغییر شکل در طول نمونه‌ی آزمایشی یکنواخت است. در تنش ماکزیمم، تغییر شکل موضعی یا گلویی شدن در نمونه رخ می دهد، و با کاهش سطح مقطع مقدار بار کاهش می یابد. گلویی شدن یک تغییر شکل غیر یکنواخت است و بسرعت تا نقطه‌ی شکست اتفاق می افتد. (شکل ۴۲۲)**

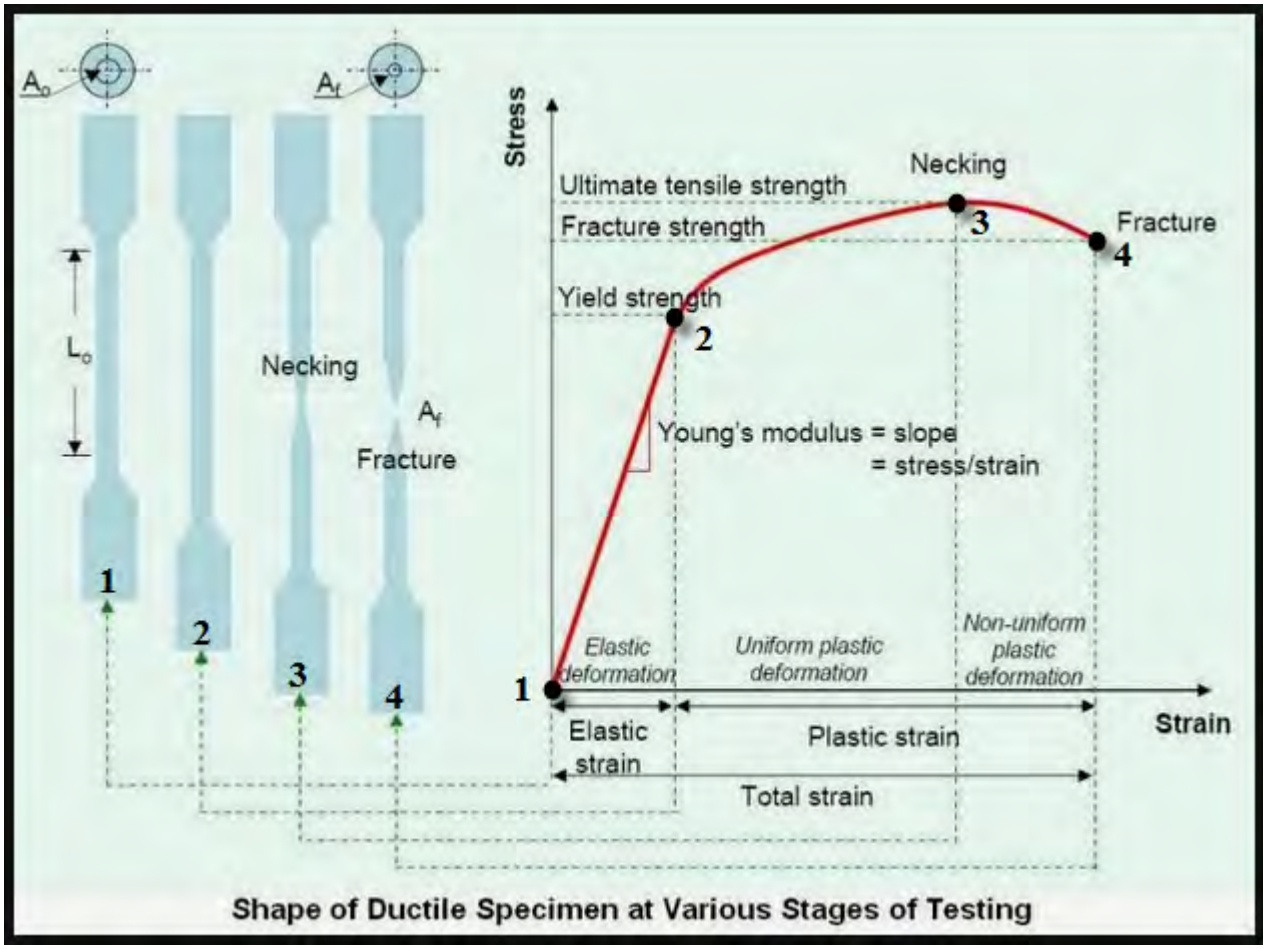
استحکام شکست (نقطه‌ی ۴ در شکل ۴۲۲) که با تقسیم بار شکست بر سطح مقطع اولیّه تعیین می شود، همیشه کمتر از استحکام نهایی است. در یک مادۀ سخت، استحکام نهایی و استحکام شکست روی هم منطبق می شوند.

***- نرمی: نرمی یک ماده بوسیله‌ی مقدار تغییر شکل ممکن تا مرحله‌ی شکست نشان داده می شود، و در آزمون کشش با دو اندازه گیری تعیین می شود:**

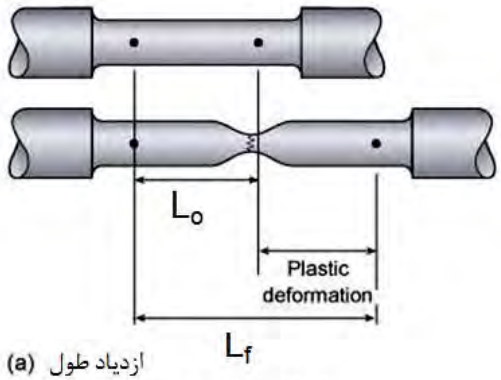
ازدیاد طول: این مقدار بوسیله‌ی سر هم گذاشتن دو قطعه نمونه، بعد از شکست، و اندازه گیری فاصله بین دو نقطه علامت گذاری شده در طول مؤثر نمونه تعیین می شود.



شکل-۴۲۱ : نمونه هایی از قطعات کشش قبل از شکست و بعد از آن



شکل-۴۲۲ : نمودار مراحل تست کشش



(a) ازدیاد طول

انعطاف پذیری (نرمی)

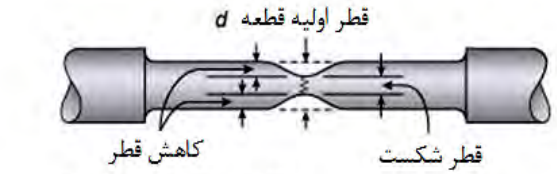
$$\text{ازدیاد طول (درصد)} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

که در آن

L_f = طول مؤثّر نهائی

L_o = طول مؤثر اولیّه، معمولاً ۲ اینچ

کاهش سطح مقطع: این مقدار نیز با اندازه گیری کوچکترین سطح مقطع نیمه های شکسته شده نمونه بعد از آزمایش کشش و استفاده از فرمول زیر تعیین می شود.



کاهش در سطح مقطع (b)

انعطاف پذیری (نرمی)

$$\text{کاهش سطح مقطع (درصد)} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

که در آن

A_o = سطح مقطع اولیّه نمونه

A_f = سطح مقطع نهایی نمونه است.

-*** QW-153 - Acceptance Criteria Tension Tests

ضوابط پذیرش آزمایشهای کشش

-* QW-153.1 - Tensile Strength

استحکام کشش : حداقل مقدار استحکام کشش برای تهیه‌ی PQR در زیر ستونی تحت عنوان حداقل استحکام کششی مشخص شده "Minimum Specified Tensile" بر حسب ksi جدول QW/QB-422 آورده شده است. برای اینکه یک تست کششی قبول شود، استحکام کششی نمونه نباید کمتر از موارد زیر باشد:

(a)- حداقل استحکام کششی مشخص شده‌ی فلز مبنا، یا

(b)- حداقل استحکام کششی مشخص شده‌ی فلز مبنای ضعیف تر، چنانچه فلزات مبنا دارای حداقل استحکام کششی متفاوتی باشند، یا

(c)- حداقل استحکام کششی مشخص شده‌ی فلز جوش، زمانیکه Section مورد استفاده مقرر می دارد که استحکام فلز جوش در دمای اطاق کمتر از فلز مبنا باشد.

(d)- اگر نمونه در قسمت فلز مبنا و خارج از جوش یا محل تلاقی فلز جوش و فلز مبنا بریده شود، تست را می توان به عنوان اینکه الزامات را برآورده نموده، قبول نمود مشروط بر آنکه استحکام بیشتر از 5%، از حداقل استحکام کششی مشخص شده کمتر نباشد

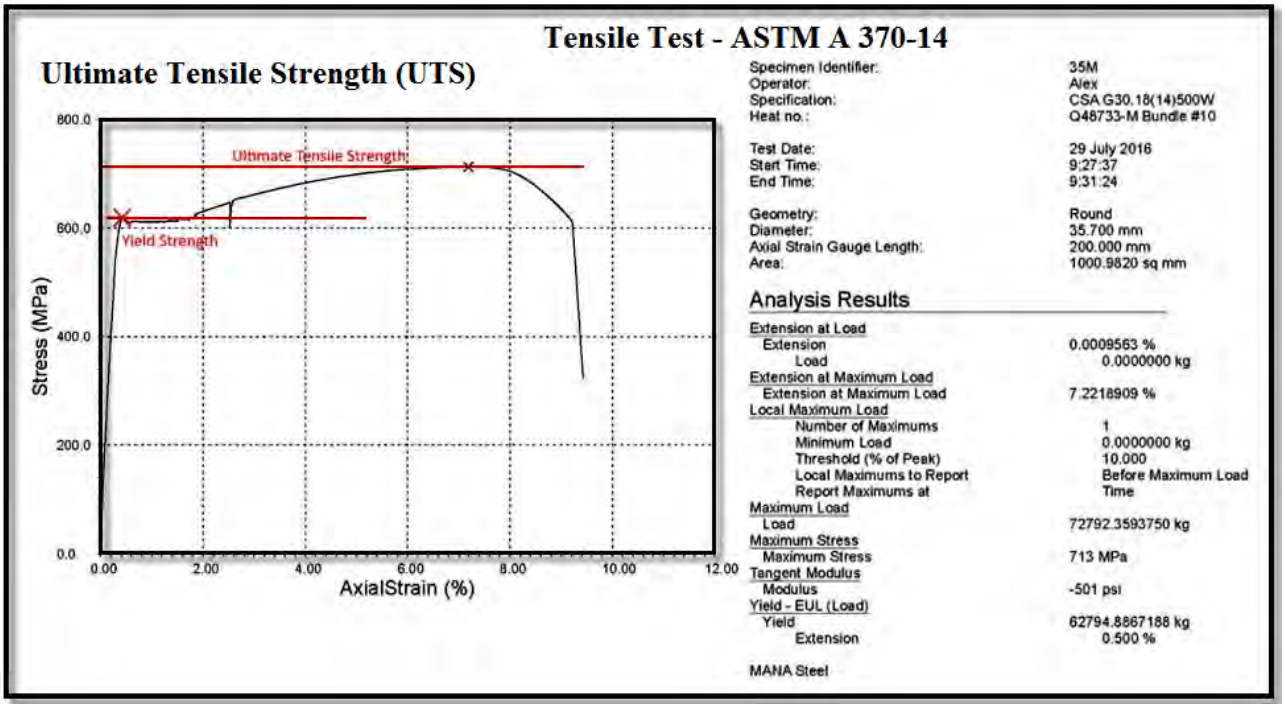
(e)- حداقل استحکام کششی مشخص شده، برای ضخامت کامل نمونه های کمتر از ½ in. (13 mm) شامل Cladding متریالهای آلومینیوم Aluminum Alclad با (P-No. 21 through P-No. 23) می باشد. برای متریالهای آلومینیوم Aluminum Alclad با ضخامت ½ in. (13 mm) و بیشتر، حداقل استحکام کششی مشخص شده برای نمونه های با ضخامت کامل شامل Cladding ها و همچنین برای نمونه هایی که از درون قطعه تهیه شده اند، می باشد.

امروزه با استفاده از دستگاههای پیشرفته، تستهای مکانیکی با سرعت و کیفیت بیشتری انجام می شوند. با بکار گیری فن آوری اطلاعات و کامپیوتر با توجه به اطلاعات موجود در حافظه‌ی این سیستمها با پردازش سریع در کوتاهترین زمان محاسبات لازم انجام می شود و نتایج با کمترین خطا ارائه می شود. فقط لازم است که اطلاعات اولیّه قطعه بصورت Data به دستگاه داده شود.

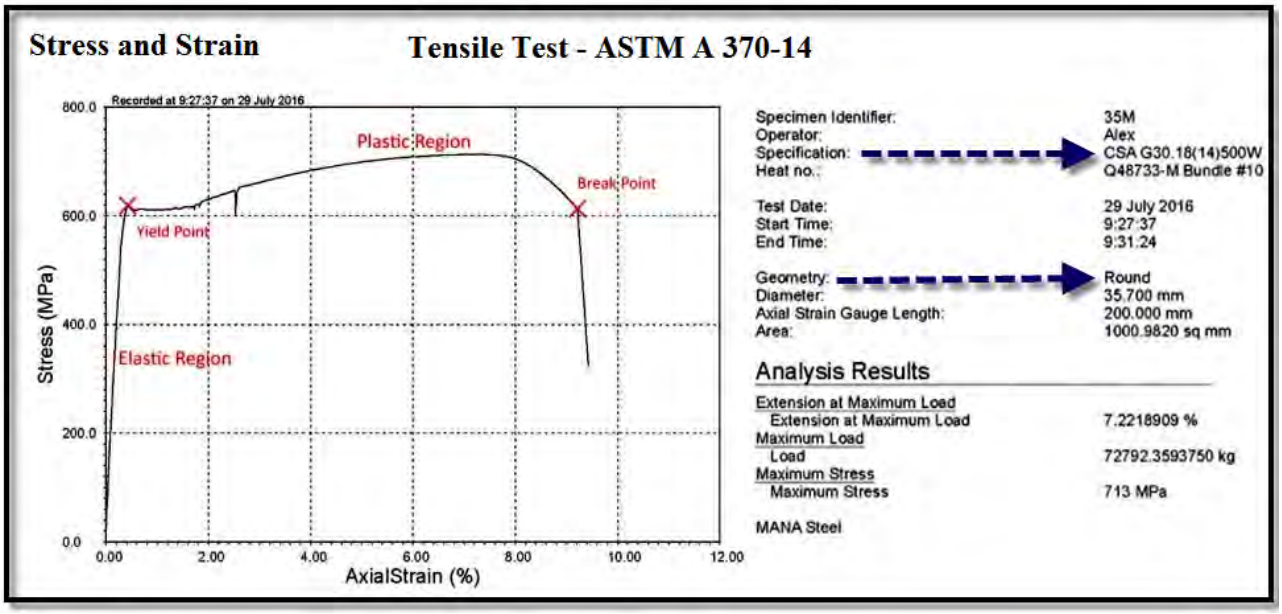
نمونه هایی از دستگاه های پیشرفته تمام اتوماتیک تستهای مکانیکی

شکل-۴۲۳ : نمونه هایی از دستگاه کشش

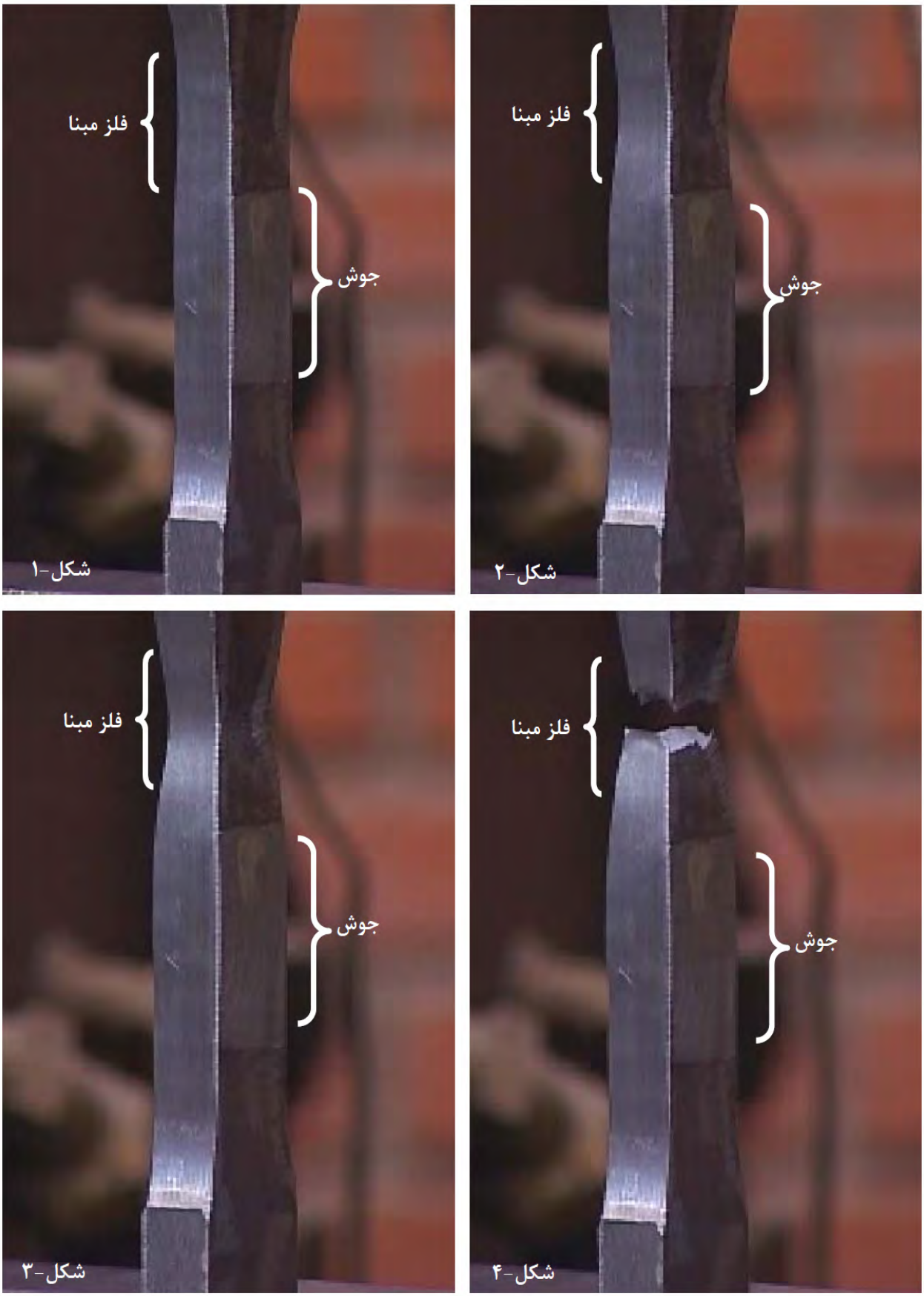
عکس زیر نمونه ایی از این سیستمهاست که نتیجه عملیات انجام تست کشش را بصورت اطلاعات و نمودار بر روی مانیتور سیستم به نمایش گذاشته است.



شکل-۴۲۴ : ثبت و ارائهٔ نتایج تست کشش Ultimate Tensile Strength (UTS) بوسیله کامپیوتر



شکل-۴۲۵ : ثبت و ارائهٔ نتایج تست کشش (Stress and Strain) بوسیله کامپیوتر



شکل-۴۲۶ : مراحل تست کشش

Typical Laboratory Result of Tension Test

مرکز پژوهش متالورژی رازی (سهامی خاص)

گزارش نتایج آزمون

APG-PQR-001

درخواست کننده: آریا پژو گاز

نشانی: قرمانیه خ شهید عسگریان بن بست پاس پ ۲ عد

نام قطعه یا نمونه: IN-APG-PQR-005, SEP-APG-PQR-PQR001, Base Metal: API 5L Grade B, 20"*12.7mm

شماره مرجع مشتری: PGG/U106/588/562

شرایط آزمایش: دما: 25 °C رطوبت: ۴۱٪ نمونه گیری توسط مشتری انجام گرفته است

آزمایش انجام شده در محدوده دامنه گرامیمتر استاندارد ISO/IEC 17025 قرار دارد.

تاریخ: ۱۳۸۹/۱/۲۵ شماره قرارداد: ۱-۱۰۶۸ شماره درخواست: ۱۳۸۸/۰۱/۱۰ تاریخ دریافت نمونه: ۱۳۸۸/۰۱/۱۰

پیوست: تاریخ تایید مالی: ۱۳۸۸/۰۱/۲۱

شماره ویرایش: ۰ تاریخ انجام آزمون: ۱۳۸۸/۰۱/۲۳

شماره صفحه: ۲ از ۲

آزمون کشش در دمای محیط

Mat. API 5L-Gr.B

استاندارد مرجع آزمون: ASME SEC IX (2007)

نوع مقطع آزمایش: تخت

ردیف	موقعیت یا محل نمونه برداری	ضخامت و عرض A*B (mm)*(mm)	سطح مقطع S_0 (mm^2)	استحکام Proof 0.2% Offset R_t MPa	استحکام نهایی R_m MPa	محل وقوع شکست
۱	TT6	18.98*11.14	211.44	425	504	BM
۲	TT12	18.95*11.07	209.78	417	513	BM

نتایج حاصل گزارش با برچسب مولرگرام مورد تایید این مرکز است مرکز پژوهش متالورژی رازی هیچگونه مسئولیتی در مورد نظارتی نام نمونه با نتایج ارائه شده ندارد. مالکیت نمونه های مورد آزمون تا مدت یک ماه پس از صدور گزارش برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است

نتایج حاصل گزارش با برچسب مولرگرام مورد تایید این مرکز است مرکز پژوهش متالورژی رازی هیچگونه مسئولیتی در مورد نظارتی نام نمونه با نتایج ارائه شده ندارد. مالکیت نمونه های مورد آزمون تا مدت یک ماه پس از صدور گزارش برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است

نتایج فوق تنها برای نمونه های مورد آزمون قابل استناد است

بازبینی رئیس آزمایشگاه

لغاً در صورت وجود هرگونه ابهام در محتوای گزارش و یا بیان به کتب اطلاعات بیشتر، مراتب را به صورت مکتوب به مدیر آزمایشگاه اعلام فرمایید تا در اسرع وقت پاسخگو باشیم.

Email:Pdavami@razi-center.net (۰۲۱) ۴۸۵۱۵۵۳۳ تلفن: ۳۶۸۴۳۷۷۱ و (۰۲۱) ۴۸۴۳۱۵۹۷ دورنگار: (۰۲۱) ۴۸۴۳۱۵۹۷ (۱۰ خط) شناسی: تهران، کیلومتر ۲۱ جاده مخصوص کرج، روبروی شرکت خصوصی، خیابان سوم، پلاک ۱۵

Website: www.razi-center.

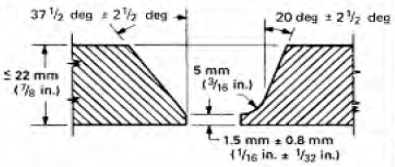
شکل-۴۲۷ : نمونه فرم نتیجه‌ی تست کشش از آزمایشگاه

Typical PQR Result of Tension Test

PROCDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)
((ASME Sec. IX -2010))

PQR NO : APG-PQR-ASME-001 Rev. 0
Date of Performance: APG-PQR-001
Date of Issue:
Welding process GTAW + SMAW
Type ■ Manual ☐ Machine ☐ Automatic
☐ Semi-Automatic

JOINTS(QW-402)



BASE METALS (QW-403)

Material Spec:	API 5L
Type or Spec:	Gr. B
P-No 1 Gr-No 1	to P-No. 1 Gr-No 1
Thickness of Test Coupon	12.7mm
Diameter of Test Coupon	pipe 20 Inch
Other	N/A

FILLER METALS (QW-404)

SFA Specification	A5.18 / A5.1
AWS Classification	ER70S-6 / E7018
F-No	6 /4 A-No 1/1
Trade Name/	T50(JIS YGT 50)-K 7018(JIS D5016)
Size	ø 2.4 /2.5 / 3.2 / 4mm
Deposit Thickness	GT up to 4.5 mm SM up to 8.2 mm
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position of Groove	5G
Welding Progression	Uphill

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temp. 37◦C inter-pass Temp. Max 246 ◦C

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature : N/A Holding Time : N/A
Heating rate : N/A
Cooling rate : N/A

GAS(QW-408)

	Gases	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate
Shielding	Argon	99.99%	(9~10) lit/min
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current Polarity:	As Per The Next Page
Amps.	As Per The Next Page
Volts	As Per The Next Page
Tungsten Electrode	1.6~2.4mm-EWTh-2
Other	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

Travel Speed:	As Per The Next Page
String or Weave Bead	Both
Oscillation:	N/A
Multi or Single Pass(per side)	Multipass
Single or Multiple Electrodes	Single
Other	N/A

GUIDED - BEND TESTS (QW-160)

Type and Figure No.		Result
Side Bend (Tension Test)	1	ACC
Side Bend	2	ACC
Side Bend	3	ACC
Side Bend	4	ACC

TENSILE TESTS (QW-150)

Specimen No	Dimension	Area (mm²)	Ultimate (N)	Y.S (N/mm²)	UTS (N/mm2)	Location of Failure	Result
TT6	18.98*11.14	211.44	106566	425	504	Base Metal	ACC
TT12	18.95*11.07	209.78	107617	417	513	Base Metal	ACC

TOUGHNESS / IMPACT TEST (QW-170)

specimen NO.	Notch Location	Specimen size(mm)	test tmp.(°c)	lateral expansion (mm)	average	Absorbed energy(j)	ave (J)	result acc/rej

N/A

OTHER TESTS

Type of test	Result		Remark
Macro Test	■ Accept	☐ Reject	As Attached
Hardness Test	■ Accept	☐ Reject	Max. Value: 195 HV5
Microstructure	■ Accept	☐ Reject	As Attached
Radiography Test	■ Accept	☐ Reject	As Attached
Welder Name and ID	Akbar Safari : PW-0149 Ghorban Ali Abbassi : PW-0289		

Note - 1) Base metal heat No. 288419
-2) Welding Consumable Lot No. SA20647/ SF1083

SUBCONTRACTOR	CONTRACTOR	TPA / COMPANY
NAME :	NAME :	NAME :
SIGN :	SIGN :	SIGN :
DATE :	DATE :	DATE :

جدول-۴۲۸ : نمونه فرم PQR

پس از تأیید نتیجه‌ی آزمایش می بایست نتایج تست را در فرم مربوط به شرکت مجری وارد کرد. برای این کار اعداد ارائه شده از طرف آزمایشگاه در فرمت مربوط به PQR وارد می شود اما ممکن است عدد نیروی وارده به قطعات را آزمایشگاه در گزارش قید نکند برای محاسبهٔ این عدد کافی است عدد مربوط به UTS (N/mm^2) را در عدد مساحت سطح مقطع ضرب کنیم نتیجه عدد نیروی وارده به قطعه است که بر اساس آن نیرو، شکست در قطعه ایجاد شده است.

برای محاسبهٔ بصورت زیر عمل می کنیم:

۱- مساحت قطعه را محاسبه می کنیم:

TT6 - 18.98mm x 11.14mm = 211.44mm^2
TT12 -18.95mm x 11.07mm = 209.78mm^2

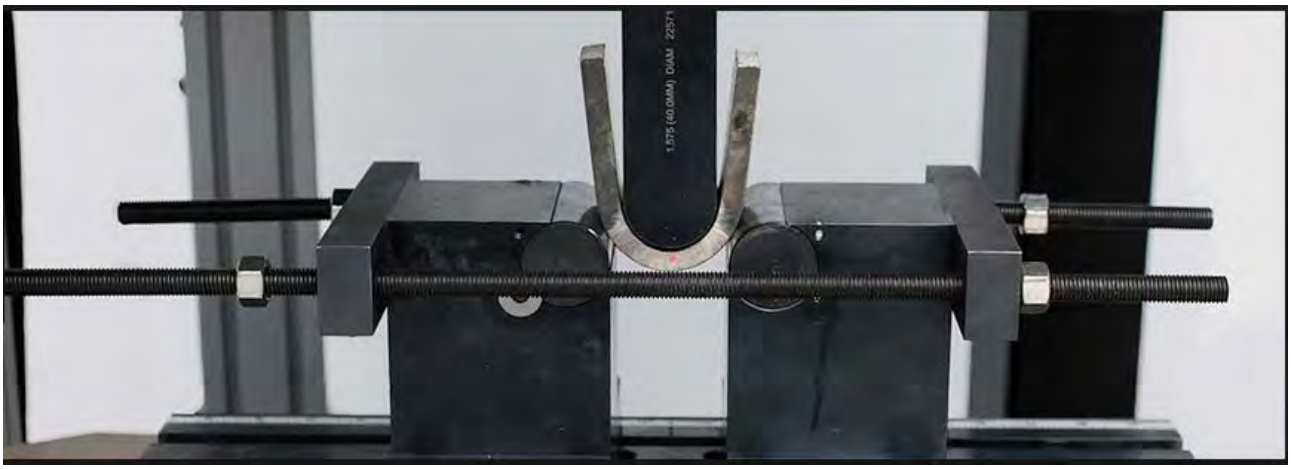
۲- عدد مربوط به UTS (N/mm^2) را در عدد مساحت سطح مقطع ضرب کنیم:

TT6 - 211.44 mm^2 x 504 N/mm^2 = 106566N
TT12 - 209.78 mm^2 x 513 N/mm^2 = 107617N

عدد حاصل همان مقدار نیروی وارده به قطعه مورد آزمایش است.

٭- Bend Test

- آزمایش خمش



شکل-۴۲۹ : نمونه ایی از دستگاه آزمایش خمش

٭- QW-141.2- Guided - Bend Test

- تستهای خمش هدایت شده : تستهای خمش که در QW-160 شرح داده شده اند برای تعیین درجهٔ سلامتی و شکل پذیری اتصالات جوش شیاری بکار برده می شوند.

٭٭٭- QW-160 - Transverse-Bend

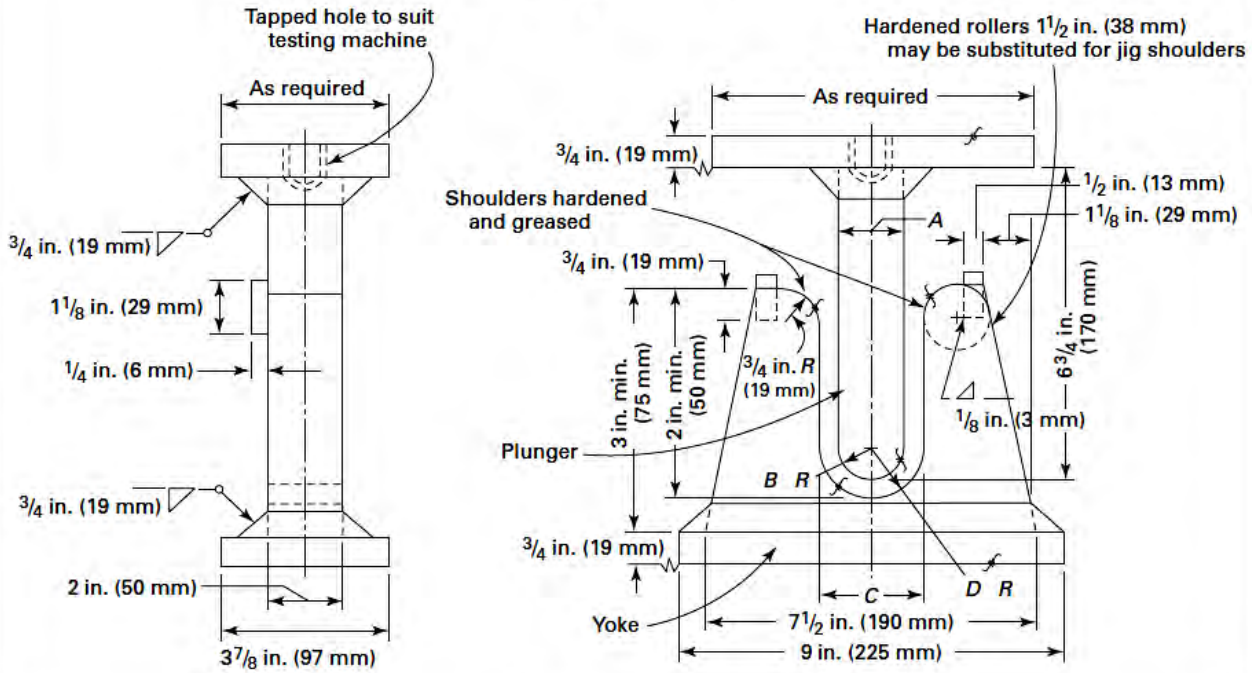
- آزمایش عرضی خمش

٭٭٭- QW-161 – Specimens

– نمونه ها : نمونه های تستهای خمش هدایت شده باید با بریدن ورق یا لوله‌ی تست برای تشکیل نمونه هایی باسطح مقطع مستطیلی تهیه گردد. سطوح برش به عنوان جوانب (پهلوهای) نمونه بر گزیده می شوند. دو سطح دیگر باید سطح سمت رو (Face surface) و سطح سمت ریشه (Root surface) نامیده شود. در سطح سمت رو پهنای جوش بیشتر است. ضخامت نمونه و شعاع خمش در شکل های QW-466.3 ,QW-466.2 ,QW-466.1 نشان داده شده اند. برای موادی با کشیدگی کمتر از ۳٪ ، از نمونه ماکرو اچ بجای تست خمش در هر موقعیت تست خمش استفاده شود. معیارهای پذیرش باید مطابق با QW-183 (a) باشد. شکل QW-466.3 روش پیشنهادی برای تست جوشکاری های آلومینیومی را نشان می دهد. نمونه

های تستهای خمش هدایت شده بسته به اینکه محور جوش عمود و یا موازی با محور نمونه باشد و کدام سطح (پهلویی، روئی یا ریشه) در قسمت محدب (خارجی) نمونه‌ی تست قرار دارد پنج نوع می باشند. این پنج نوع به شرح زیر تعریف شده اند.

Figure QW-466.1
Test Jig Dimensions



U.S. Customary Units

Material	Thickness of Specimen, *t*, in.	*A*, in.	*B*, in.	*C*, in.	*D*, in.
P-No. 23 to P-No. 21 through P-No. 25; P-No. 21 through P-No. 25 with F-No. 23 or 26; P-No. 35; any P-No. metal with F-No. 33, 36, or 37	1/8 Less than 1/8	2 1/16 16 1/2 *t*	1 1/32 8 1/4 *t*	2 3/8 18 1/2 *t* + 1/16	1 3/16 9 1/4 *t* + 1/32
P-No. 11A, P-No. 11B; P-No. 25 to P-No. 21 or P-No. 22 or P-No. 25	3/8 Less than 3/8	2 1/2 6 2/3 *t*	1 1/4 3 1/3 *t*	3 3/8 8 2/3 *t* + 1/8	1 11/16 4 1/3 *t* + 1/16
P-No. 51; P-No. 49	3/8 Less than 3/8	3 8*t*	1 1/2 4*t*	3 7/8 10*t* + 1/8	1 15/16 5*t* + 1/16
P-No. 52; P-No. 53; P-No. 61; P-No. 62	3/8 Less than 3/8	3 3/4 10*t*	1 7/8 5*t*	4 5/8 12*t* + 1/8	2 5/16 6*t* + 1/16
All others with greater than or equal to 20% elongation	3/8 Less than 3/8	1 1/2 4*t*	3/4 2*t*	2 3/8 6*t* + 1/8	3/16 3*t* + 1/16
Materials with 3% to less than 20% elongation	[Note (1)]	32 7/8 *t* max.	16 7/16 *t* max.	*A* + 2*t* + 1/16 max.	1/2 *C* + 1/32 max.

شکل-۴۳۰ : جدول QW-466.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

Figure QW-466.1
Test Jig Dimensions (Cont'd)

SI Units

Material	Thickness of Specimen, t, mm	A, mm	B, mm	C, mm	D, mm
P-No. 23 to P-No. 21 through P-No. 25; P-No. 21 through P-No. 25 with F-No. 23 or 26; P-No. 35; any P-No. metal with F-No. 33, 36, or 37	3	50	25	57	29
	Less than 3	$16\frac{1}{2}t$	$8\frac{1}{4}t$	$18\frac{1}{2}t + 1.6$	$9\frac{1}{4}t + 0.8$
P-No. 11A, P-No. 11B; P-No.25 to P-No. 21 or P-No. 22 or P-No. 25	10	67	33	90	45
	Less than 10	$6\frac{2}{3}t$	$3\frac{1}{3}t$	$8\frac{2}{3}t + 3.2$	$4\frac{1}{3}t + 1.6$
P-No. 51; P-No. 49	10	80	40	103	52
	Less than 10	$8t$	$4t$	$10t + 3.2$	$5t + 1.6$
P-No. 52; P-No. 53; P-No. 61; P-No. 62	10	100	50	123	62
	Less than 10	$10t$	$5t$	$12t + 3.2$	$6t + 1.6$
All others with greater than or equal to 20% elongation	10	40	20	63	32
	Less than 10	$4t$	$2t$	$6t + 3.2$	$3t + 1.6$
Materials with 3% to less than 20% elongation	[Note (1)]	$32\frac{7}{8}t$ max.	$16\frac{7}{16}t$ max.	$A + 2t + 1.6$ max.	$\frac{1}{2}C + 0.8$ max.

GENERAL NOTES:
(a) For P-Numbers, see QW/QB-422; for F-Numbers, see QW-432.
(b) For guided-bend jig configuration, see QW-466.2, QW-466.3, and QW-466.4.
(c) The weld and heat-affected zone, in the case of a transverse weld bend specimen, shall be completely within the bend portion of the specimen after testing.
(d) When the bending properties of the weldment make it unlikely that the requirements of General Note (c) can be met, the wrap around jig shown in Figure QW-466.3 should be considered.

NOTE:
(1) The dimensions of the test jig shall be such as to give the bend test specimen a calculated percent outer fiber elongation equal to at least that of the base material with the lower minimum elongation as specified in the base material specification.

$$\text{percent outer fiber elongation} = \frac{100t}{A + t}$$

The following equation is provided for convenience in calculating the bend specimen thickness:

$$\text{thickness of specimen}(t) = \frac{A \times \text{percent elongation}}{[100 - (\text{percent elongation})]}$$

شکل-۴۳۱ : ادامه جدول QW-466.1 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای جدول QW-466.1

- یادداشتهای کلی:

(a)- برای P-Numbers ها به QW/QB-422 و برای F-Numbers ها به QW-432 نگاه کنید.

(b)- ابعاد جیگ (Jig) تست باید طوری باشد که درصد محاسبه شده‌ی ازدیاد طول رویهٔ بیرونی نمونه‌ی تست خمش حداقل معادل درصد محاسبهٔ شده‌ی ازدیاد طولی رویهٔ بیرونی فلز مبنا با حد پایینی حداقل ازدیاد طول مشخص شده در مشخصات متریال، باشد.

$$\text{در صد ازدیاد طول رویهٔ بیرونی} = \frac{100t}{A + t}$$

فرمول زیر برای راحتی محاسبه‌ی ضخامت نمونه های تست ارائه شده است.

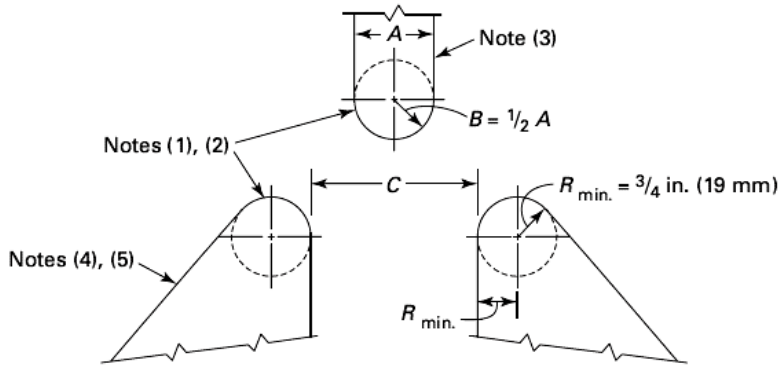
$$\text{ضخامت نمونه } (t) = \frac{A \text{ X در صد ازدیاد طول}}{[100 - \text{در صد ازدیاد طول}]}$$

(c)- برای مشاهدهٔ شکل جیگ (Jig) نمونه های تست خمشی هدایت شده به QW-466.2, 466.3, 466.4 نگاه کنید.

(d)- در نمونه های تست خمش transverse ، جوش و ناحیه متأثر از حرارت جوش باید بعد از خم شدن نمونه بطور کامل در ناحیه‌ی خم شده قرار داشته باشد.

(e)- برای متریال های با درصد ازدیاد طول باشد کمتر از 3% به جای تست خمش باید یک نمونه ماکرواچ در هر یک از محل های تست خمش مورد استفاده قرار گیرد ضوابط پذیرش باید مطابق با QW-183(a) باشد.

Figure QW-466.2
Guided-Bend Roller Jig



GENERAL NOTES:
(a) See Figure QW-466.1 for jig dimensions and general notes.
(b) When the bending properties of the weldment make it unlikely that the requirements of General Note (c) of Figure QW-466.1 can be met, the wrap around jig shown in Figure QW-466.3 should be considered.

NOTES:
(1) Either hardened and greased shoulders or hardened rollers free to rotate shall be used.
(2) The shoulders or rollers shall have a minimum bearing surface of 2 in. (50 mm) for placement of the specimen. The rollers shall be high enough above the bottom of the jig so that the specimens will clear the rollers when the ram is in the low position.
(3) The ram shall be fitted with an appropriate base and provision made for attachment to the testing machine, and shall be of a sufficiently rigid design to prevent deflection and misalignment while making the bend test. The body of the ram may be less than the dimensions shown in column A of Figure QW-466.1.
(4) If desired, either the rollers or the roller supports may be made adjustable in the horizontal direction so that specimens of *t* thickness may be tested on the same jig.
(5) The roller supports shall be fitted with an appropriate base designed to safeguard against deflection and misalignment and equipped with means for maintaining the rollers centered midpoint and aligned with respect to the ram.

شکل-۴۳۲ : شکل QW-466.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای شکل QW-466.2

یادداشتهای کلی : برای ابعاد جیگ و سایر یادداشتهای کلی به QW-466.1 نگاه کنید.

(۱)- با تکیه گاههای سخت کاری شده و گریس اندود شده و یا غلطکهای سخت کاری شده که آزادانه بتوانند بچرخند باید مورد استفاده قرار گیرد.

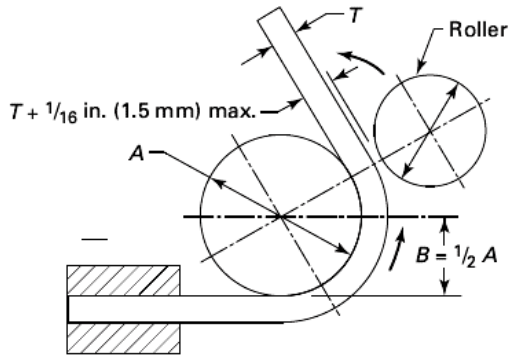
(۲)- تکیه گاهها یا غلطکها باید دارای حداقل 2 in. (50 mm) طول باشند. غلطکها باید به اندازهٔ کافی از انتهای جیگ بالاتر باشند بطوریکه وقتی سنبه در وضعیت پایین قرار می گیرد نمونه ها از غلطکها جداشده باشند.

(۳)- سنبه باید با پایه ای مناسب که برای اتصال به ماشین تست ساخته شده، جور باشد و باید به اندازهٔ کافی محکم بوده تا در حین خمکاری از خم شدن جلوگیری نماید و از تنظیم خارج نشود. بدنهٔ سنبه ممکن است از ابعاد نشان داده شده در ستون A از شکل QW-466.1 کوچکتر باشد.

(۴)- اگر لازم باشد غلطکها و یا نگهدارندهٔ غلطکها می توانند در جهت افقی بصورت قابل تنظیم ساخته شوند بطوریکه نمونه های با ضخامت t بتوانند توسط همان جیگ تست شوند.

(۵)- نگهدارندهٔ غلطکها باید با پایه ای مناسب که برای مقابله در برابر خم شدن و خارج شدن از تنظیمات انجام شده متصل باشد و مجهز به ابزاری برای در مرکز نگه داشتن غلطکها و تنظیم آنها نسبت به سنبه باشد.

Figure QW-466.3
Guided-Bend Wrap Around Jig



GENERAL NOTES:
(a) See Figure QW-466.1 for jig dimensions and other general notes.
(b) Dimensions not shown are the option of the designer. The essential consideration is to have adequate rigidity so that the jig parts will not spring.
(c) The specimen shall be firmly clamped on one end so that there is no sliding of the specimen during the bending operation.
(d) Test specimens shall be removed from the jig when the outer roll has been removed 180 deg from the starting point.

شکل-۴۳۳ : شکل QW-466.3 مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای شکل QW-466.3

(a)- برای ابعاد جیگ و سایر یادداشتهای کلی به QW-466.1 نگاه کنید.

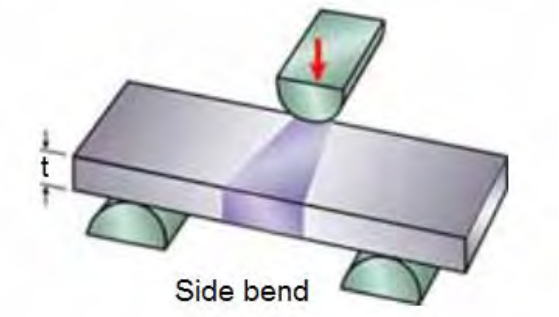
(b)- ابعادی که نشان داده نشده به انتخاب طراح واگذار شده است. هدف اصلی اینست که دارای استحکام کافی باشد بطوریکه اجزاء جیگ حالت فنری نداشته باشند.

(c)- یک انتهای نمونه باید بطور محکم نگاه داشته شود بطوریکه نمونه در زمان عملیات خم کاری جابجا نشود.

(d)- نمونه های تست، باید زمانیکه غلطک خارجی ۱۸۰ درجه از نقطه شروع جابجا شده است از جیگ خارج گردند.

*- QW-161.1 - Transverse Side Bend

- خمش از پهلو Side Bend



زمانیکه محور جوش عمود بر امتداد نمونه باشد (Transverse Side Bend) امتداد جوش عمود بر محور طولی نمونه می باشد و نمونه طوری خم می شود که یکی از سطوح جانبی در سمت محدب نمونه خمش قرار دارد. نمونه های خمش از پهلو باید با ابعاد نشان داده شده در شکل QW-466.2 مطابقت داشته باشند.

زمانیکه ضخامت فلز مبنا معادل 1½ in. (38 mm) یا بیشتر باشد نمونه ها می توانند به صورت تسمه هایی با پهنای تقریبی بین ¾ in. (19 mm) و 1½ in. (38 mm) برای تست تهیه شوند. یا اینکه نمونه ها در ضخامت کامل و از سمت

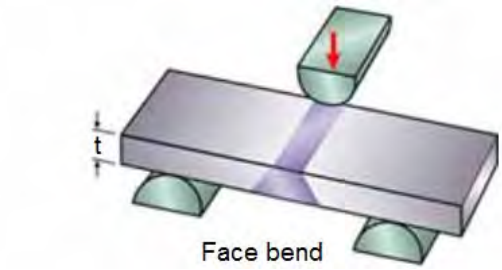
پهلو خم گردند (نگاه کنید به الزامات پهنای Jig در QW-466). اگر نمونه های چند تایی مورد استفاده قرار می گیرند برای هر تست یک سِت (Set) کامل باید تهیه شود. هر نمونه باید تست شده و الزامات QW-163 را برآورده نماید.

*- QW-161.2 Transverse Face Bend

- خمش از سطح رویهٔ جوش Face Bend

- خمش از سطح روئی جوش در حالت Transverse :

زمانیکه جوش عمود بر محور طولی نمونه باشد .Transverse Face Bend



امتداد جوش عمود بر محور طولی نمونه می باشد و نمونه طوری خم می شود که سطح روئی جوش در طرف محدب نمونه‌ی خم شده قرار می گیرد. نمونه های Transverse Face Bend باید با ابعاد نشان داده شده در QW-462.3(a) مطابقت داشته باشند. برای اندازه های کوچکتر به QW-161.4 نگاه کنید.

***- ترجمه‌ی یادداشتهای کلی مربوط به شکل QW-462.3(a)

(a) – گردهٔ جوش و تسمه و یا رینگ پشت بند در صورت وجود، باید تا هم سطح شدن با سطح نمونه برداشته شود. اگر از یک رینگ Recess استفاده شده است، این سطح نمونه باید تا عمقی که از عمق Recess تجاوز ننماید ماشینکاری شود تا رینگ برداشته شود با این استثناء که در چنین مواردی ضخامت تمام شده‌ی نمونه باید مطابق با آنچه در بالا مشخص شده باشد. فلزات غیر آهنی را توسط شعله برشکاری نمی نمایند.

(b) –اگر قطر اسمی لوله ای که تست شده است (DN 100) 4” یا کمتر باشد، پهنای نمونه‌ی تست خمش برای لوله های با قطر (DN 50) NPS 2” تا و (DN 100) 4” می تواند (19 mm) .in ¾ باشد. برای لوله های با قطر (DN 50) NPS 2” به پایین تا منجمله (DN 10) NPS ⅜ پهنای نمونه‌ی تست می تواند (10 mm) .in ⅜ باشد. و به عنوان یک جایگزین اگر قطر لوله ای که باید تست شود معادل (DN 25) NPS 1” یا کمتر باشد پهنای نمونه‌ی تست خمش می تواند به اندازه ای باشد که با برش مقطع نمونه به چهار قسمت بدست می آید. این نمونه ها که از برش مقطع لوله به چهار قسمت بدست می آید لازم نیست که دارای سطح صاف ماشینکاری شده ای مانند آنچه در QW-462.3(b) نشان داده شده باشند. نمونه های تست خمش تهیه شده از تیوبهایی با همین ابعاد، می توانند با این روش مورد استفاده قرار گیرند.

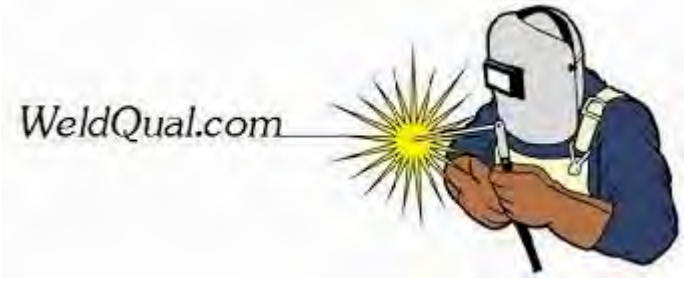
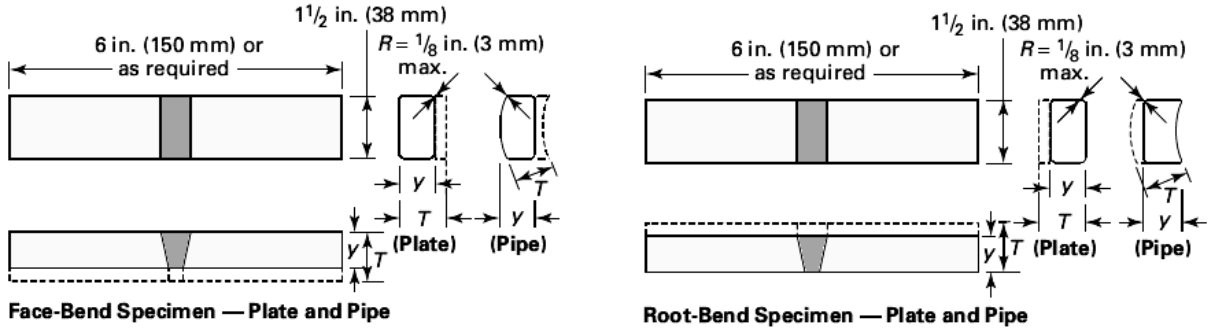


Figure QW-462.3(a)
Face and Root Bends — Transverse



T, in. (mm)	Y, in. (mm) P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	Y, in. (mm) All Other Metals
1/16 < 1/8 (1.5 < 3)	T	T
1/8 – 3/8 (3 – 10)	1/8 (3)	T
>3/8 (10)	1/8 (3)	3/8 (10)

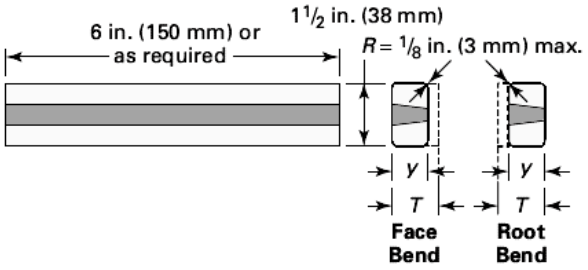
GENERAL NOTES:

(a) Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, may be removed flush with the surface of the specimen. If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Do not flame-cut nonferrous material.

(b) If the pipe being tested has a diameter of NPS 4 (DN 100) or less, the width of the bend specimen may be 3/4 in. (19 mm) for pipe diameters NPS 2 (DN 50) to and including NPS 4 (DN 100). The bend specimen width may be 3/8 in. (10 mm) for pipe diameters less than NPS 2 (DN 50) down to and including NPS 3/8 (DN 10) and as an alternative, if the pipe being tested is equal to or less than NPS 1 (DN 25) pipe size, the width of the bend specimens may be that obtained by cutting the pipe into quarter sections, less an allowance for saw cuts or machine cutting. These specimens cut into quarter sections are not required to have one surface machined flat as shown in QW-462.3(a). Bend specimens taken from tubing of comparable sizes may be handled in a similar manner.

شکل-۴۳۴ : شکل QW-462.3(a) مطابق ASME Sec. IX-2019

Figure QW-462.3(b)
Face and Root Bends — Longitudinal



T, in. (mm)	Y, in. (mm) P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	Y, in. (mm) All Other Metals
1/16 < 1/8 (1.5 < 3)	T	T
1/8 – 3/8 (3 – 10)	1/8 (3)	T
>3/8 (10)	1/8 (3)	3/8 (10)

GENERAL NOTE: Weld reinforcements and backing strip or backing ring, if any, shall be removed essentially flush with the undisturbed surface of the base material. If a recessed strip is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the strip, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above.

شکل-۴۳۵ : شکل QW-462.3(b) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای کلی مربوط به شکل QW-462.3(b)

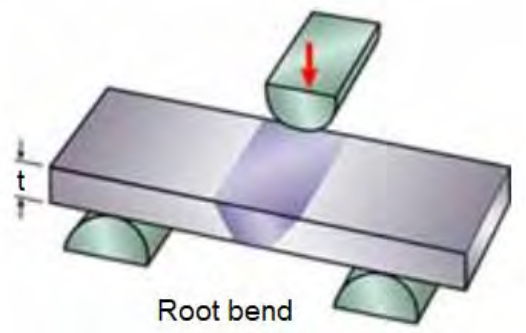
گردۀ جوش، تسمه یا رینگ پشت بند، اگر وجود داشته باشند تا هم سطح شدن با سطح فلز مبنا باید برداشته شود.

اگر از یک تسمه Recess استفاده شده است، این سطح نمونه می تواند تا عمقی که از Recess تجاوز ننماید ماشینکاری شود با این استثناء که در چنین مواردی ضخامت تمام شده‌ی نمونه باید مطابق با آنچه در بالا مشخص شده باشد.

- QW-161.3 Transverse Root Bend

- خمش از سطح ریشه‌ی جوش Root Bend

خمش از سطح سمت ریشه‌ی جوش در حالت Transverse :



هنگامی که امتداد جوش عمود بر محور طولی نمونه باشد .Transverse Root Bend. نمونه طوری خم می شود که سمت ریشه‌ی جوش در طرف محدب نمونه‌ی خم شده قرار می گیرد. نمونه های Transverse Root Bend باید با ابعاد نشان داده شده در QW-462.3(a) مطابقت داشته باشند. برای اندازه های کوچکتر به QW-161.4 نگاه کنید.

- QW-161.4 - Subsize Transverse Face and Root Bends

- تستهای خمش روئی و ریشه‌ی جوش در حالت Transverse برای ابعاد زیر اندازه (Subsize)

نمونه های خمشی گرفته شده از کوپن های لوله با قطر کوچک ممکن است مطابق با یادداشت عمومی (b) از شکل QW-462.3 (a) بصورت subsiz باشند.

- QW-161.5- Longitudinal -Bend

- تست خمش در حالت طولی Longitudinal (زمانیکه محور جوش و محور نمونه‌ی تست هم راستا باشند) ممکن است بجای تستهای خمش جانبی Side Bend خمش روئی Face Bend ، خمش ریشه Root Bend در حالت عرضی (Transverse) برای تست فلز جوش یا ترکیبی از فلزات مبنا انجام شود به شرطی که در خواص خمش بین:

(a) - دو فلز مبنا

(b)- فلز مبنا و فلز جوش

تفاوت قابل ملاحظه ای وجود داشته باشد.

(منظور یعنی زمانی که دو متریال یا بین متریال و فلز جوش از لحاظ ساختاری اختلاف باشد. یا به تعبیری انعطاف هر دو یکسان نباشد یکی نرم و انعطاف پذیر باشد و دیگری تُرد و شکننده، در چنین مواقعی بهتر است که از تست خمشی در حالت Longitudinal گرفته شود.)

- QW-161.6- Longitudinal - Face Bend

- تست خمش از سمت روئی جوش در حالت طولی Longitudinal

در این حالت جوش موازی با محور طولی نمونه می باشد و طوری خم می شود که سطح روئی جوش در طرف محدب نمونه‌ی خم شده قرار می گیرد. نمونه های تست خمش روئی در حالت Longitudinal باید با ابعاد نشان داده شده در QW-462.3(b) مطابقت داشته باشند.

*- QW-161.7- Longitudinal - Root Bend

- تست خمشی از سمت ریشه‌ی جوش در حالت طولی Longitudinal

در این حالت جوش موازی با محور طولی نمونه می باشد و طوری خم می شود که سطح ریشه‌ی جوش در طرف محدب نمونه‌ی خم شده قرار می گیرد. نمونه های تست خمش ریشه‌ی جوش در حالت Longitudinal باید با ابعاد نشان داده شده در QW-462.3(b) مطابقت داشته باشند.

***- QW-162- Guided-Bend Test Procedure

- روش تست در خمش هدایت شده

QW-162.1 - Jigs

- جیگ Jig ها: نمونه های تست خمش هدایت شده باید در جیگ های تست که اساساً مطابق با QW-466 می باشند خم شوند. وقتی که از جیگ های نشان داده شده در شکل های QW-466.1 یا QW-466.2 استفاده می شود، طرفی از نمونه که رو به طرف دهانهٔ جیگ قرار می گیرد برای نمونه های Face Bend باید Face جوش و برای Root Bend باید ریشه‌ی جوش و برای نمونه های Side Bend باید طرفی که دارای بیشترین ناپیوستگی است قرار داده شود. نمونه باید با اعمال نیرو بر روی Plunger داخل قالب وارد شود بطوریکه قوس نمونه به گونه ای گردد که سیمی به قطر $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) نتواند در فاصلهٔ بین نمونه و قالب شکل QW-466.1 وارد شود و یا اگر نوع جیگ مورد استفاده از نوع غلطکی مانند شکل QW-466.2 می باشد نمونه از انتهای قالب خارج گردد.

زمانیکه از جیگ نوع Wrap Around شکل QW-466.3 استفاده می شود، طرفی از نمونه که به طرف غلطک قرار داده می شود باید برای نمونه های Face Bend سطح جوش، برای نمونه های Root Bend ریشه‌ی جوش و برای نمونه های Side Bend باید طرفی که دارای بیشترین ناپیوستگی است قرار گیرد.

زمانیکه نمونه ها عریض تر از $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) هستند باید آنطور که در شکل QW-462.2 ا جازه داده شده خم شوند، سنبهٔ جیگ باید حداقل $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) پهن تر از پهنای نمونه باشد.

ترجمه‌ی: یادداشتهای مربوط به شکل QW-462.2

(1a)- برای PQR متریالهای غیر از P-No. 1 در QW-422 ، اگر سطح نمونه های تست خمش از پهلو، توسط شعله بریده شده باشند، بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) از سطح فلز بریده شده باید توسط ماشین کاری یا سنگ زنی برداشته شود.

(1b)- چنین برداشتی برای متریالهای P-No. 1 لازم نیست ولی هر گونه ناهمواری ناشی از برشکاری باید بوسیله‌ی ماشین کاری یا سنگ زنی بر طرف گردد.

(2)- برای تست جوشکار بر روی تمامی متریالهای آمده در QW-422 ، اگر سطوح نمونه های تست خمش از پهلو توسط شعلهٔ بریده شده است باید هر گونه نا همواری بوسیله‌ی ماشین کاری یا سنگ زنی بر طرف گردد.

یادداشتهای کلی (مربوط به شکل QW-462.2) :

گردهٔ جوش، تسمه و رینگ پشت بند در صورتی که وجود داشته باشند، می توانند تا همسطح شدن با سطح نمونه برداشته شوند. برشکاری توسط حرارت، ماشینکاری یا سنگ زنی و مستقیم کردن نمونه در حالت سرد قبل از برداشتن گرده جوش،مجاز می باشد.

یادداشتها:

(۱)- وقتیکه فلز جوش رسوب یافته t کمتر از ضخامت کوپن T باشد، ضخامت نمونه‌ی تست خمش از پهلو می تواند t باشد.

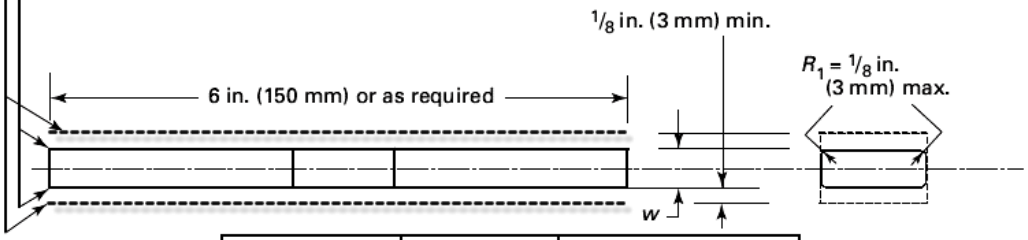
(۲)- وقتی که ضخامت کوپن T معادل یا بیشتراز $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) باشد یکی از موارد زیر را بکار ببرید:

Figure QW-462.2
Side Bend

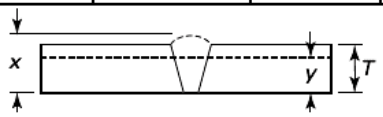
(1a) For procedure qualification of materials other than P-No. 1 in Table QW/QB-422 if the surfaces of the side-bend test specimens are gas cut, removal by machining or grinding of not less than 1/8 in. (3 mm) from the surface shall be required.

(1b) Such removal is not required for P-No. 1 materials, but any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.

(2) For performance qualification of all materials in Table QW/QB-422, if the surfaces of side-bend tests are gas cut, any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.



T, in. (mm)	y, in. (mm)	w, in. (mm)	
		P-No. 23, F-No. 23, F-No. 26, or P-No. 35	All other metals
3/8 to < 1 1/2 (10 to < 38)	T [Note (1)]	1/8 (3)	3/8 (10)
≥ 1 1/2 (≥ 38)	Notes (1) and (2)	1/8 (3)	3/8 (10)



GENERAL NOTE: Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, may be removed flush with the surface of the specimen. Thermal cutting, machining, or grinding may be employed. Cold straightening is permitted prior to removal of the reinforcement.

NOTES:
(1) When weld deposit t is less than coupon thickness T, side-bend specimen thickness may be t.
(2) When coupon thickness T equals or exceeds 1 1/2 in. (38 mm), use one of the following:
(a) Cut specimen into multiple test specimens of thickness y of approximately equal dimensions 3/4 in. to 1 1/2 in. (19 mm to 38 mm).

y = tested specimen thickness when multiple specimens are taken from one coupon.

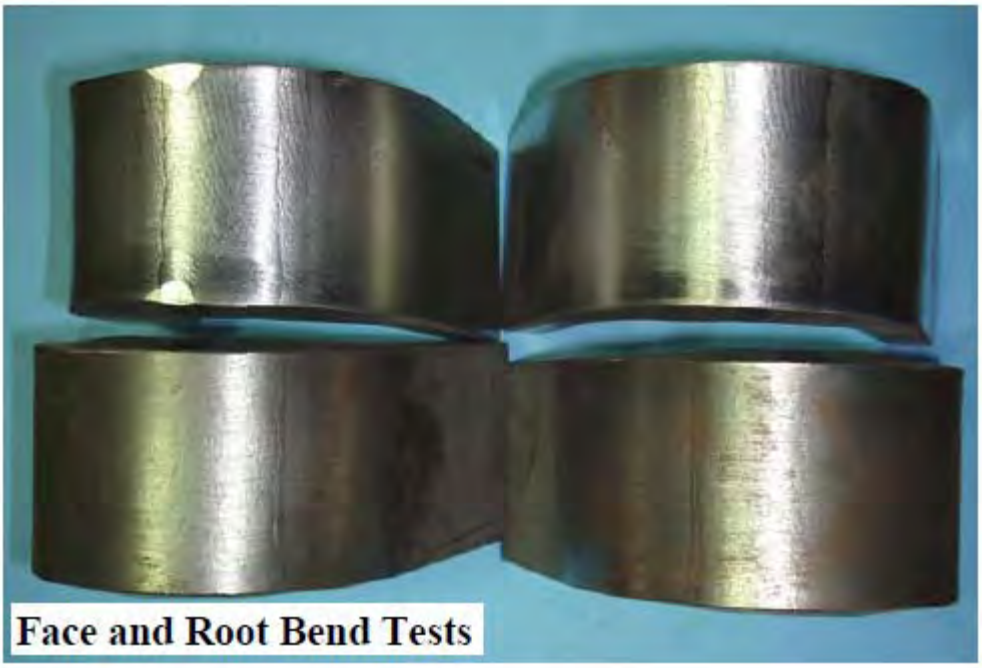
(b) The specimen may be bent at full width. See requirements on jig width in QW-466.1.

شکل-۴۳۶ : شکل QW-462.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

(a) - چندین نمونه های تست با ضخامت y در اندازه های تقریباً معادل [3/4 in. (19 mm) to 1 1/2 in. (38 mm)] برش (تهیه) شود.

y = ضخامت نمونه‌ی تست زمانیکه چند نمونه‌ی تست از یک کوپن تهیه شده باشد.

(b)- نمونه ممکن است از پهنای کاملش خم گردد. در مورد الزامات مربوط به پهنای جیگ به QW-466.1 نگاه کنید.



شکل-۴۳۷ : نمونه تستهای خمش روئی و ریشه‌ی جوش در حالت Transverse

شکل-۴۳۸ : نمونه تستهای خمش از پهلوی جوش در حالت Transverse

QW-163 Acceptance Criteria - Bend Tests -***

- ضوابط پذیرش تستهای خمش

جوش و ناحیه متأثر از حرارت نمونه‌ی تست خمش Transverse باید بعد از تست کاملاً در قسمت خم شده‌ی نمونه قرار داشته باشند. نمونه تست خمش هدایت شده باید بعد از تست فاقد هر گونه ناپیوستگی باز بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) در هر جهتی از سطح محدب نمونه در ناحیه‌ی جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت باشد. ناپیوستگی های بازی که در گوشه های نمونه ها در حین تست رخ می دهد نباید به حساب بیایند مگر اینکه شواهد معینی وجود داشته باشد که آنها را ناشی از lack of fusion ، slag inclusions یا سایر ناپیوستگی های داخلی بداند.

شکل-۴۳۹ : نمونه ایی از مردود شدن قطعه تست در آزمایش خمش

در مورد جوشهای مقاوم به خوردگی Corrosion-Resistant Weld Overlay Cladding که به صورت لایه ای رسوب داده می شوند هیچ ناپیوستگی بازی که از $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) در هر جهتی تجاوز نماید در جوش رسوب داده شده مجاز نمی باشد و هیچ ناپیوستگی باز با اندازه‌ی بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) در امتداد خط امتزاج جوش رویه و فلز مبنا مجاز نمی باشد. در مورد جوشهای مقاوم به خوردگی Corrosion-Resistant Weld Overlay Cladding به شکلهای زیر دقت شود:

شکل-۴۴۰ : نمونه تست خمش از جوش مقاوم به خوردگی corrosion-resistant weld overlay cladding

شکل-۴۴۱ : نمونه تست خمش از جوش مقاوم به خوردگی corrosion-resistant weld overlay cladding

شکل-۴۴۲ : نمونه تست خمش از جوش مقاوم به خوردگی corrosion-resistant weld overlay cladding

شکل-۴۴۳ : نمونه تست خمش از جوش مقاوم به خوردگی corrosion-resistant weld overlay cladding

⁎- QW-141.3 - Fillet-Weld Tests

- تست جوشهای گوشه ای (Fillet)

این تستها که در QW-180 شرح داده شده اند برای تعیین اندازه، شکل و درجه‌ی سلامت جوشهای گوشه ای (Fillet) بکار برده می شوند.

⁎⁎⁎- QW-180 - FILLET-WELD TESTS

- تستهای جوش گوشه ای

⁎⁎⁎- QW-181 - Procedure and Performance Qualification Specimens

– نمونه های تست جوشکاران و روشهای جوشکاری

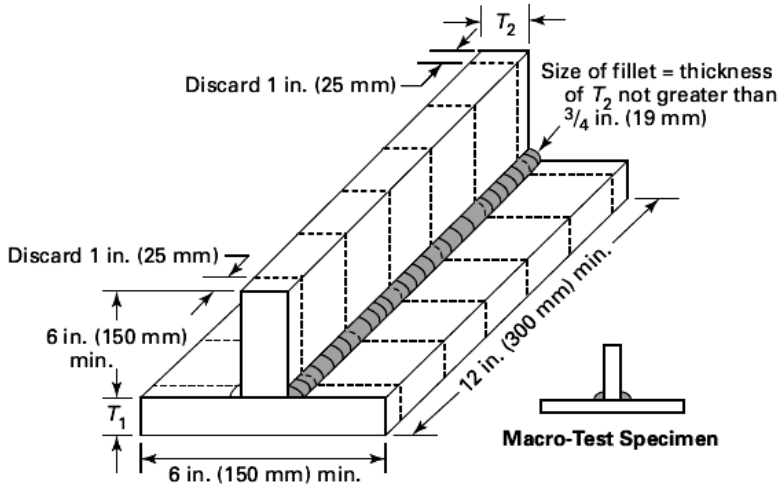
⁎- QW-181.1 - Procedure

– دستورالعمل: آماده سازی و ابعاد تست کوپن های جوشهای گوشه ای (Fillet) برای تهیه‌ی PQR آنطور که در QW-202 لازم دانسته شده باید مطابق با الزامات شکل QW-462.4(a) یا QW-462.4(b) باشد.

تست کوپن ورق به ورق باید عمود در امتداد جوش بریده شود تا پنج قطعه نمونه‌ی تست هر کدام به طول تقریبی 2in. (50mm) تهیه شود. برای لوله به ورق یا لوله به لوله باید تست کوپن عمود بر امتداد جوش بریده شود تا ۴ نمونه‌ی تست تقریباً مساوی تهیه شود. نمونه های تست باید طبق الزامات QW-183 مورد آزمایشات ماکروسکوپی قرار گیرند.

Figure QW-462.4(a)
Fillet Welds in Plate — Procedure

T_1	T_2
1/8 in. (3 mm) and less	T_1
Over 1/8 in. (3 mm)	Equal to or less than T_1, but not less than 1/8 in. (3 mm)



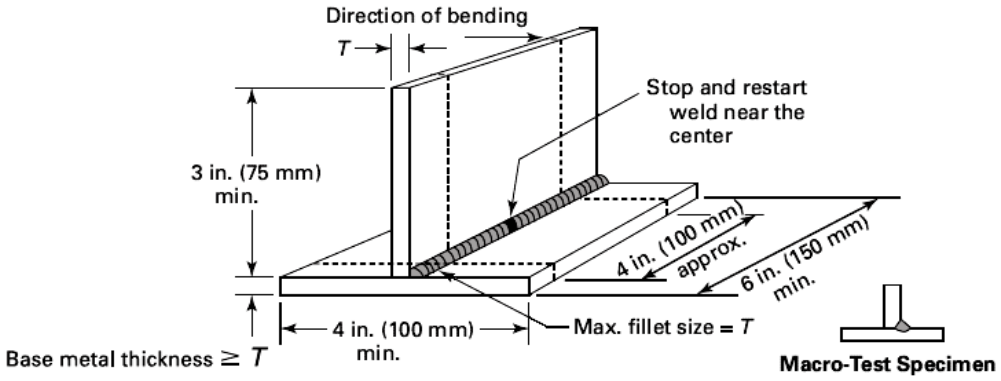
GENERAL NOTE: Macro test — the fillet shall show fusion at the root of the weld but not necessarily beyond the root. The weld metal and heat-affected zone shall be free of cracks.

شکل-۴۴۴ : شکل QW-462.4 (a) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای کلی مربوط به شکل QW-462.4(a)

یادداشتهای کلی : ماکرو تست: باید نشان داده شود که ریشه‌ی جوش گوشه ای (Fillet) و نه لزوماً فراتر از آن ذوب شده است. فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت باید عاری از ترک باشد.

Figure QW-462.4(b)
Fillet Welds in Plate — Performance



GENERAL NOTE: Refer to Table QW-452.5 for T thickness and qualification ranges.

شکل-۴۴۵ : شکل QW-462.4 (b) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشتهای کلی مربوط به شکل QW-462.4(b)

یادداشتهای کلی : برای ضخامت T برای محدوده‌ی تأیید شده به جدول QW-452.5 مراجعه شود.

QW-202 Type of Tests Required -***

انواع تستهای مورد نیاز

QW-202.1 Mechanical Tests -*

- تستهای مکانیکی

نوع و تعداد نمونه هائی که در تهیه‌ی PQR جوشهای شیاری باید تست شوند در QW-451 آورده شده و باید به روشی مشابه آنچه که در QW-463 نشان داده شده است از تست کوپن جدا گردند. اگر هر کدام از نمونه های تست ضوابط پذیرش را برآورده ننمایند آن تست کوپن باید مردود به حساب آید.

اگر بتوان معلوم کرد که علت مردود بودن ربطی به پارامترهای جوشکاری ندارد می توان تست کوپن دیگری با بکار بردن پارامترهای جوشکاری مشابه جوشکاری نمود.

Figure QW-463.1(a)
Plates — Less Than 3/4 in. (19 mm) Thickness Procedure Qualification

Discard		this piece
Reduced section		tensile specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Discard		this piece

Figure QW-463.1(b)
Plates — 3/4 in. (19 mm) and Over Thickness and Alternate From 3/8 in. (10 mm) but Less Than 3/4 in. (19 mm) Thickness Procedure Qualification

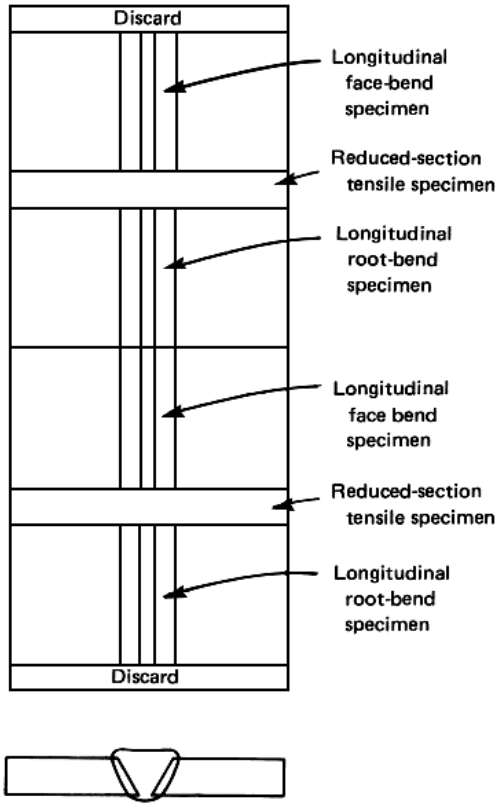
Discard		this piece
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Discard		this piece

شکل-۴۴۶ : شکل QW-463.1 (a) and (b) مطابق ASME Sec. IX-2019

به عنوان جایگزین اگر از متریال تست کوپن اولیّه چیزی باقی مانده باشد، می توان نمونه های تست جدید را که حتی الامکان از نزدیک ترین نقطه به نمونه های قبلی تهیه شده به جای نمونه های تست مردود شده تهیه نمود. زمانیکه معلوم شده است که مردود شدن تست به علت یک متغیر اساسی یا متغیرات اساسی تکمیلی می باشد، می توان تست کوپنی را با اعمال تغییرات مناسب در متغیرهائی که منجر به مردود شدن نمونه ها شده است جوشکاری نمود. اگر تست کوپن جدید قبول شود، متغیرهای اساسی و اساسی تکمیلی باید در PQR درج گردد.

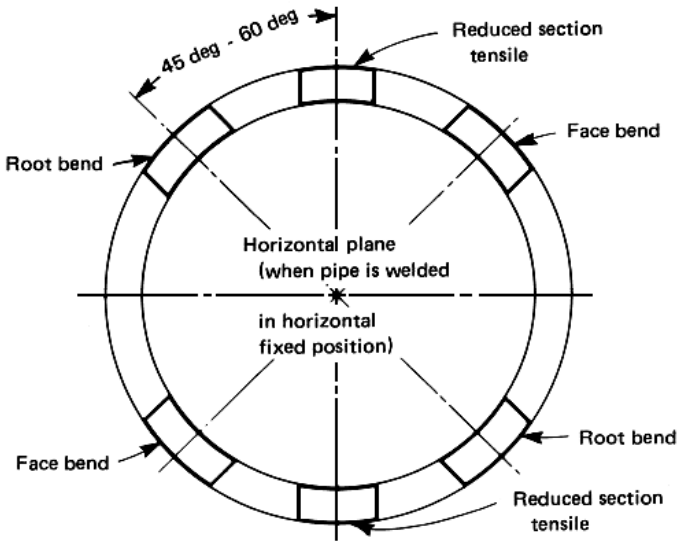
زمانیکه معلوم شود مردود شدن تست به علت یک یا چند فاکتور متغیرهای اساسی و اساسی تکمیلی نیست می توان تست کوپن جدیدی را با اعمال تغییرات در آن فاکتورهائی که عامل مردود شدن تست بودن جوشکاری نمود. اگر تست جدید قبول شود، فاکتورهای مربوط به جوشکاری که بعنوان عامل مردود شدن تست قبلی شناخته شده بودند باید توسط سازنده اعلام گردند تا اطمینان حاصل گردد که خواص مورد نیاز در حین عملیات اجرائی تامین خواهد شد.

Figure QW-463.1(c)
Plates — Longitudinal Procedure Qualification

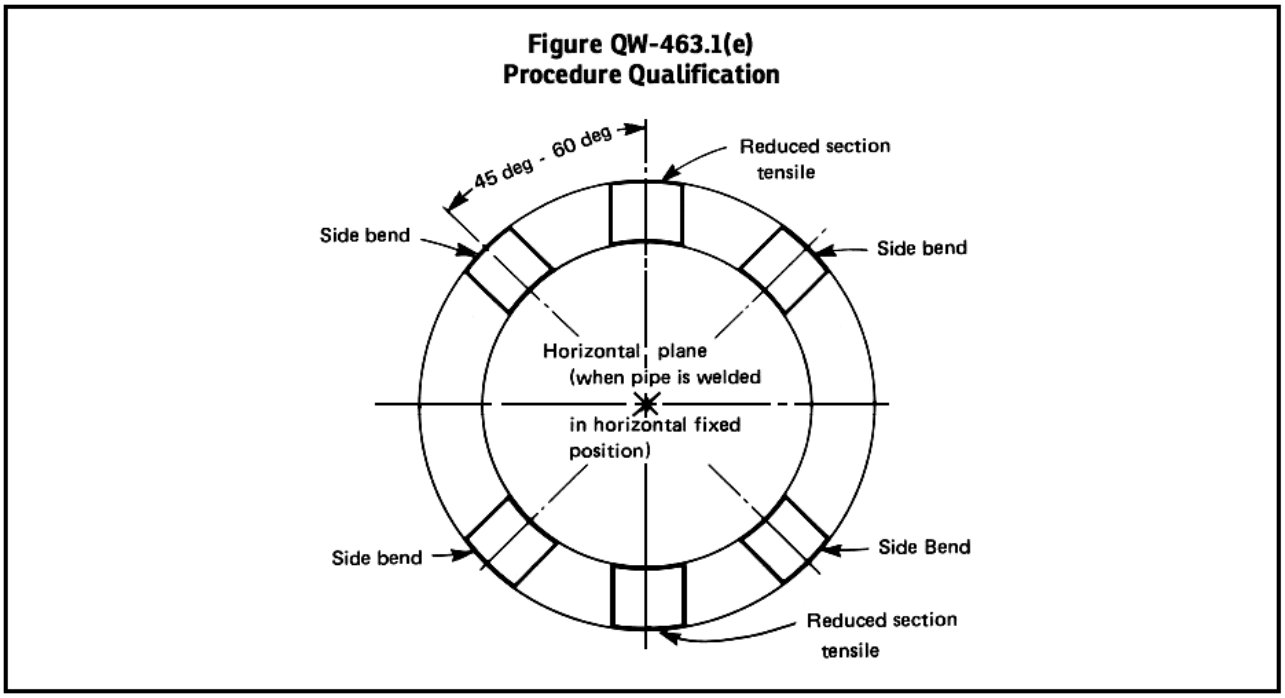


شکل-۴۴۷ : شکل QW-463.1 (c) مطابق ASME Sec. IX-2019

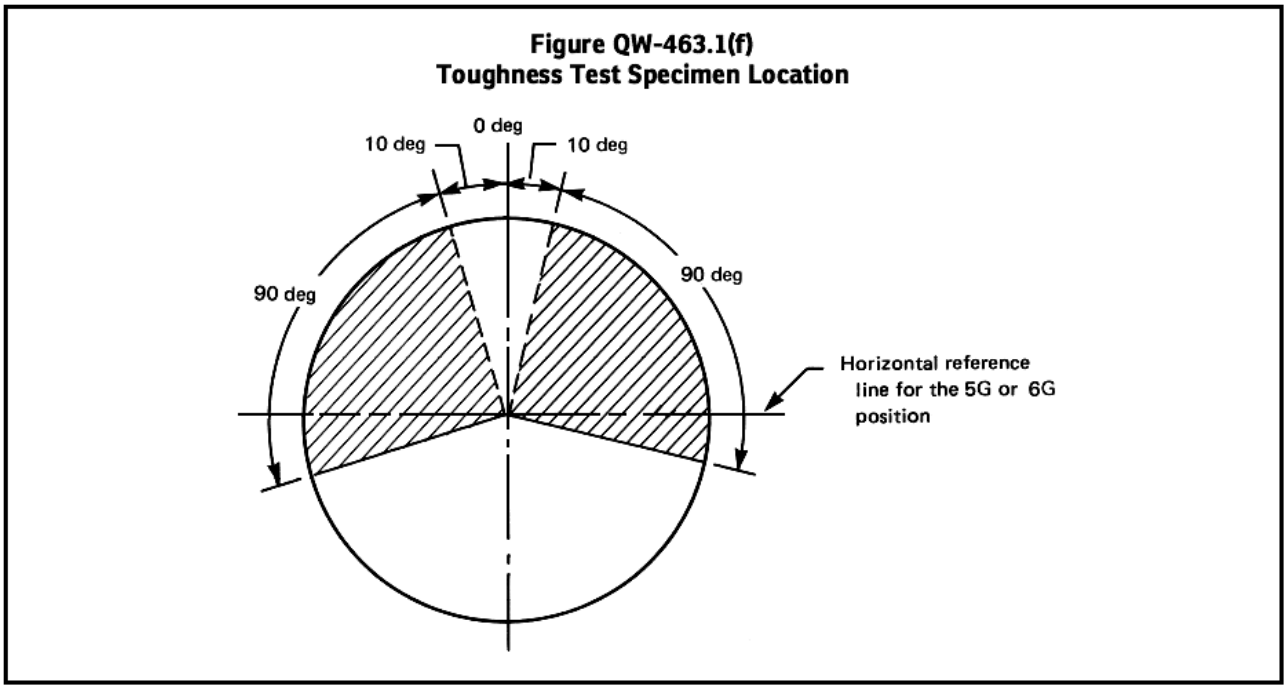
Figure QW-463.1(d)
Procedure Qualification



شکل-۴۴۸ : شکل QW-463.1 (d) مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۴۴۹ : شکل QW-463.1 (e) مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۴۵۰ : شکل QW-463.1 (f) مطابق ASME Sec. IX-2019

برای PQR جوشهای گوشه‌ای (Fillet)، الزامات فقط در QW-202.2(c) و برای PQR جوشهای میله‌ای (Stud welds) الزامات فقط در QW-202.5 آورده شده اند.

- ❋ QW-202.2 Groove and Fillet Welds

- جوشهای شیاری و گوشه ایی

QW-202.2 Groove and Fillet Welds

(a) Qualification for Groove Full Penetration Welds. Groove-weld test coupons shall qualify the thickness ranges of both base metal and deposited weld metal to be used in production. Limits of qualification shall be in accordance with QW-451. The thickness, *t*, of deposited weld metal in QW-451 shall be exclusive of weld reinforcement. WPS qualification for groove welds shall be made on groove welds using tension and guided-bend specimens. Toughness tests shall be made when required by other Section(s) of the Code. The WPS shall be qualified for use with groove welds within the range of essential variables listed.

When dissimilar thickness test coupons are welded, the "Range of Thickness *T* of Base Metal, Qualified" in QW-451 shall be determined individually for each base metal in the test coupon. When the thicker test coupon is tapered to provide a thickness transition at the weld, the qualified range shall be based on the base metal thickness adjacent to the toe of the weld at the thinnest end of the transition. The test specimens for tensile and bend tests may be machined to the thickness required for the thinner base metal prior to testing.

(b) Qualification for Partial Penetration Groove Welds. Partial penetration groove welds shall be qualified in accordance with the requirements of QW-451 for both base metal and deposited weld metal thickness, except there need be no upper limit on the base metal thickness provided qualification was made on base metal having a thickness of 1½ in. (38 mm) or more. When dissimilar thickness test coupons are welded, the provisions of (a) for dissimilar thickness test coupons shall be met.

(c) Qualification for Fillet Welds. WPS qualification for fillet welds may be made on groove-weld test coupons using test specimens specified in (a) or (b). Fillet-weld procedures so qualified may be used for welding all thicknesses of base metal for all sizes of fillet welds, and all diameters of pipe or tube in accordance with Table QW-451.4. Nonpressure-retaining fillet welds, as defined in other Sections of the Code, may as an alternate be qualified with fillet welds only. Tests shall be made in accordance with QW-180. Limits of qualification shall be in accordance with Table QW-451.3.

شکل-۴۵۱ : پاراگراف QW-202.2 مطابق ASME Sec. IX-2019

(a) – PQR برای جوشهای شیاری با نفوذ کامل:

تست کوپن های جوش شیاری باید محدودهٔ ضخامت را هم برای فلز مبنا و هم برای فلز جوش رسوب یافته که در عملیات اجرایی بکار می رود تأیید نمایند. محدوده های ضخامت برای PQR باید مطابق با الزامات QW-451 باشد. ضخامت ، t میزان فلز جوش رسوب داده شده مطابق جدول QW-451 باید منهای گرده جوش لحاظ شود. تأیید WPS برای جوشهای شیاری باید با تستهای کشش و خمش هدایت شده بر روی جوشهای شیاری انجام شود. تستهای چقرمگی باید زمانی انجام شود که توسط سایر بخشهای کُد لازم دانسته شده باشد. WPS باید برای جوشهای شیاری در محدوده متغیرهای اساسی تأیید گردد. هنگامی که تست کوپن ها با ضخامت غیر یکسان جوش داده شوند ، "محدوده تأیید شدهی ضخامت T از متریال پایه ، مطابق جدول QW-451 باید به طور جداگانه برای هر فلز پایه در کوپن تعیین شود، هنگامی که تست کوپن ضخیم تر لبه سازی (Tapered) شود تا انتقال ضخامت در جوش ایجاد شود ، دامنه واجد شرایط باید بر اساس ضخامت فلز پایه مجاور پاشنه جوش در باریکترین لبهی انتهای انتقال ضخامت باشد. نمونه های آزمایش برای تست های کشش و خمش ممکن است برای رسیدن به ضخامت مورد نیاز فلز مبنا نازک تر، قبل از آزمایش ماشینکاری شوند.

(b) – PQR برای جوشهای شیاری با نفوذ جزئی (ناکامل):

جوشهای شیاری با نفوذ جزئی باید مطابق با الزامات QW-451 هم برای ضخامت فلز مبنا و هم برای فلز جوش مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند با این استثناء که اگر PQR بر روی فلز مبنا با ضخامت 1½ in. (38 mm) یا بیشتر انجام شده باشد حد بالائی برای فلز مبنا منظور نمی گردد (و نامحدود است). هنگامی که تست کوپن ها با ضخامت غیر یکسان جوش داده شوند ، مقررات (a) برای تست کوپن های با ضخامت غیر یکسان رعایت می شود.

(c) – PQR برای جوشهای گوشه ای (Fillet):

برای تأیید WPS جوشهای گوشه ای (Fillet) می توان PQR را بروی تست کوپن های جوشهای شیاری و استفاده از نمونه های مشخص شده در QW-202.2(a), (b) انجام داد. PQR های جوشهای گوشه ای (Fillet) که به این گونه تهیه

شده باشند می توانند مطابق با جدول QW-451.4 برای جوشکاری جوشهای گوشه ای (Fillet) با هر ضخامتی از فلز مبنا و تمامی قطرهای لوله یا تیوب بکار برده شوند.

جوشهای گوشه ای (Nonpressure-retaining) می توانند به عنوان جایگزینی توسط تنها جوشهای گوشه ای تأیید گردند. تستها باید مطابق با QW-180 انجام شوند. محدوده های تأیید شده باید مطابق با جدول QW-451.3 باشد.

- QW-202.5 Stud Welding

- جوشکاری میله ای

برای جوشهای Stud ، تستهای PQR باید مطابق با QW-192 انجام شود. این تستها باید WPS های مورد استفاده در جوشکاری در محدوده‌ی متغیرهای اساسی جدول QW-261 را تأیید نماید. برای Stud های جوشکاری شده به فلزاتی غیر از P-No.1 ، پنج جوش اضافی باید انجام شده و تست ماکرو شوند مگر برای Stud های بکار رفته بر روی ادامه‌ی سطوح گرمایشی که نیاز نیست.

شکل-۴۵۲ : جوشکاری میله ای Stud Welding

شکل-۴۵۳ : جوشکاری میله ای Stud Welding

- QW-202.6 Tube-to-Tube sheet Qualification

- ارزیابی کیفی جوشهای تیوب به تیوب شیت (ورق نگهدارنده‌ی تیوبها)

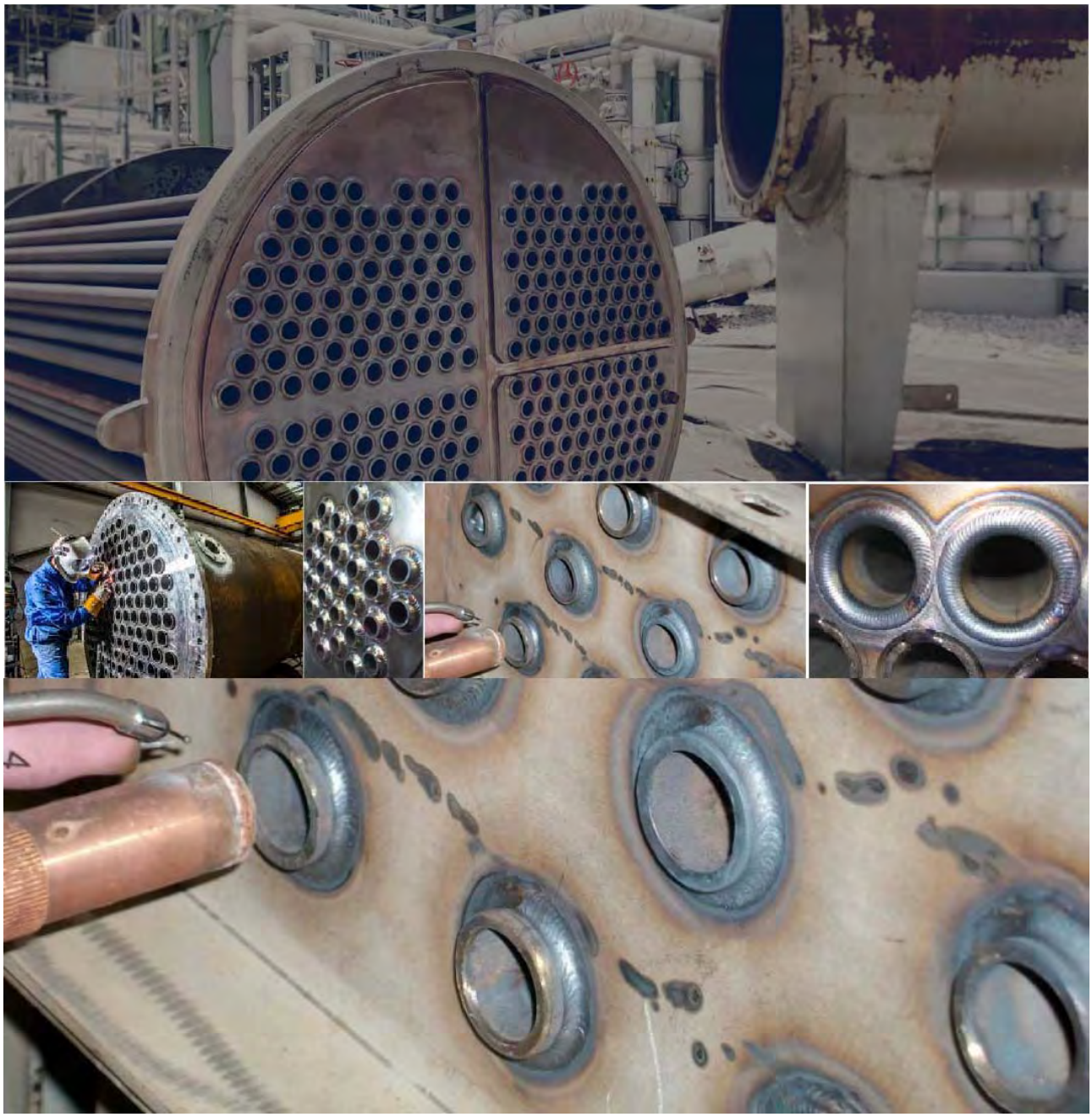
هنگامی که کُد، استفاده از QW-193 را برای تستهای PQR جوشهای Tube-to-Tube sheet لازم می داند، QW-193.1 باید بکار برده شود. اگر توسط کُد الزامات خاصی منظور نشده است، جوشهای Tube-to-Tube sheet باید به یکی از روشهای زیر تأیید گردند:

(a) – جوشهای شیاری بر اساس الزامات QW-202.2, QW202.4 تأیید گردند.

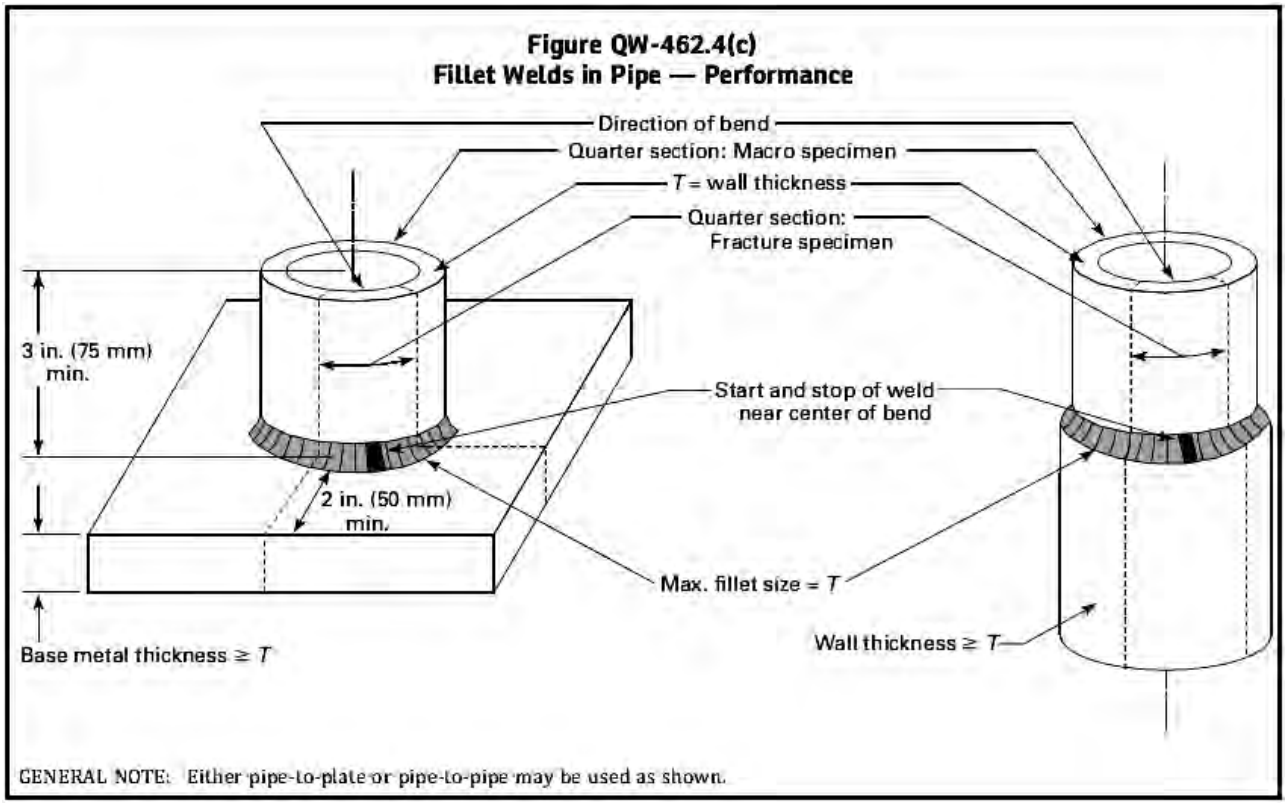
(b) – جوشهایی که برای نمونه تولید می شوند بر اساس الزامات QW-193.1 تأیید گردند.

(c) – برای جوشهای گوشه ای (Fillet) بر اساس الزامات QW-202.2(c)

(فقط برای جوشهای Nonpressure-retaining, Tube-to-Tube sheet) تأیید گردند.

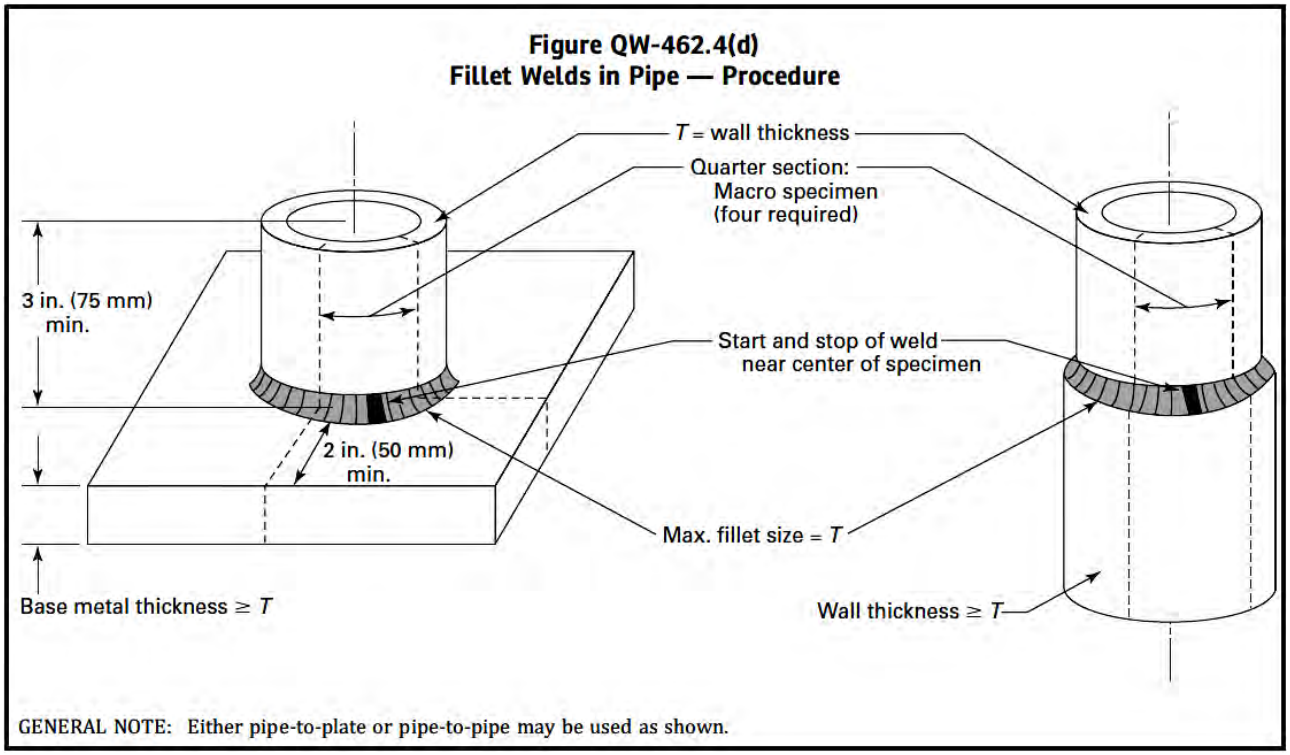


شکل-۴۵۴ : جوشهای Tube-to-Tube sheet



شکل-۴۵۵ : شکل QW-462.4(c) مطابق ASME Sec. IX-2019

یادداشت کلی QW-462.4(c): مطابق شکل هر کدام، لوله به ورق و یا لوله به لوله می تواند مورد استفاده قرار گیرد.



شکل-۴۵۶ : شکل QW-462.4(d) مطابق ASME Sec. IX-2019

ترجمه‌ی یادداشت کلی مربوط به شکل QW-462.4(d)

همانطور که نشان داده شده لوله به ورق و یا لوله به لوله می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

QW-183 Macro-Examination — Procedure Specimens -***

*- آزمایش ماکرو

- آزمایش ماکروسکوپی نمونه های دستورالعمل (ارزیابی کیفی جوشها)

یک سطح از هر یک از برشهای پنجگانهٔ نمونه های تست در شکل QW-462.4(a) (شکل ۴۴۴) یا از چهار نمونه‌ی تست مطابق شکل QW-462.4(d) (شکل ۴۵۶) باید صیقلی گشته و توسط ماده‌ی مناسب اچ شود (به QW-470 نگاه کنید) تا نمای واضحی از فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت بدست آید. آزمایش سطح مقطع ها باید تنها بر روی یک طرف نمونه های تست و در ناحیه‌ی ای که ورق یا لوله به هم جوش خورده اند انجام شود برای اینکه تست قبول شود:

(a) – آزمایش چشمی سطح مقطع جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت باید نشان بدهد که نفوذ کامل بوده و جوش عاری از ترک می باشد.

(b) – اختلاف بین اندازه‌ی ساقهای جوش گوشه ای (Fillet) نباید بیشتر از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) باشد.

مرحله‌ی اصلی انجام تست ماکرو انجام اچ کردن است. در پاراگراف QW-470 این فرآیند را توضیح می دهد.

QW-470 ETCHING — PROCESSES AND REAGENTS -***

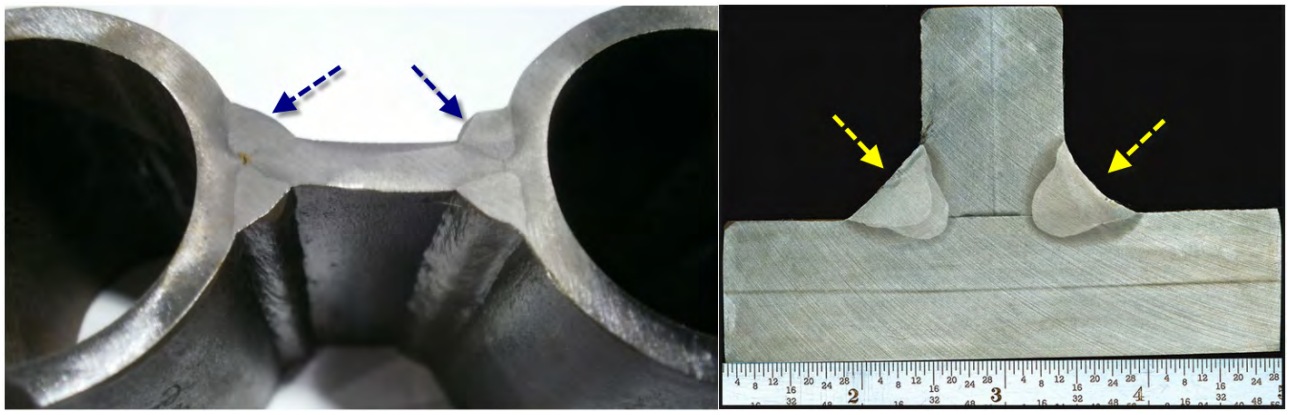
- فرآیندها و معرفهای شیمیایی

QW-471 - General -***

- کلیات

سطوح جهت اچ شدن ابتدا باید توسط سوهانکاری، ماشینکاری، سنگ زنی و سمباده کاری صاف و صیقلی گردند. برای آلیاژها و نمونه های متفاوت زمان اچ کردن از چند ثانیه تا چند دقیقه متغیر است ولی باید آنقدر ادامه داد تا کنتراست مورد نظر تامین گردد. برای محافظت در برابر بخارات و گازهای آزاد شده در طول فرآیند اچ کردن، این کار باید در زیر یک هواکش (Hood) انجام شود. بعد از اچ کردن، نمونه ها باید کاملاً با آب شسته شده و با وزیدن هوای گرم خشک گردند. پوشش دادن سطح با لایه‌ی نازکی از لاک الکل، ظاهر نمونه را حفظ خواهد کرد.

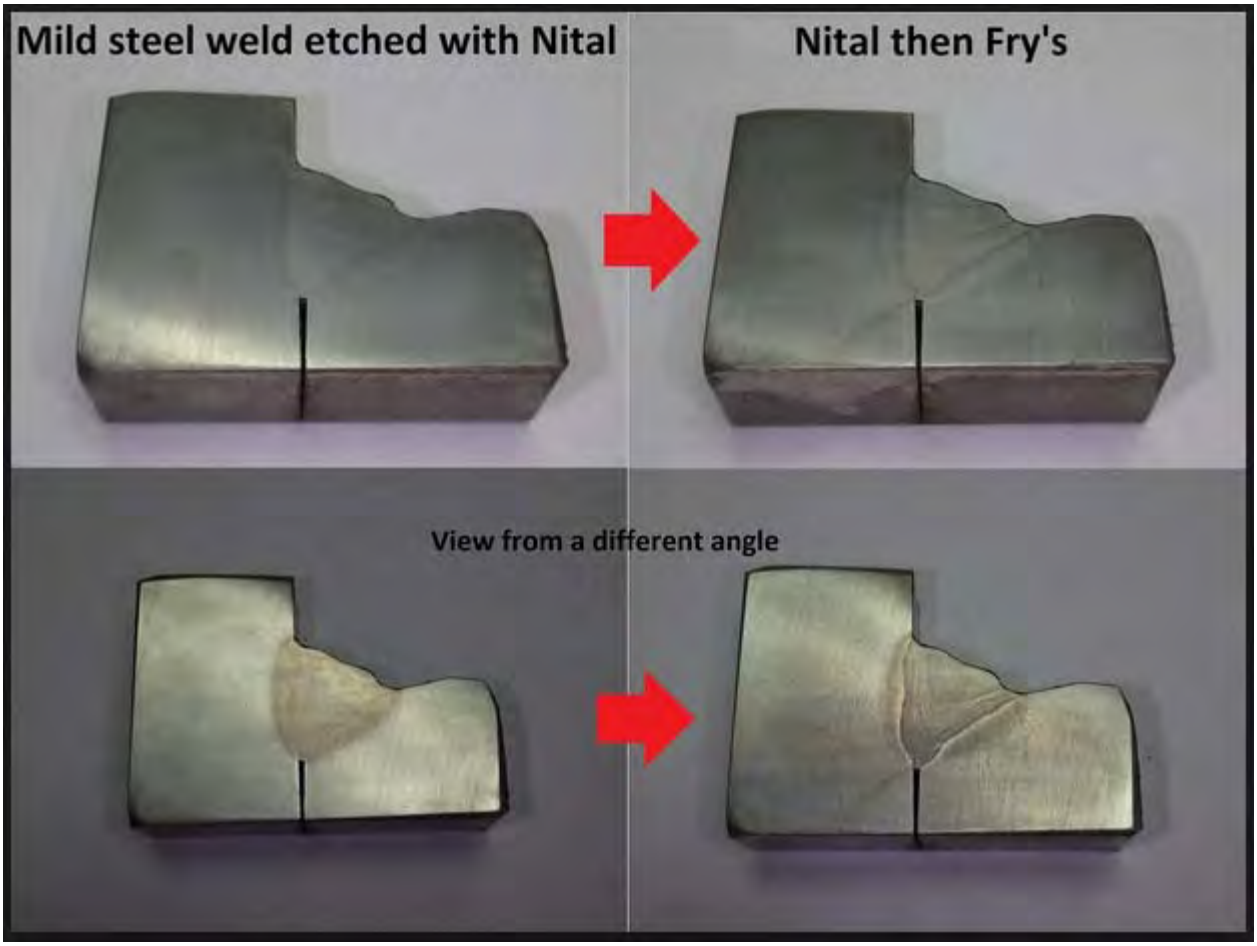
به شکلهایی در این زمینه توجه شود:



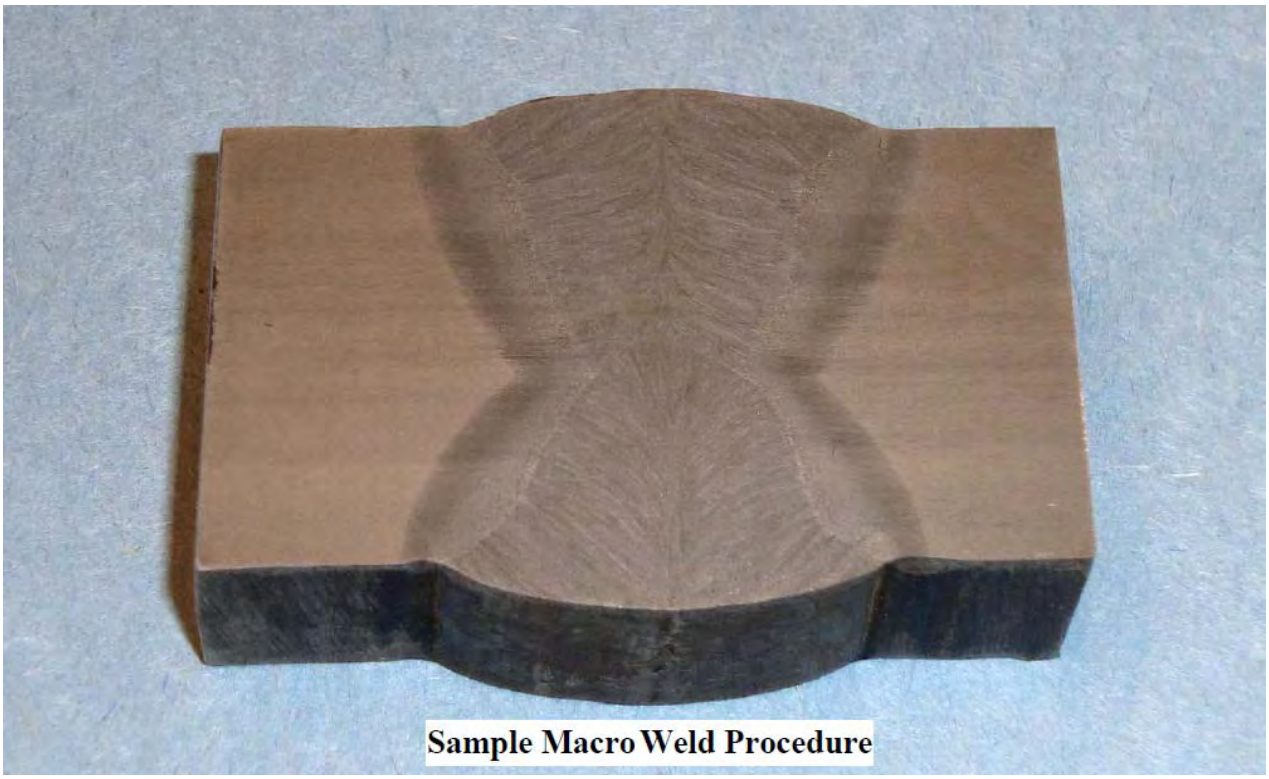
شکل-۴۵۷ : آزمایش ماکرو در جوشهای Fillet

مراحل مختلف عملیات اچ کردن (Etching) در آزمایشگاه

شکل-۴۵۸ : مراحل اچ کردن



شکل-۴۵۹ : نمونه‌ی قطعه آزمایش ماکرو از جوش گوشه ایی (Fillet)



شکل-۴۶۰ : نمونه‌ی قطعه آزمایش ماکرو از جوش شیاری (Groove)

***- QW-472 - FOR FERROUS METALS

- برای متریالهای آهنی

محلولهای اچینگ مناسب برای فولادهای کربنی و کم آلیاژ، همراه با راهنمایی ها جهت استفاده از آنها، در پاراگرافهای QW-472.1 تا QW-472.4 پیشنهاد شده است.

*- QW-472.1 Hydrochloric Acid

*- پاراگراف 472.1 – اسید هیدروکلریک

ترکیب اسید هیدروکلریک (موریاتیک) و آب به نسبت حجمی برابر. محلول در حین فرآیند اچینگ می بایست در دمای جوش یا نزدیک به آن نگهداری شود. فرآیند این نمونه ها برای مدت زمان کافی در محلول غوطه ور شوند تا تمام عدم صحت و سالمی که ممکن است در سطح مقطع آنها وجود داشته باشد را نشان دهد.

شکل-۴۶۱ : نمونه هایی از بسته بندی اسید هیدروکلریک

*- QW-472.2 Ammonium Persulfate

*- پاراگراف 472.2 – آمونیوم پرسولفات

شکل-۴۶۲ : نمونه هایی از بسته بندی آمونیوم پرسولفات

از نظر وزنی ، یک قسمت از آمونیوم با نه قسمت آب ترکیب و محلول بدست آمده باید در دمای اتاق استفاده شود. و همچنین باید با یک تکه پنبه اشباع شده به محلول (آمونیوم پرسولفات) سطح آن را بصورت مالش جدی آغشته کرد. فرآیند اچ کردن باید تا زمانی که سطح واضحی از ساختار جوش نمایان شود، ادامه داد.

شکل-۴۶۳ : نمونه هایی از اچ شدن سطح مقطع جوش

- QW-472.3 Iodine and Potassium Iodide

- پاراگراف 472.3 – ید و پتاسیم یدید {(شیمی) ترکیب باینری یددار. نمک یا استر اسید هیدرودیک)}

شکل-۴۶۴ : نمونه هایی از بسته بندی ید و پتاسیم یدید

یک قسمت از ید پودر (فرم جامد) ، دو قسمت از پودر یدید پتاسیم و ده قسمت از آب ، همه از نظر وزن .محلول باید در دمای اتاق استفاده شود و بر روی سطح برس زده شود تا زمانی که بصورت واضح و مشخصی از بافت طرح کلی جوش آشکار شود.

- QW-472.4 Nitric Acid

- پاراگراف 472.4 – اسید نیتریک

ترکیب اسید نیتریک و آب به نسبت حجمی یک به سه.

احتیاط: همیشه اسید را درون آب بریزید. اسید نیتریک باعث لکه های بد و سوختگی های شدید می شود.

محلول را می توان در دمای محیط استفاده کرد و توسط یک میله همزن شیشه ای بر روی سطح اعمال کرد. همچنین می توان قطعات را درون یک محلول اسید جوشان قرار داد ، اما این کار باید در یک اتاقی با تهویه مناسب انجام شود. فرآیند

اچ کردن باید برای مدت زمان کافی ادامه یابد تا تمام عدم صحت که ممکن است در سطح مقطع جوش وجود داشته باشد را نشان دهد.

شکل-۴۶۵ : نمونه هایی از بسته بندی اسید نیتریک

***- QW-473 - FOR NONFERROUS METALS

*- پاراگراف 473 – برای متریالهای غیرآهنی

معرفهای اچینگ و دستورالعمل های زیر برای استفاده از آنها برای آشکارسازی ساختار کلان پیشنهاد شده است.

*- QW-473.1 Aluminum and Aluminum-Base Alloys

*- پاراگراف 473.1 – آلومینیوم و آلیاژهای پایه آلومینیوم

جدول-۲۱۰ : محلولهای پیشنهادی جهت اچ کردن متریالهای آلومینیومی

Solution	Volume
Hydrochloric acid (concentrated)	15 ml
Hydrofluoric acid (48%)	10 ml
Water	85 ml

این محلول در دمای اتاق مورد استفاده قرار می گیرد، و اچ کردن با استفاده از اسفنج یا غوطه ور شدن نمونه انجام می شود.

*- QW-473.2 For Copper and Copper-Base Alloys

Cold Concentrated Nitric Acid.

*- پاراگراف 473.2 – برای مس و آلیاژهای پایه مسی: اسید نیتریک غلیظ سرد. اچ کردن با آبگرفتگی یا غوطه ور شدن نمونه برای چند ثانیه در زیر دودکش انجام شود. سپس با جریان آب شستشو شود ، این فرآیند با محلول ۵۰-۵۰ اسید نیتریک غلیظ و آب تکرار شود. در مورد آلیاژهای برنز سیلیکونی ، ممکن است لازم باشد با اسفنج اکسید سیلیس (SiO_2) سفید رسوب شده را از روی سطح برداشت.

*- QW-473.3 Nickel and Nickel -Base Alloys

*- پاراگراف 473.3 – نیکل و آلیاژهای پایه نیکلی

جدول-۲۱۱ : محلولهای پیشنهادی جهت اچ کردن متریالهای نیکلی

Material	Formula
Nickel	Nitric Acid or Lepito's Etch
Low Carbon Nickel	Nitric Acid or Lepito's Etch
Nickel–Copper (400)	Nitric Acid or Lepito's Etch
Nickel–Chromium–Iron (600 and 800)	Aqua Regia or Lepito's Etch

جدول-۲۱۲ : معادلهای Makeup برای Aqua Regia و Lepito's Etch

Table QW-473.3-1
Makeup of Equations for Aqua Regia and Lepito's Etch

Solution	Aqua Regia [Note (1)], [Note (2)]	Lepito's Etch [Note (2)], [Note (3)]
Nitric Acid, Concentrated — HNO_3	1 part	3 ml
Hydrochloric Acid, Concentrated — HCL	2 parts	10 ml
Ammonium Sulfate – $(NH_4)_2$ (SO_4)	...	1.5 g
Ferric Chloride – $FeCl_3$	...	2.5 g
Water	...	7.5 ml

NOTES:
(1) Warm the parts for faster action.
(2) Etching is accomplished by either swabbing or immersing the specimen.
(3) Mix solution as follows:
(a) Dissolve $(NH_4)_2$ (SO_4) in H_2O.
(b) Dissolve powdered $FeCl_3$ in warm HCl.
(c) Mix (a) and (b) above and add HNO_3.

یادداشتهای جدول QW-473.3-1

(1)- قطعات را برای عملکرد سریعتر گرم کنید.

(2)- اچ کردن با استفاده از اسفنج یا غوطه ور شدن نمونه انجام می شود.

(3)- محلول را به صورت زیر مخلوط کنید:

(a) - حل کردن $(NH_4)_2(SO_4)$ در H_2O آب

(b) – حل کردن پودر $FeCl_3$ در HCl گرم

(c) – ترکیب کردن موارد (a) و (b) که در بالا قید شد و اضافه کردن HNO_3

Aqua Regia is a mixture of hydrochloric acid, nitric acid and water. This particular formulation is dilute aqua regia mixed as 2 parts water:3 parts 37% HCl:1 part 70% HNO3.

روش عملی استاندارد Aqua Regia Etch

Aqua Regia (آب رویال در لاتین) ترکیبی از اسید هیدروکلریک ، اسید نیتریک و آب است. این فرمول خاص آب رقیق رقیق شده است که به صورت ۲ قسمت آب؛ ۳ قسمت هیدروکلراید ۳۷٪ و ۱ قسمت اسید نیتریک ۷۰٪.

Source: Faculty Supervisor: Prof. Robert White, Mechanical Engineering

شکل-۴۶۶ : نمونه هایی از Aqua regia (آب رویال در لاتین)

- QW-473.4 For Titanium.

- پاراگراف 473.4 – برای تیتانیوم

جدول-۲۱۳ : محلولهای پیشنهادی جهت اچ کردن متریالهای تیتانیوم

Solution	Kroll's Etch	Keller's Etch
Hydrofluoric acid (48%)	1 to 3 ml	½ ml
Nitric acid (concentrated)	2 to 6 ml	2½ ml
Hydrochloric Acid (concentrated)	...	1½ ml
Water	To make 100 ml	To make 100 ml

- QW-473.5 For Zirconium.

- پاراگراف 473.5 – برای زیرکونیوم

جدول-۲۱۴ : محلولهای پیشنهادی جهت اچ کردن متریالهای زیرکونیوم

Solution	Volume
Hydrofluoric acid	3 ml
Nitric acid (concentrated)	22 ml
Water	22 ml

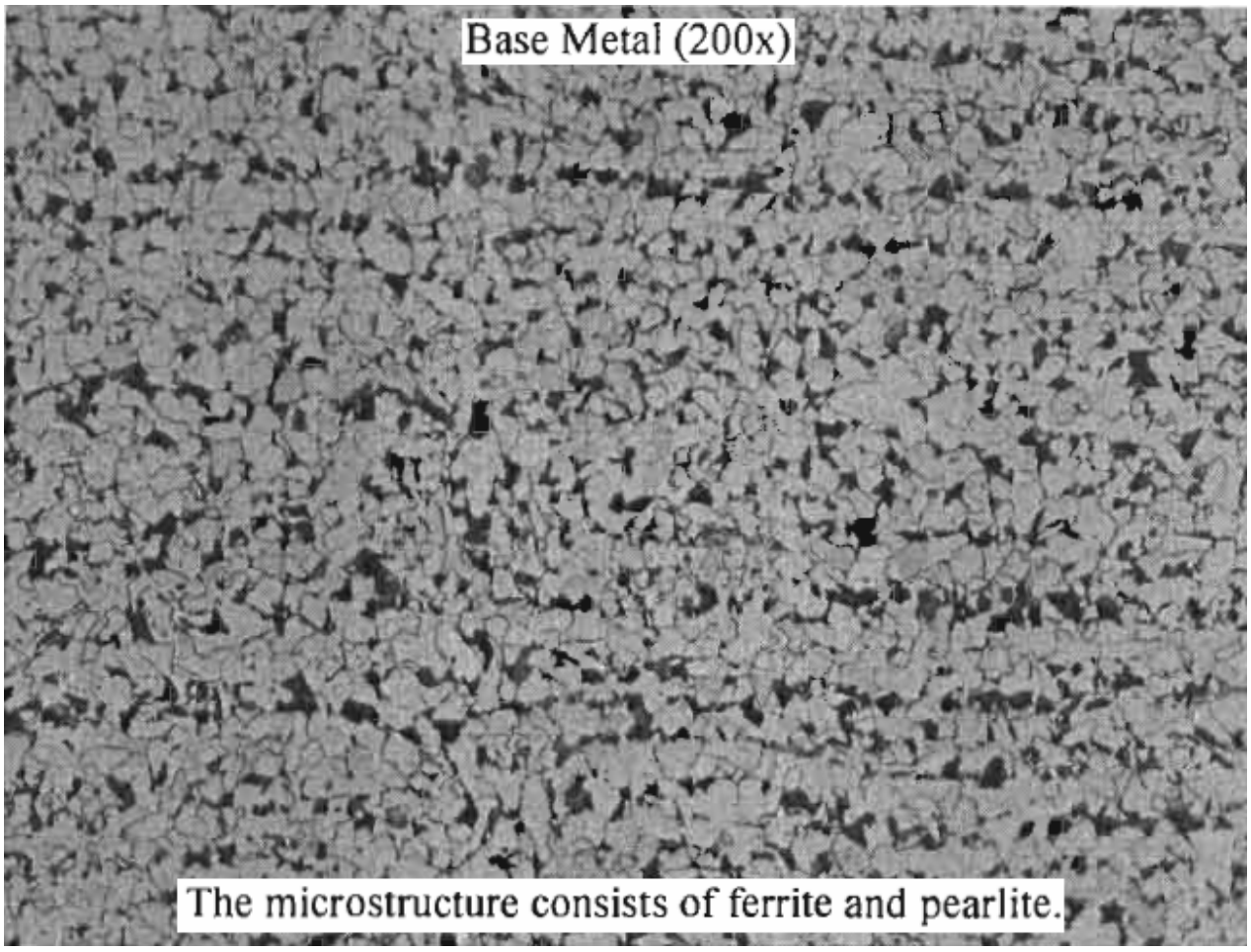
*- آزمایش میکرو (Micro Test)

در استاندارد ASME Section IX در مورد آزمایش میکرو (Micro Test) به عنوان یک آزمایشی که برای PQR لازم الاجراء باشد بحثی نشده است. معمولاً در مورد آزمایش میکرو در مشخصات فنی (Project Specification) پروژه ها بحث شده است. در ضخامتهای بالا چون هنگام جوشکاری سرعت سرد شدن سریع است در نتیجه امکان اینکه ساختار کریستالی متریال در فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) مارتنزیتی شود بالاست به همین دلیل برای اجتناب از چنین حالتی پس از عملیات جوشکاری، عملیات حرارتی PWHT انجام می شود تا اطمینان حاصل شود که ساختار فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت HAZ عاری از ساختار مارتنزیتی می باشد. پس از عملیات حرارتی PWHT، برای اطمینان از نتیجه‌ی این کار دو آزمایش انجام می شود

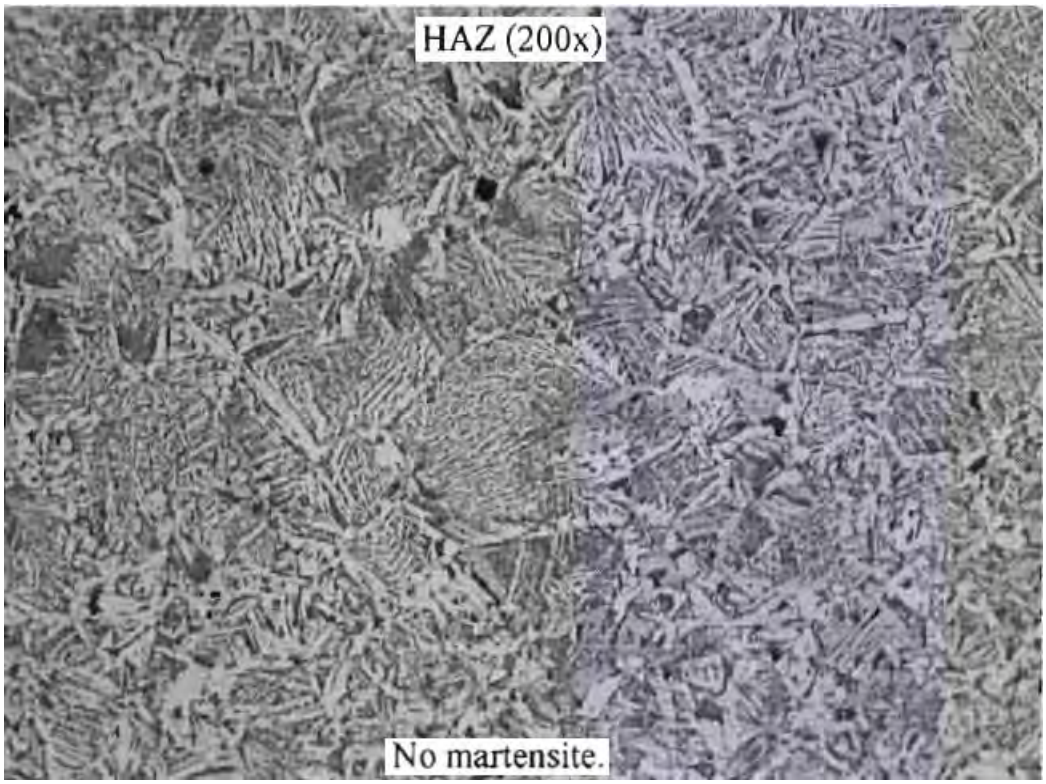
(a) – آزمایش میکرو (Micro Examination)

(b) – آزمایش سختی سنجی (Hardness Test)

ملاک و معیار قبولی یا مردودی نتیجه‌ی آزمایش میکرو (Micro Examination) وجود ساختار تمپر نشده در فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) است. به تعبیری دیگر وجود ساختار مارتنزیتی در سطح فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) است. زیرا ساختار مارتنزیتی ساختاری ترد و شکننده است و چنین ساختار کریستالی برای فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت (HAZ) بسار خطرناک است. چند تصویر از آزمایش میکرو



شکل-۴۶۷ : نمونه‌ی آزمایش میکرو از فلز مبنا که ساختاری فریتی و پرلیتی دارد



شکل-۴۶۸ : نمونه‌ی آزمایش میکرو از ناحیه‌ی متأثر از حرارت HAZ که عاری از ساختار ماتنزیتی است

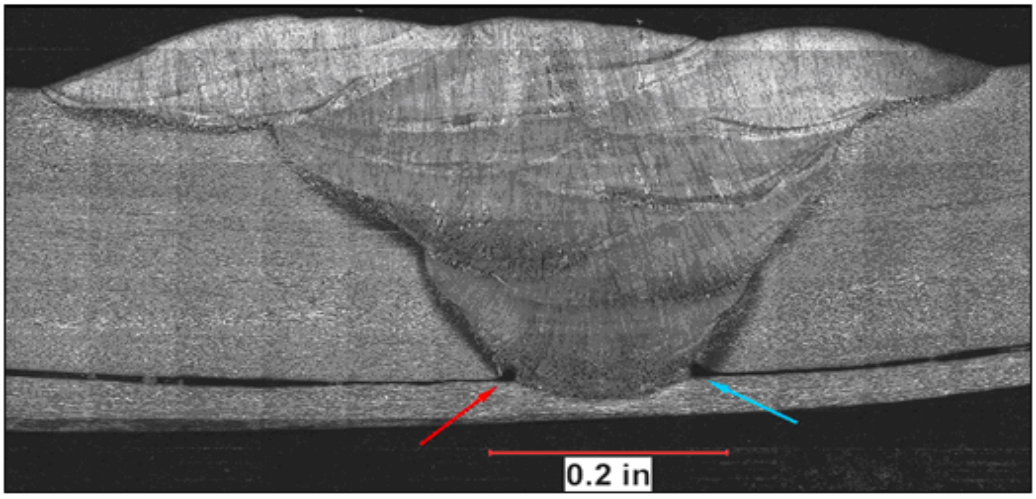


Photo 8: Weld rofile Etchant: Hot HCl solution

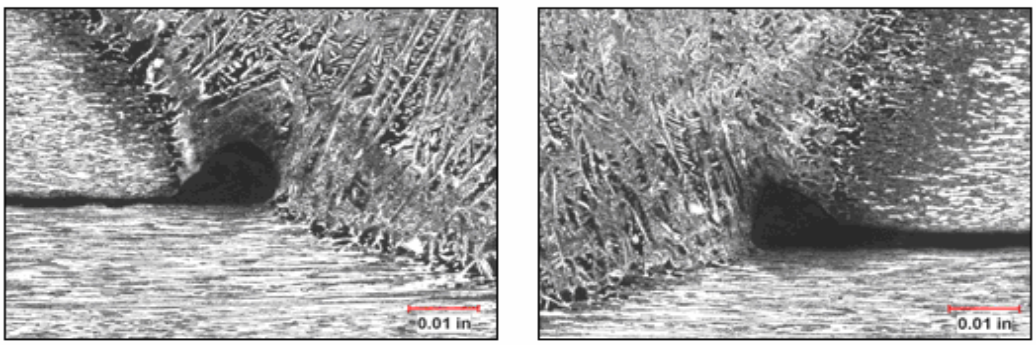


Photo 9: Mag: 50X; Etchant: Hot HCl solution Weld underfill condition

شکل-۴۶۹ : نمونه‌ی آزمایش ماکرو و میکرو از ناحیه‌ی جوش

*- آزمایش سختی سنجی (Hardness Test)

آزمایش سختی سنجی در استاندارد ASME Section IX جزء الزامات آزمایشات PQR نیست. تنها در پاراگراف QW-290 که مربوط به TEMPER BEAD WELDING بوده و در چنین حالتی آزمایش سختی سنجی جزء متغیرات اساسی محسوب می شود (به جدول QW-290.4 نگاه کنید.)

*- سختی چیست؟

خاصیت "سختی" را مشکل می توان تعریف کرد، مگر اینکه در رابطه با آزمون بخصوصی که مورد استفاده قرار می گیرد مقدار آن را تعیین کرد. باید توجه کرد که یک عدد یا مقدار سختی نمی تواند مانند یک مقدار استحکام کششی مستقیماً در طراحی به کار رود، زیرا اعداد سختی اهمیت ذاتی ندارد.

سختی یک خاصیت اساسی یک ماده نیست اما به خواص الاستیکی و پلاستیکی مربوط می شود. مقدار سختی که در یک آزمون بخصوص بدست می آید صرفاً به عنوان یک مقایسه بین مواد و عملیات است. آزمون سختی ممکن است به طور گسترده ای برای بازرسی و کنترل مورد استفاده قرار گیرد. معمولاً در نتیجه‌ی عملیات حرارتی یا مکانیکی سختی تغییر می کند. آزمون سختی را می توان به سه نوع تقسیم کرد:

- سختی الاستیک

- مقاومت به برش و سایش

- مقاومت در مقابل نفوذ

(نوع آزمونی که در صنعت زیاد کاربرد دارد نوع مقاومت در مقابل نفوذ است)

مقاومت در مقابل نفوذ:

این آزمون معمولاً با فشار دادن جسم سختی (نافذ) با شکل هندسی مشخص، تحت یک بار استاتیکی معین که مستقیماً یا توسط یک سیستم اهرم اعمال می شود، به نمونه ای که روی یک صفحهٔ محکمی قرار گرفته، انجام می گیرد. با توجه به نوع آزمون، سختی با یک عدد بیان می شود که تحت یک نیروی معین با عمق نفوذ نافذ به طور معکوس، یا با میانگین بار به سطح نفوذ به طور مستقیم متناسب است. معمول ترین روشهای آزمون های سختی نفوذی در زیر شرح داده شده می شوند.

آزمون سختی برینل- دستگاه سختی سنج برینل معمولاً شامل یک پرس هیدرولیک عمودی است که با دست کار می کند و یک نافذ کروی را روی نمونه‌ی آزمایشی فشار می دهد. به طور استاندارد این آزمون با یک کره به قطر ۱۰ میلی متر تحت بار ۳۰۰۰ کیلوگرم برای فلزات آهنی یا ۵۰۰ کیلوگرم برای فلزات غیر آهنی انجام می شود. برای فلزات آهنی حداقل ۱۰ ثانیه و برای فلزات غیر آهنی به مدت ۳۰ ثانیه توسط کرهٔ نافذ به سطح نمونه نیرو اعمال می شود. قطر عرقچین که توسط نافذ کروی روی نمونه ایجاد می شود بوسیله‌ی میکروسکپی که شامل یک مقیاس چشمی است و معمولاً $^{1}/_{10}$ میلی متر مدرج شده و تخمین ۰/۰۵ میلی متر امکان پذیر است، اندازه گیری می شود.

شماره‌ی سختی برینل (HB) نسبت بار به سطح نفوذ است با واحد کیلوگرم بر میلی متر مربع، و از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$HB = \frac{L}{(\frac{\pi D}{2})\,(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

(*) توضیحات سختی چیست؟ از کتاب "آشنایی با متالورژی فیزیکی تالیف: س.ه.اونر ترجمه مهندس علی اکبر آهنی" برداشت شده است. البته شکلها از اینترنت گرفته شده است و از شکلهای کتاب مذکور استفاده نشده است.

که در آن L ، نیروی اعمال شده، به کیلوگرم.

D، قطر کره، به میلی متر.

d قطر عرقچین ایجاد شده روی نمونه به میلیمتر، است.

معمولاً محاسبه ضروری نیست. زیرا جدول هایی برای تبدیل قطر عرقچین به شماره سختی برینل موجود هستند.

آزمون سختی راکول- این آزمون سختی از وسیله ای استفاده می کند که بر اساس اندازه گیری اختلاف عمق نفوذ مستقیماً عدد سختی را نشان می دهد. آزمون با بلند کردن آهستهٔ نمونه در مقابل نافذ شروع می شود تا اینکه یک بار اولیّه ثابت اعمال می شود. این نیرو روی صفحهٔ مدرج نشان داده می شود. سپس بار ثانویه که بیشتر از نیروی اولیّه است توسط یک سیستم اهرم اعمال می شود. بعد از آنکه عقربهٔ صفحهٔ مدرج در مقابل شماره ای ایستاد، بار ثانویه برداشته می شود، در حالی که بار اولیّه هنوز پابرجاست، شماره سختی راکول از روی صفحهٔ مدرج خوانده می شود. از آنجایی که ترتیب اعداد روی صفحهٔ مدرج معکوس می شود، نفوذ کم عمق در مواد سخت شماره بالایی را نشان میدهد، در حالی که نفوذ عمیق در مواد نرم شماره پایینی را نشان خواهد داد.

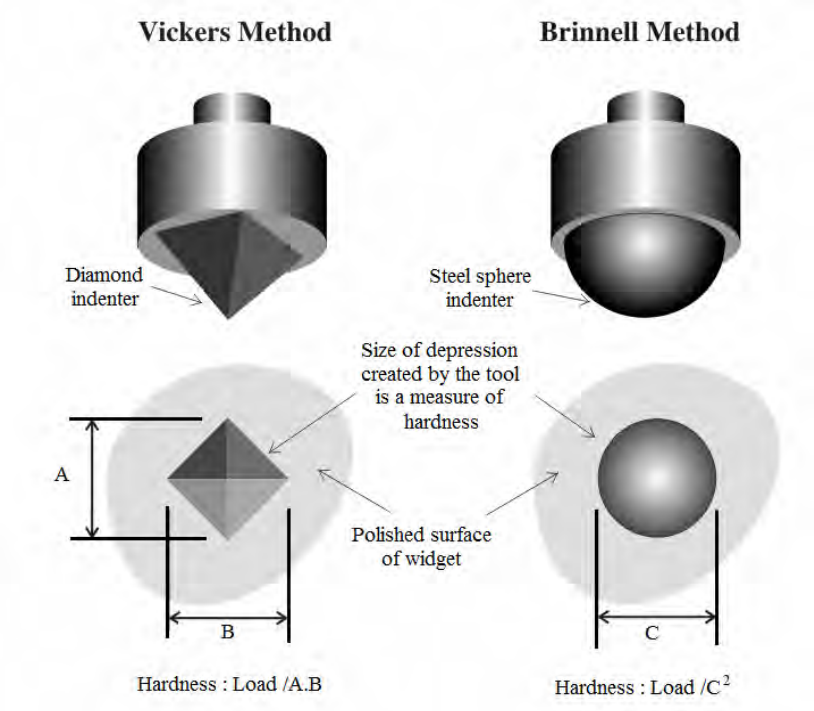
دو نوع ماشین راکول وجود دارد، دستگاه سختی سنج عادی برای نمونه های نسبتاً ضخیم، و سختی سنج سطحی برای نمونه های نازک، بار اولیّه در سختی سنج عادی ۱۰ کیلوگرم و در سختی سنج سطحی ۳ کیلوگرم است.

معمول ترین مقیاسهای راکول عبارتند از:

راکول B (نافذ کروی به قطر $^{1}/_{16}$ اینچ با بار ۱۰۰ کیلوگرم)

راکول C (نافذ مخروطی با بار ۱۵۰ کیلوگرم)

که هر دو با سختی سنج عادی انجام می گیرد. بعلت تنوع مقیاسهای راکول، شماره سختی را با سمبل HR مشخص کرده و بعد ازآن از حروف B و C استفاده می شود که به مقیاس انجام آزمون سختی اشاره می کند. مثلاً 82 HRB بدین معنی است که سختی راکول در مقیاس راکول B (نافذ کروی به قطر $^{1}/_{16}$ اینچ با بار ۱۰۰ کیلوگرم) اندازه گیری شده است.



شکل-۴۷۰ : نمونه‌ی نافذ برای آزمون سختی برینل و ویکرز

آزمون سختی ویکرز – در این آزمون، دستگاه از یک نافذ هرمی با قاعدهٔ مربع استفاده می کند که زاویه‌ی راس آن بین دو صفحهٔ مقابل ۱۳۶ درجه است. محدودهٔ بار بین ۱ تا ۱۲۰ کیلوگرم است. کار کرد دستگاه سختی سنج ویکرز بر اساس اصول دستگاه برینل است. شماره های سختی در واحد نیرو بر سطح اثر نافذ بیان می شود. در نتیجه‌ی شکل نافذ، اثر آن روی نمونه آزمایشی یک مربع است. طول قطر مربع توسط میکروسکپی که به دستگاه سوار شده و دارای یک میکرومتر چشمی و یک خط کش متحرک است اندازه گیری می شود. خط کش متحرک به $^{1}/_{1000}$ میلی متر مندرج است. به علت کم بودن بار مصرفی، سختی ویکرز قادر است ورقهای خیلی نازک را به خوبی قطعات ضخیم اندازه گیری کند.

آزمون سختی میکرو – این عبارت متاسفانه اشتباه تعبیر می شود و بنظر می رسد که این دستگاه برای آزمون مقادیر اندک سختی به کار می رود در حالی که عملاً به معنی استفاده از نافذهای کوچک است. بارهای آزمون مابین ۱و ۱۰۰۰ گرم هستند. برای آزمون سختی میکرو دو نوع نافذ به کار می رود. هرم الماس ۱۳۶ درجه با قاعدهٔ مربعی ویکرز که قبلاً تشریح شد و نافذ الماس نوپ.

مزایا و معایب انواع مختلف آزمونهای سختی

انتخاب یک آزمون سختی، معمولاً با توجه به سهولت انجام آزمون و درجهٔ دقت لازم تعیین می شود. از آنجائیکه آزمون برینل اثر نسبتاً بزرگی روی نمونه باقی می گذارد فقط به قطعات بزرگ محدود است.

در مواردیکه مواد قطعه‌ی آزمایشی یکنواخت نیست، این یک مزیت است. در آزمون برینل سطح قطعه‌ی آزمایشی لازم نیست که، مثل آزمونهای دیگر که اثر کوچکتری دارند، خیلی صاف باشد و همچنین استفاده از میکروسکپ برای اندازه گیری قطر اثر نافذ زیاد معمول نیست، بلکه بیشتر از سنجه های (Dial gauge) مدرج استفاده می شود. بعلت تغییر شکل کرهٔ فولادی، آزمون برینل عموماً بالای ۵۰۰ HB سختی را نادرست نشان می دهد. با استفاده از کره های کاربید تنگستن این محدوده را می توان تا ۶۵۰ HB گسترش داد.

آزمون راکول در عمل سریع و ساده است. از آنجائیکه بارها و نافذها کوچکتر از آزمون برینل هستند، آزمون راکول را می توان برای نمونه های نازکتر بکار برد، و قطعات سخت بخوبی قطعات نرم می توانند آزمایش شوند.

آزمون ویکرز حساس ترین سختی سنجهای تولید است. این آزمون برای تمام مواد مقیاس پیوسته و واحدی دارد، و شماره سختی اساساً مستقل از بار است. بعلت امکان استفاده از بارهای سبک، آزمایش قطعات نازکتر را بهتر از آزمون های دیگر انجام می دهد، و اثر مربع نافذ به آسانی و با دقت اندازه گیری می شود.

آزمون میکرو اساساً یک آزمون آزمایشگاهی است. استفاده از بارهای بسیار سبک، آزمایش قطعات بسیار کوچک و خیلی نازک را امکان پذیر می سازد. این آزمون را می توان برای تعیین سختی فازهای مختلف یک ساختار میکروسکپی بکار برد. از آنجائیکه هر چه نافذ کوچکتر باشد سطح تمام شده‌ی قطعه باید بسیار صافتر باشد، برای آزمایش ساختار میکروسکپی آماده سازی سطح نمونه مستلزم توجه و دقت زیادی است.

جهت اطلاع:

انجام تست سختی بر اساس آزمون برینل می بایست بر اساس استاندارد ASTM-E10 باشد.

ASTM-E10-Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials

انجام تست سختی بر اساس آزمون راکول می بایست بر اساس استاندارد ASTM-E18 باشد.

ASTM-E18- REV A Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

انجام تست سختی بر اساس آزمون ویکرز می بایست بر اساس استاندارد ASTM-E92 باشد.

ASTM-E92- Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials E1-1997 R(1997)

*- تبدیل مقیاس سختی ها

هر آزمون تست سختی واحد اندازه گیری خاص خود را دارد. مثلاً آزمون سختی برینل واحد اندازه گیری آن برینل است همین طور آزمون سختی راکول که واحد اندازه گیری آن راکول است. استانداردی که تبدیل این واحدها را به هم دیگر مشخص می کند استاندارد ASTM-E140 است.

ASTM-E140- Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Sclerscope Hardness.

مطابق این استاندارد وقتی مقیاسی را به مقیاس دیگر تبدیل می کنیم هر دو واحد را باید بنویسیم مطابق مثال زیر:

353 HBW (38 HRC)

E 140

TABLE 1 Approximate Hardness Conversion Numbers for Non-Austenitic Steels (Rockwell C Hardness Range)[A, B]

Rock-well C Hardness Number 150 kgf (HRC)	Vickers Hardness Number (HV)	Brinell Hardness Number[C] 10-mm Standard Ball, 3000-kgf (HBS)	Brinell Hardness Number[C] 10-mm Carbide Ball, 3000-kgf (HBW)	Knoop Hardness, Number 500-gf and Over (HK)	Rockwell Hardness Number A Scale, 60-kgf (HRA)	Rockwell Hardness Number D Scale, 100-kgf (HRD)	Rockwell Superficial Hardness Number 15-N Scale, 15-kgf (HR 15-N)	Rockwell Superficial Hardness Number 30-N Scale, 30-kgf (HR 30-N)	Rockwell Superficial Hardness Number 45-N Scale, 45-kgf (HR 45-N)	Sclero-scope Hard-ness Number[D]	Rock-well C Hardness Number 150 kgf (HRC)
68	940	...	...	920	85.6	76.9	93.2	84.4	75.4	97.3	68
67	900	...	...	895	85.0	76.1	92.9	83.6	74.2	95.0	67
66	865	...	...	870	84.5	75.4	92.5	82.8	73.3	92.7	66
65	832	...	(739)	846	83.9	74.5	92.2	81.9	72.0	90.6	65
64	800	...	(722)	822	83.4	73.8	91.8	81.1	71.0	88.5	64
63	772	...	(705)	799	82.8	73.0	91.4	80.1	69.9	86.5	63
62	746	...	(688)	776	82.3	72.2	91.1	79.3	68.8	84.5	62
61	720	...	(670)	754	81.8	71.5	90.7	78.4	67.7	82.6	61
60	697	...	(654)	732	81.2	70.7	90.2	77.5	66.6	80.8	60
59	674	...	634	710	80.7	69.9	89.8	76.6	65.5	79.0	59
58	653	...	615	690	80.1	69.2	89.3	75.7	64.3	77.3	58
57	633	...	595	670	79.6	68.5	88.9	74.8	63.2	75.6	57
56	613	...	577	650	79.0	67.7	88.3	73.9	62.0	74.0	56
55	595	...	560	630	78.5	66.9	87.9	73.0	60.9	72.4	55
54	577	...	543	612	78.0	66.1	87.4	72.0	59.8	70.9	54
53	560	...	525	594	77.4	65.4	86.9	71.2	58.6	69.4	53
52	544	(500)	512	576	76.8	64.6	86.4	70.2	57.4	67.9	52
51	528	(487)	496	558	76.3	63.8	85.9	69.4	56.1	66.5	51
50	513	(475)	481	542	75.9	63.1	85.5	68.5	55.0	65.1	50
49	498	(464)	469	526	75.2	62.1	85.0	67.6	53.8	63.7	49
48	484	451	455	510	74.7	61.4	84.5	66.7	52.5	62.4	48
47	471	442	443	495	74.1	60.8	83.9	65.8	51.4	61.1	47
46	458	432	432	480	73.6	60.0	83.5	64.8	50.3	59.8	46
45	446	421	421	466	73.1	59.2	83.0	64.0	49.0	58.5	45
44	434	409	409	452	72.5	58.3	82.5	63.1	47.8	57.3	44
43	423	400	400	438	72.0	57.7	82.0	62.2	46.7	56.1	43
42	412	390	390	426	71.5	56.9	81.5	61.3	45.5	54.9	42
41	402	381	381	414	70.9	56.2	80.9	60.4	44.3	53.7	41
40	392	371	371	402	70.4	55.4	80.4	59.5	43.1	52.6	40
39	382	362	362	391	69.9	54.6	79.9	58.6	41.9	51.5	39
38	372	353	353	380	69.4	53.8	79.4	57.7	40.8	50.4	38
37	363	344	344	370	68.9	53.1	78.8	56.8	39.6	49.3	37
36	354	336	336	360	68.4	52.3	78.3	55.9	38.4	48.2	36
35	345	327	327	351	67.9	51.5	77.7	55.0	37.2	47.1	35
34	336	319	319	342	67.4	50.8	77.2	54.2	36.1	46.1	34
33	327	311	311	334	66.8	50.0	76.6	53.3	34.9	45.1	33
32	318	301	301	326	66.3	49.2	76.1	52.1	33.7	44.1	32
31	310	294	294	318	65.8	48.4	75.6	51.3	32.5	43.1	31
30	302	286	286	311	65.3	47.7	75.0	50.4	31.3	42.2	30
29	294	279	279	304	64.8	47.0	74.5	49.5	30.1	41.3	29
28	286	271	271	297	64.3	46.1	73.9	48.6	28.9	40.4	28
27	279	264	264	290	63.8	45.2	73.3	47.7	27.8	39.5	27
26	272	258	258	284	63.3	44.6	72.8	46.8	26.7	38.7	26
25	266	253	253	278	62.8	43.8	72.2	45.9	25.5	37.8	25
24	260	247	247	272	62.4	43.1	71.6	45.0	24.3	37.0	24
23	254	243	243	266	62.0	42.1	71.0	44.0	23.1	36.3	23
22	248	237	237	261	61.5	41.6	70.5	43.2	22.0	35.5	22
21	243	231	231	256	61.0	40.9	69.9	42.3	20.7	34.8	21
20	238	226	226	251	60.5	40.1	69.4	41.5	19.6	34.2	20

Rockwell C (HRC)

Brinell (HBW)

جدول-۴۷۱ : نمونه ای برای تبدیل واحدهای آزمونهای سختی متفاوت

نمونه هایی از دستگاههای سختی سنجی مستقر در آزمایشگاه

شکل-۴۷۲ : دستگاه تست سختی سنجی راکول

شکل-۴۷۳ : دستگاه تست سختی سنجی برینل

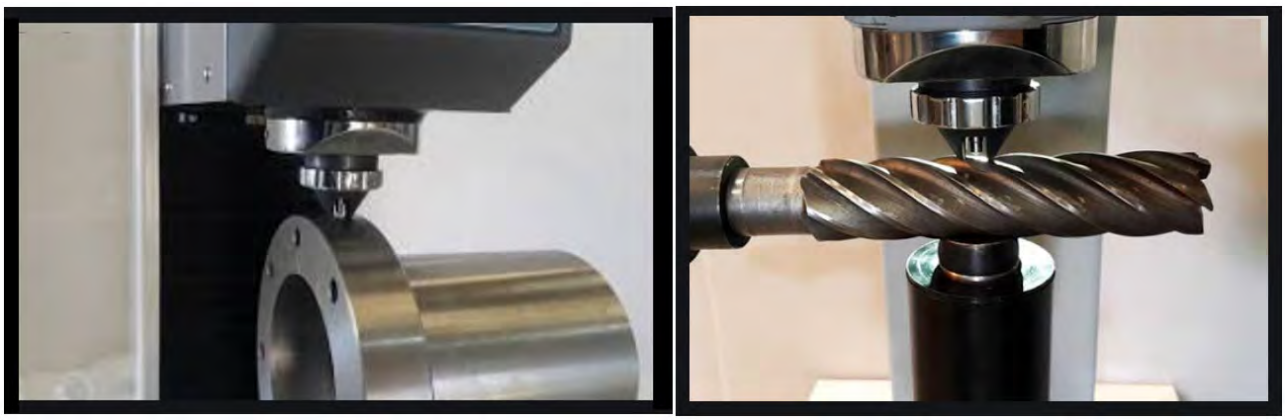
شکل-۴۷۴ : دستگاه تست سختی سنجی ویکرز

نمونه‌ی دستگاه سختی سنجی قابل حمل و کاربردی در محل کار:

شکل-۴۷۵ : دستگاه تست سختی سنجی دستی

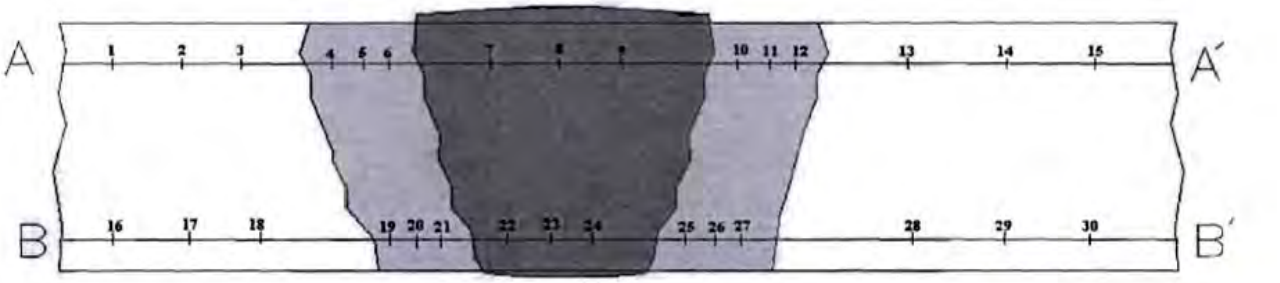
شکل-۴۷۶ : دستگاه تست سختی سنجی دستی

شکل-۴۷۷ : انجام تست سختی سنجی با دستگاه تست سختی سنجی دستی



شکل-۴۷۸ : انجام تست سختی سنجی با دستگاه تست سختی سنجی دستی

هنگام درخواست انجام تست سختی سنجی در فرم Application محل و تعداد نقاطی که می بایست تست انجام شود، مشخص می گردد. علاوه بر این شکل شماتیک انجام تست نیز پیوست می شود.



آزمایش سختی سنجی

استاندارد مرجع : ASTM-E92 سختی سنجی به روش ویکرز

فروروندە : هرو الماسه

با توجه به آزمایش انجام شده نتایج حاصل بشرح زیر است : ساعت (12)

ردیف	موقعیت سختی سنجی	نیروی اعمالی (Kgf)	عدد سختی (HV)	ردیف	موقعیت سختی سنجی	نیروی اعمالی (Kgf)	عدد سختی (HV)
1	BM1	5	175	16	BM1	5	175
2	BM2	5	172	17	BM2	5	172
3	BM3	5	175	18	BM3	5	172
4	HAZ1	5	183	19	HAZ1	5	187
5	HAZ2	5	185	20	HAZ2	5	182
6	HAZ3	5	180	21	HAZ3	5	185
7	WM1	5	175	22	WM1	5	175
8	WM2	5	177	23	WM2	5	172
9	WM3	5	172	24	WM3	5	175
10	HAZ1	5	203	25	HAZ1	5	201
11	HAZ2	5	201	26	HAZ2	5	199
12	HAZ3	5	204	27	HAZ3	5	201
13	BM1	5	172	28	BM1	5	172
14	BM2	5	175	29	BM2	5	175
15	BM3	5	175	30	BM3	5	177

شکل-۴۷۹ : نمونه‌ی نتیجه‌ی آزمایش تست سختی سنجی

باید دقت کرد که نقاط انتخابی جهت تست ۱ میلی متر زیر سطح بالایی و ۱ میلی متر بالاتر از سطح زیری انتخاب گردند و تست باید بر روی قطعه ای که ماکرو شده انجام شود و موقعیت آن نیز مشخص شود که معمولاً موقعیت محل تست را با موقعیت ساعت مشخص می کنند مثلاً محل تست باید در موقعیتهای ساعت ۱۲ ؛ ۳ ؛ ۶ یا ساعت ۹ باشد.

*- معیار و ملاک قبولی تست سختی سنجی

۱- بر اساس مشخصات فنی هر پروژه

معمولاً در مشخصات فنی هر پروژه ای عدد قابل قبول برای نتیجه‌ی تستهای سختی سنجی مشخص شده است و این عدد به چند پارامتر بستگی دارد که مهمترین آنها انجام عملیات حرارتی، عملیات کار گرم، نوع متریال که NACE باشد یا نباشد و همچنین روش جوشکاری می باشد.

برای مثال: عدد قابل قبول مطابق مشخصات فنی پروژه شرکت توتال فرانسه برای سرویس ترش با شماره مشخصات فنی GS EP PLR 421 برای جوشهای اتوماتیک با بار ۵ کیلوگرم در پاراگراف 8.4.2.7 مشخص شده است.

Exploration & Production

General Specification	Site welding of carbon steel pipelines to API 1104 and DNV-OS-F101 (mild, intermediate and severe sour service)	Date: 01/2012
GS EP PLR 421		Rev: 09

8.4.2.7 Hardness test

On the above macrographs, a Vickers hardness survey according to ASTM E 384 (or equivalent Std) shall be made using a 5 kg load as shown in Appendix 3.

One additional macro-section shall be taken where a longitudinal weld intersects the circumferential weld and a hardness survey shall also be carried out at this location.

Another additional hardness test shall be made on the macrosection located at 3 o'clock position for automatic welding processes.

The maximum HV5 hardness shall not exceed the values stated in Table below:

Sour service	Weld root and cap
Mild	300
Intermediate	280
Severe	250

*- پاراگراف 8.4.2.7 – آزمایش سختی:

در مورد ماکروگراف های فوق ، بررسی سختی ویکرز طبق ASTM E 384 (یا استاندارد معادل) با استفاده از بار ۵ کیلوگرم همانطور که در پیوست ۳ نشان داده شده است ، باید انجام شود. در جاییکه یک جوش طولی با یک جوش محیطی برخورد دارد، از این موقعیت یک تست اضافی ماکرو باید در نظر گرفته شود که از آن یک بررسی سختی انجام شود. در موقعیت ساعت ۳ برای فرآیندهای جوشکاری اتوماتیک یک تست سختی اضافی دیگر باید روی قطعه‌ی ماکرو انجام شود.

حداکثر سختی HV5 نباید از مقادیر مندرج در جدول زیر تجاوز کند:

۲- بر اساس استاندارد

●- استاندارد API RP-582-2016

API RECOMMENDED PRACTICE 582 THIRD EDITION, MAY 2016

11.3 Additional Procedure Qualification Requirements for Duplex and Super Duplex Stainless Steels

11.3.5 Hardness Testing

11.3.5.1 For duplex stainless steel, the maximum allowable hardness is 320 HV10.

11.3.5.2 For super duplex stainless steel, the maximum allowable hardness is 350 HV10.

12.6 Hardness Testing—Weld Procedure Qualification and Production Testing

12.6.1 When specified by the purchaser, hardness testing shall be performed in accordance with the latest edition of NACE MR0103 or NACE MR0175/ISO 15156.

12.6.2 Hardness testing results shall comply with the latest edition of NACE SP0472 and NACE MR0103.

ترجمه:

*- پاراگراف 11.3 – الزامات اضافی لازم برای ارزیابی صلاحیت دستورالعمل برای فولادهای زنگ نزن دابلکس و فولادهای زنگ نزن سوپر دابلکس

❋- پاراگراف 11.3.5 – آزمایش سختی سنجی

❋- پاراگراف 11.3.5.1 – برای فولاد ضد زنگ دابلکس ، حداکثر سختی مجاز 320 HV10 است.

❋- پاراگراف 11.3.5.2 – برای فولاد ضد زنگ سوپر دابلکس ، حداکثر سختی مجاز 350 HV10 است.

❋- پاراگراف 12.6 – تست سختی سنجی- ارزیابی صلاحیت دستورالعمل جوش و تست (جوش) تولیدی

❋- پاراگراف 12.6.1 – وقتی بوسیله خریدار مشخص می شود، تست سختی سنجی می بایست مطابق با آخرین ویرایش استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 و استاندارد NACE MR0103 انجام شود.

❋- پاراگراف 12.6.2 – نتایج آزمایش سنجی باید با آخرین ویرایش NACE SP0472 و NACE MR0103 مطابقت داشته باشد.

●- استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

❋- پاراگراف A.2.1.2 – ترکیب فلز اصلی ، عملیات حرارتی و سختی

فولادهای کربنی و کم آلیاژ در حداکثر سختی ۲۲ راکول سی قابل قبول هستند، به شرطی که آنها کمتر از ۱ درصد کسر جرمی نیکل داشته باشند ، فولادهای ماشینکاری آزاد نباشند و در یکی از شرایط عملیات حرارتی زیر استفاده شده باشند:

a) hot-rolled (carbon steels only);
b) annealed;
c) normalized;
d) normalized and tempered;
e) normalized, austenitized, quenched, and tempered;
f) austenitized, quenched, and tempered.

جدول-۲۱۵ : جدول A.1 از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

ANSI/NACE MR0175/ISO 15156-2:2015(E)

Table A.1 — Maximum acceptable hardness values for carbon steel, carbon-manganese steel and low-alloy steel welds

Hardness test methods	Hardness test locations for welding procedure qualification	Maximum acceptable hardness
Vickers HV 10 or HV 5 or Rockwell HR 15N	Weld root: Base metal, HAZ and weld root metal as shown in Figure 2, Figure 3 or Figure 4	250 HV 70.6 HR 15N
	Base metal and HAZ for weld overlays as shown in Figure 6; see also A.2.1.5 b)	250 HV 70.6 HR 15N
	Weld cap: Base metal, HAZ and weld metal of unexposed weld cap as shown in Figure 2 or Figure 4	275 HV[a] 73.0 HR 15N
Rockwell HRC; see 7.3.3.2	As shown in Figure 5	22 HRC
	Base metal and HAZ for weld overlays as shown in Figure 6; see also A.2.1.5 b)	22 HRC

[a] The maximum shall be 250 HV or 70.6 HR 15N unless all three of the following conditions are met:
— equipment user agrees the alternative weld cap hardness limit;
— parent material(s) are over 9 mm thick;
— weld cap is not exposed directly to the sour environment.

یادداشتهای مربوط به جدول A.1

[a] حداکثر می بایستی 250HV یا 70.6 HR با نیروی ۱۵ نیوتن باشد مگر تمام سه شرایط زیر رعایت شوند:

- استفاده کننده از تجهیز با محدوده‌ی سختی پاس رو یا کپ جوش (Weld Cap) موافقت کند.
- فلز یا فلزات اصلی باید ضخامتی بالاتر از ۹ میلیمتر داشته باشند.
- پاس رو یا کپ جوش (Weld Cap) مستقیماً در معرض محیط ترش قرار نمی گیرد.

*- پاراگراف A.2.1.3 – فولادهای کربنی قابل قبول با محدودیت های تجدید نظر شده یا اضافی

علاوه بر محدودیت های پاراگراف A.2.1.2 ، برخی از فولادهای کربنی نیز مشمول محدودیت های تجدید نظر شده یا اضافی زیر هستند.

(a) – فرچینگ های تولید شده مطابق با ASTM A105 در صورت که سختی آنها از 187 HBW تجاوز نکند قابل قبول هستند.

(b) – اتصالات ساخته شده لوله مطابق ASTM A234 ، گریدهای WPB و.WPC در صورت که سختی آنها از 197 HBWتجاوز نکنند قابل قبول هستند.

*- پاراگراف A.2.1.4 – جوشکاری

A.2.1.4 Welding

Welding and weld-hardness determinations shall be performed in accordance with 7.3.3.

Acceptable maximum hardness values for carbon steel, carbon manganese steel and low alloy steel welds are given in Table A.1.

As-welded carbon steels, carbon-manganese steels and low-alloy steels that comply with the hardness requirements of Table A.1 do not require post-weld heat treatment.

Tubular products with an SMYS not exceeding 360 MPa (52 ksi) and listed in Table A.2 are acceptable in the as-welded condition. For these products, hardness testing of welding procedures may be waived if agreed by the equipment user.

Some tubular products with an SMYS exceeding 360 MPa (52 ksi) (see A.2.2.2) may be acceptable in the as-welded condition if suitable qualified welding procedures are used. The conditions in Table A.1 shall be met.

Carbon steel, carbon manganese and low-alloy steel weldments that do not comply with other paragraphs of this subclause shall be post weld heat treated after welding. The heat treatment temperature and its duration shall be chosen to ensure that the maximum weld zone hardness, determined in accordance with 7.3, shall be 250 HV or, subject to the restrictions described in 7.3.3, 22 HRC.

A minimum post weld heat treatment temperature of 620 °C (1 150 °F) shall be used for low alloy steels.

The acceptability of any effects on mechanical properties, other than hardness, caused by the chosen heat treatment and its duration shall be subject to the approval of the equipment user.

Welding consumables and procedures that produce a deposit containing more than 1 % mass fraction nickel are acceptable after successful weld SSC qualification by testing in accordance with Annex B.

شکل-۴۸۰ : پاراگراف A.2.1.4 از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

تعیین جوشکاری و سختی جوش باید مطابق پاراگراف 7.3.3 انجام شود.

مقادیر حداکثر سختی قابل قبول برای فولاد کربن ، فولاد منگنز کربن و جوش های فولادی کم آلیاژ در جدول A.1 آورده شده است. فولادهای کربنی جوش داده شده (As-welded) ، فولادهای کربن منگنز و فولادهای کم آلیاژ که مطابق با سختی جدول A.1 هستند ، نیازی به عملیات حرارتی بعد از جوش ندارند.

محصولات لوله ای که SMYS آنها از ۳۶۰ مگاپاسکال (52 ksi) بیشتر نباشد و در جدول A.2 لیست شده باشند در شرایط جوش شده (As-welded) قابل قبول هستند. در مورد این محصولات ، آزمایش سختی مراحل جوشکاری در صورت

توافق کاربر تجهیزات ممکن است حذف شود. در صورت استفاده از روشهای مناسب برای جوشکاری ، برخی از محصولات لوله ای با SMYS بیش از ۳۶۰ مگاپاسکال (52 ksi) (به A.2.2.2 نگاه کنید) ممکن است در شرایط جوش شده (As-welded) قابل قبول باشد. شرایط جدول A.1 باید رعایت شود.

قطعات جوشکاری شده‌ی فولاد کربنی ، کربن منگنز و فولاد کم آلیاژ که مطابق با بندهای دیگر این زیرمجموعه کامل نشده اند، می بایست پس از جوشکاری، عملیات تنش زدایی (PWHT) برای آنها انجام شود.

درجه حرارت عملیات حرارتی و مدت زمان آن برای اطمینان از اینکه حداکثر سختی ناحیه جوش که مطابق با پاراگراف 7.3 تعیین می شود ، باید 250 HV یا با توجه به محدودیت های گفته شده در پاراگراف 7.3.3 ، 22HRC انتخاب شود.

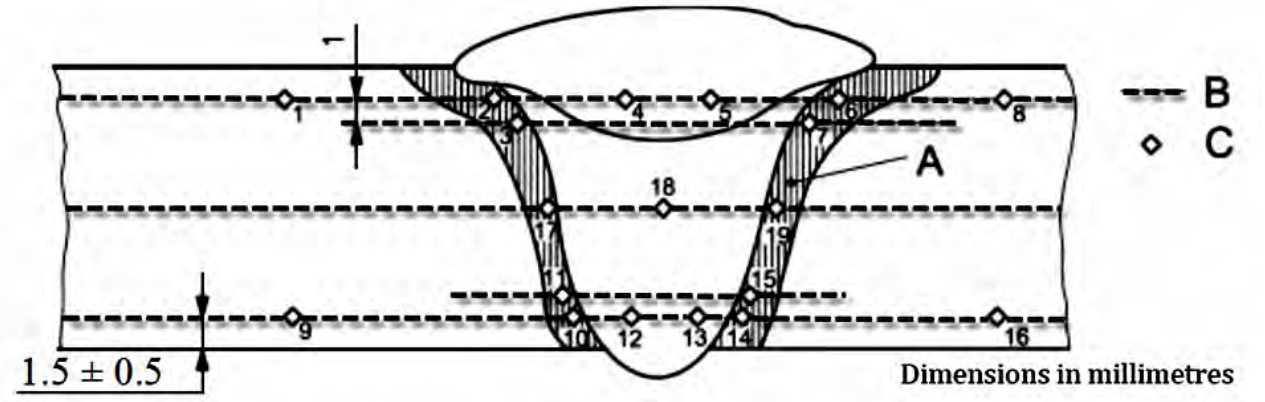
برای فولادهای کم آلیاژ باید از حداقل دمای عملیات حرارتی پس از جوش (1150 °F) 620 °C استفاده شود. قابل قبول بودن هرگونه تأثیر بر خواص مکانیکی غیر از سختی ناشی از عملیات حرارتی انتخابی و مدت زمان آن منوط به تأیید کاربر تجهیزات خواهد بود.

مواد مصرفی جوشکاری و رویه هایی که باعث ایجاد رسوب حاوی بیش از ۱٪ نیکل کسر جرمی شوند ، پس از تأیید رضایت مندی تست SSC از جوش مطابق با ضمیمه B قابل قبول هستند.

*- پاراگراف 7.3.3.3 – بررسی سختی برای صلاحیت روش جوشکاری

بررسی سختی ویکرز HV باید مطابق شکل ۲ برای جوشهای لب به لب باشد ، شکل ۳ برای جوشهای گوشه ایی و شکل ۴ برای جوشهای تعمیر و نفوذ جزئی باشد. بررسی راکول HRC از جوش های لب به لب باید مطابق شکل ۵ باشد. الزامات بررسی برای سایر تنظیمات مشترک باید از این شکل ها تهیه شود.

بررسی سختی برای ارزیابی صلاحیت مراحل جوشکاری Overlay باید مطابق شکل ۶ باشد.



Key

A weld heat-affected zone (visible after etching)

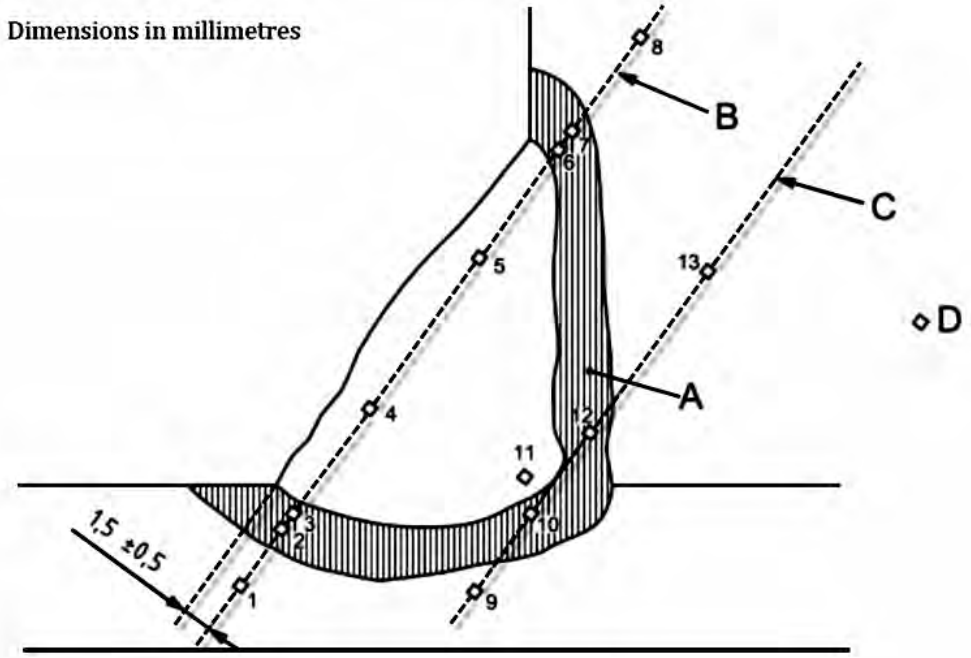
B lines of survey

C hardness impressions: Impressions 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17 and 19 should be entirely within the heat-affected zone and located as close as possible to the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone

The top line of survey should be positioned so that impressions 2 and 6 coincide with the heat-affected zone of the final run or change of profile of the fusion line associated with the final run.

Figure 2 — Butt-weld survey method for Vickers hardness measurement

شکل-۴۸۱ : شکل ۲ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015



Key

A weld heat-affected zone (visible after etching)

B line of survey

C line of survey, parallel to line B and passing through the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone at the throat

D hardness impressions: Impressions 3, 6, 10 and 12 should be entirely within the heat-affected zone and located as close as possible to the fusion boundary between the weld metal and the heat-affected zone

Figure 3 — Fillet weld

شکل-۴۸۲ : شکل ۳ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

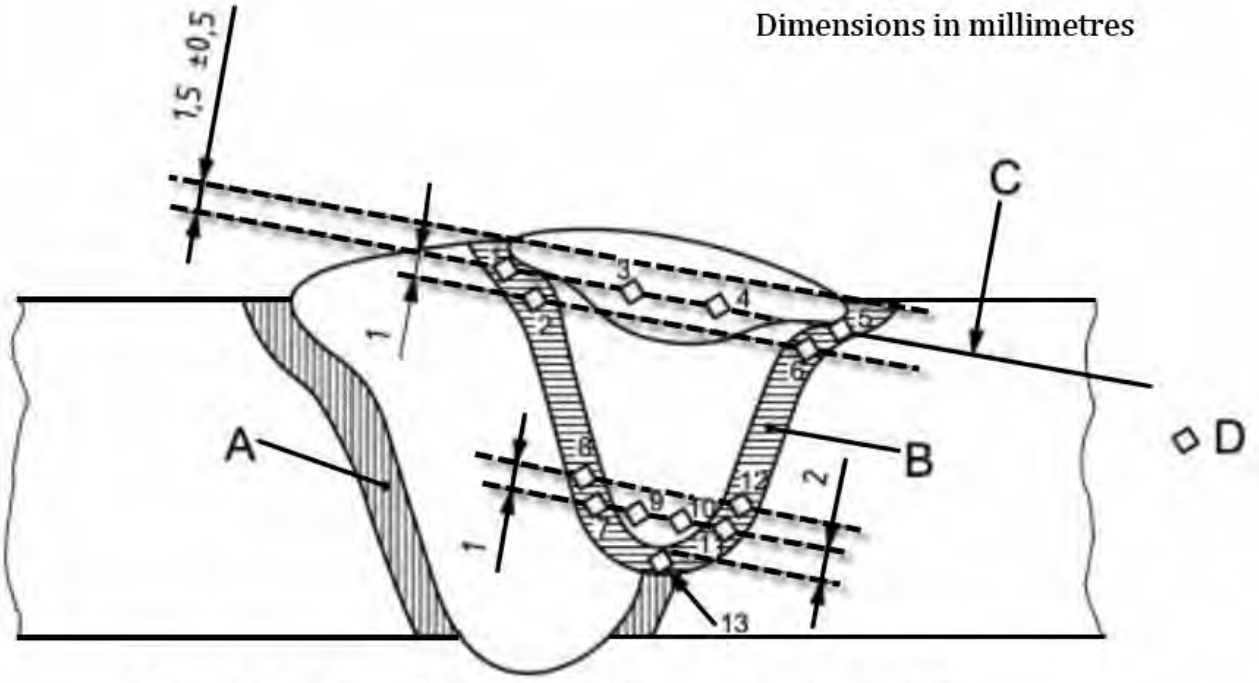


Figure 4 — Repair and partial penetration welds

شکل-۴۸۳ : شکل ۴ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

Key

A original weld heat-affected zone

B repair-weld heat-affected zone

C parallel lines of survey

D hardness impressions: Impressions in the heat-affected zone should be located as close as possible to the fusion boundary

The top line of survey should be positioned so that the heat-affected zone impressions coincide with the heat-affected zone of the final run or change in profile of the cap of fusion line associated with the final run.

شکل-۴۸۴ : راهنمای شکل ۴ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

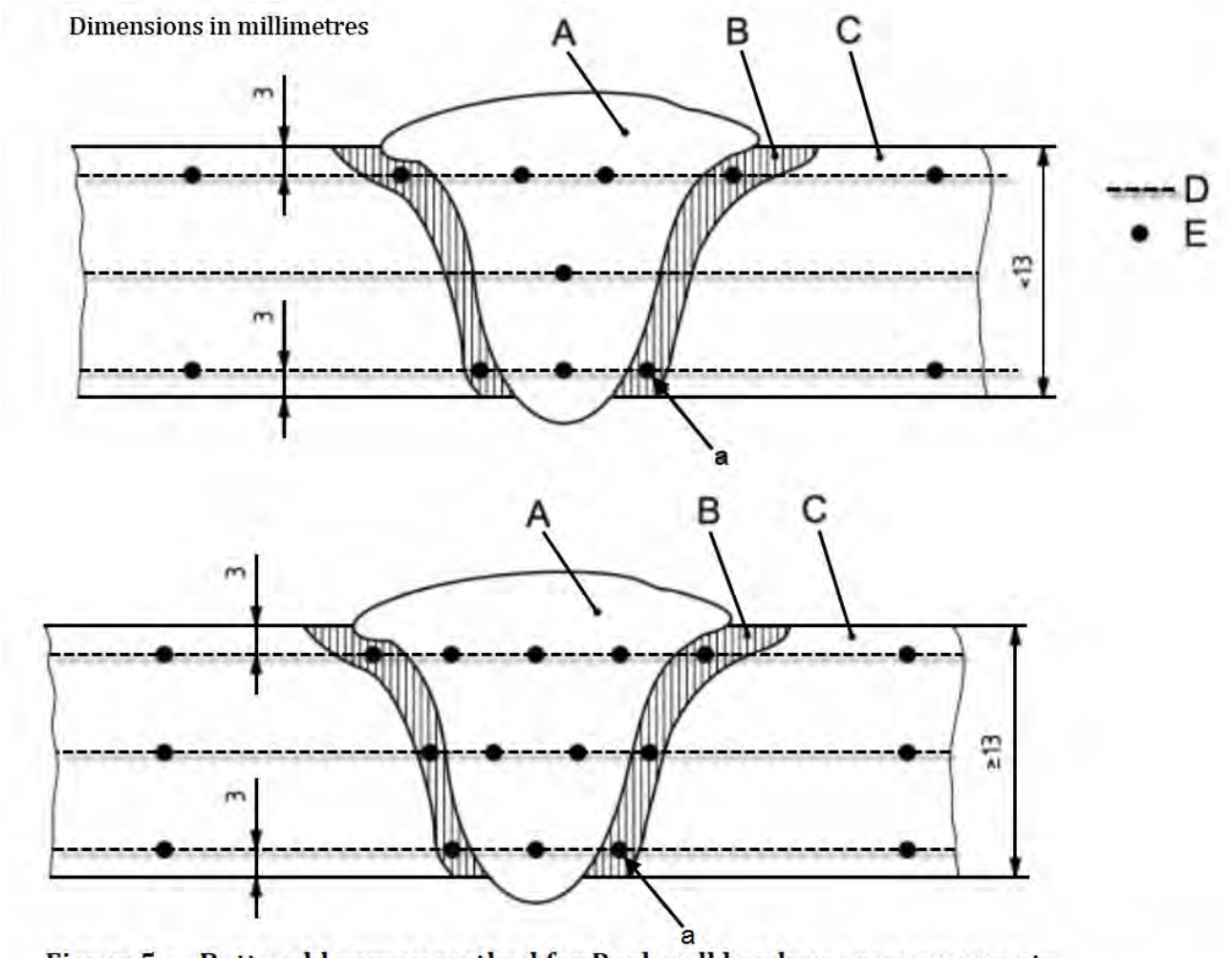


Figure 5 — Butt weld survey method for Rockwell hardness measurements

Key

A weld

B weld heat-affected zone (visible after etching)

C parent metal

D lines of survey

E hardness impressions: Impressions in the weld heat-affected zone should be located within 2 mm of the fusion boundary

شکل-۴۸۵ : شکل ۵ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

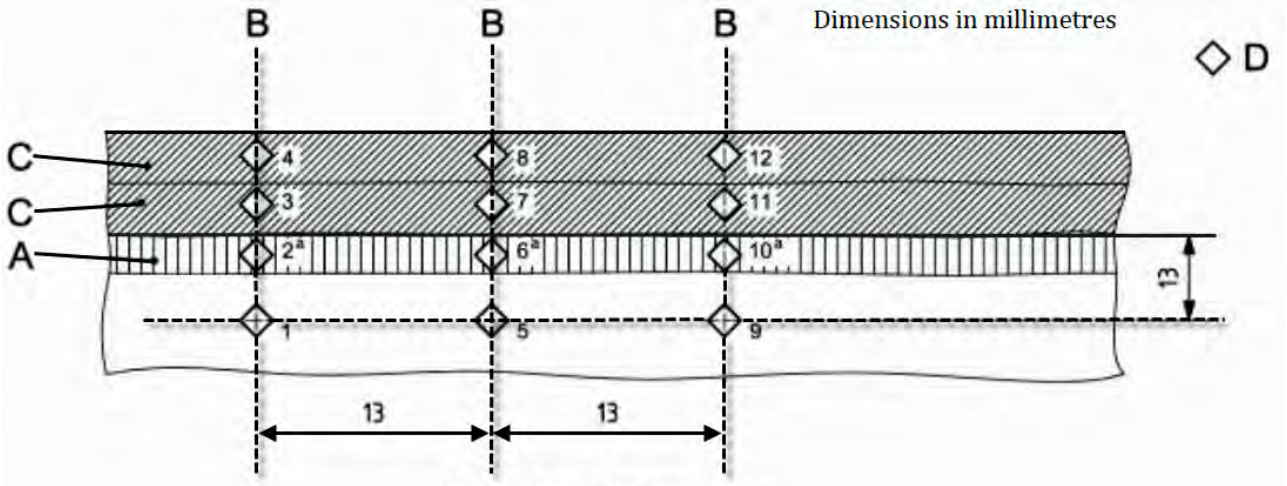


Figure 6 — Weld overlay

Key

A weld heat-affected zone (visible after etching)

B lines of hardness survey indentations 1 to 12

C layer of weld overlay (visible after etching)

D hardness impressions

The Rockwell C hardness measurement method may be used subject to the requirements of 7.3.3.2. HRC hardness impressions in the HAZ shall be located within 2 mm of the fusion boundary.

[a] Using the Vickers or Rockwell 15N measurement methods, hardness impressions 2, 6 and 10 should be entirely within the heat-affected zone and located as close as possible to, but no more than 1 mm from, the fusion boundary between the weld overlay and HAZ.

شکل-۴۸۶ : شکل ۶ از استاندارد NACE MR0175/ISO 15156-2015

●- استاندارد NACE MR0103-2016

***- پاراگراف 13 – مواد آهنی

*- پاراگراف 13.1 – فولادهای کربنی و آلیاژی

*- پاراگراف 13.1.1 – الزاماتی برای تمامی فولادهای کربنی و آلیاژی

فولادهای کربنی و آلیاژی به موارد زیر نیاز دارند:

(a) – حاوی افزودنی های عمدی عناصر مانند سرب ، سلنیوم یا گوگرد برای بهبود ماشینکاری نباشند.

(b) – معیارهای 13.1.6 تا 13.1.9 را رعایت کنید.

(c) – در یکی از شرایط عملیات حرارتی زیر استفاده شوند:

1) hot-rolled (carbon steels only);
2) annealed;
3) normalized;
4) normalized and tempered;
5) normalized, austenitized, quenched, and tempered;
6) austenitized, quenched, and tempered.

*- یادداشت: در فولادهای کربنی و فولادهای آلیاژی حداکثر ۱٪ محدودیت نیکل وجود ندارد.

*- پاراگراف 13.1.3 – الزاماتی برای سایر فولادهای کربنی

سایر فولادهای کربنی باید حداکثر سختی 22HRC (237 HBW) داشته باشند.

*- پاراگراف 13.1.4 – فولادهای آلیاژی که در زیر شماره شماره های ASME BPVC بخش IX ذکر شده در جدول ۲ وجود دارد ، نباید از حداکثر میزان سختی ذکر شده تجاوز کند.

جدول-۲۱۶ : جدول ۲ از استاندارد NACE MR0103-2016

Table 2 — Maximum hardness requirements for P-Numbered alloy steels

Alloy steel	Maximum hardness
P-No. 3	225 HBW
P-No. 4	225 HBW
P-No. 5A	235 HBW
P-No. 5B	235 HBW
P-No. 5C	235 HBW
P-No. 6	235 HBW
P-No. 7	235 HBW
P-No. 10A	225 HBW
P-No. 10B	225 HBW
P-No. 10C	225 HBW
P-No. 10F	225 HBW
P-No. 11	225 HBW

❋- پاراگراف 13.1.5 – الزاماتی برای دیگر فولادهای آلیاژی (منظور فولادهای آلیاژیی که در جدول ۲ نیستند).
سایر فولادهای آلیاژی باید حداکثر سختی 22HRC (237 HBW) داشته باشند.

❋- پاراگراف 13.5 – فولادهای زنگ نزن آستنیتی

❋- پاراگراف 13.5.1 – فولادهای زنگ نزن آستنیتی باید الزامات ترکیب شیمیایی مشخص شده در جدول ۳ را برآورده سازند ، نباید از 22HRC تجاوز کند ، باید در حالت Solution-Annealed و گوینچ یا Solution-Annealed و از نظر حرارتی تثبیت شده باشد ، و عاری از کار سرد (Cold work) در جهت تقویت خواص مکانیکی باشد. فولادهای زنگ نزن آستنیتی حاوی سرب یا سلنیوم به منظور بهبود قابلیت ماشینکاری مجاز نیست.

جدول-۲۱۷ : جدول ۳ از استاندارد NACE MR0103-2016

Table 3 — Chemical composition requirements for austenitic stainless steels

Element	Mass percent[a]
C	0,10 max
Cr	16,0 min
Ni	8,0 min
Mn	2,0 max
Si	2,0 max
P	0,045 max
S	0,04 max

[a] The chemical compositions of the cast "austenitic" stainless steels often vary from those of their fully austenitic wrought counterparts to optimize casting characteristics. Many of these alloys are intentionally balanced to contain some ferrite, which renders them partially magnetic.

[a] ترکیبات شیمیایی فولادهای زنگ نزن آستنیتی ریخته گری شده اغلب برای بهینه سازی ویژگی های ریخته گری متفاوت از همتایان ساخته شده کاملاً آستنیتی آنها است .بسیاری از این آلیاژها به طور عمد متعادل هستند و حاوی مقداری فریت هستند که آنها را تا حدی مغناطیسی می کند.

- استاندارد IPS-C-PI-290-Welding of Plant Piping Systems

IPS Oct 2009 / مهر ۱۳۸۸ IPS-C-PI-290(1)

۹-۲-۶ آزمایش سختی سنجی برینل

۹-۲-۶-۱ روش جوشکاری قوسی زیر پودری برای گروه جنسهای P-1, P-3 و P-4 در صورتی مورد تائید است که سختی فلز جوش از ۲۲۵ برینل تجاوز ننماید.

۹-۲-۶-۲ در جوشهـــای تولیدی بـــرای گروه جنسهای P-5 و P-6 آزمایش سختی سنجی باید به میزان ۱۰ درصد جوشهای لب به لب در هر گروه جنسی P برای تمام سیم جوشهایی که در تماس با هوا سخت می شوند، انجام پذیرد. اگر در هر گروه جنسی P کمتر از ۱۰ جوش داده شده باشند یک جوش باید مورد آزمایش قرار گیرد. مقدار سختی نباید از ۲۲۵ برینل تجاوز نماید.

۹-۲-۶-۳ آزمایش سختی برینل باید محدود به اندازه های لوله و تیوب با قطر اسمی بالاتر از ۱۰۰ (۴ اینچ) و ضخامت دیواره بیشتر از ۶٫۳۵ میلیمتر باشد.

۹-۲-۶-۴ جوشهای فولاد کربنی موضوع بند ۳-۱ الف این استاندارد (سرویس آب ترش) باید دارای حداکثر سختی ۲۰۰ برینل باشند.

۹-۲-۶-۵ جوشهای فولاد کربنی موضوع بند ۳-۱-ب این استاندارد (سرویس آب ترش) باید دارای حداکثر سختی ۱۸۵ برینل باشند.

۹-۲-۶-۶ نتایج سختی سنجی و محل آنها باید ثبت شود. نماینده کارفرما مجاز است که در انجام سختی سنجی حضور داشته و باید به نتایج آزمایش دسترسی داشته باشد.

9.2.6 Brinell hardness test

9.2.6.1 Submerged arc welding procedure qualifications for P-1, -P-3 and P-4 group materials shall have a hardness not exceeding 225 Brinell in the weld deposit.

9.2.6.2 On production welds for P-5 and P-6 group material a Brinell hardness test shall be taken on ten percent of the butt-welds in each P-groups material for all air hardening filler metal. If less than ten welds are made per P-group one weld shall be tested. Brinell hardness shall not exceed 225 BHN.

9.2.6.3 The Brinell hardness testing shall be limited to piping and tubing greater than DN 100 (NPS 4) and a wall thickness over 6.35 mm.

9.2.6.4 Carbon steel welds subject to Paragraph 3.1a of this Standard (sour water service) shall have a maximum Brinell hardness of 200.

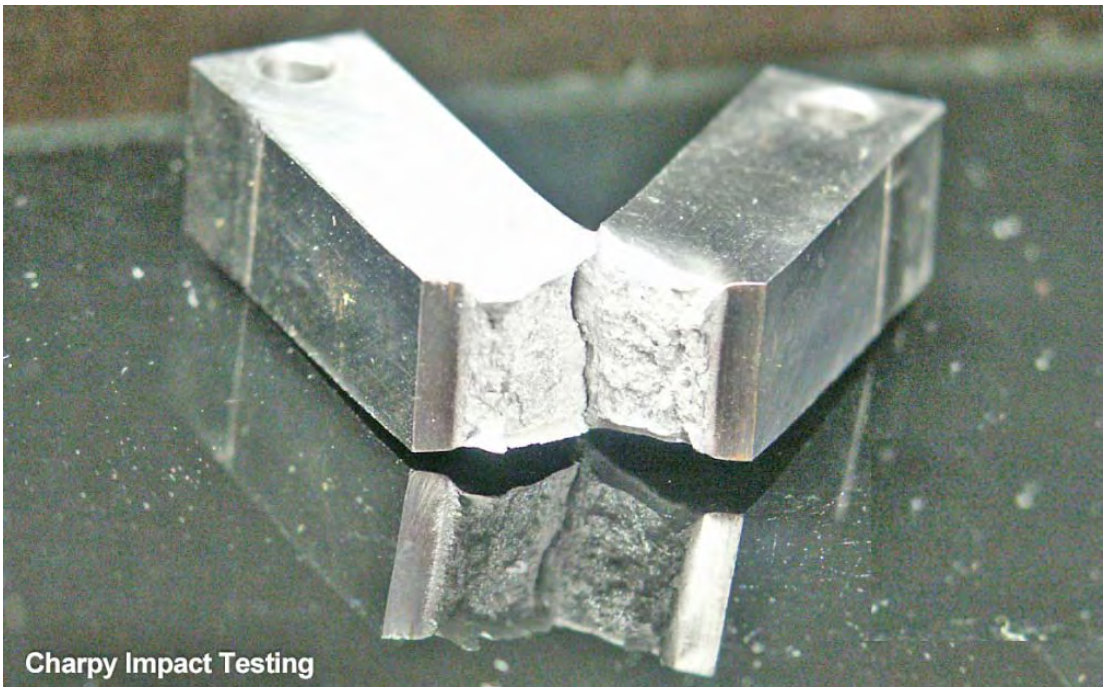
9.2.6.5 Carbon steel welds subject to Paragraph 3.1b of this Standard (sour water service) shall have a maximum Brinell hardness of 185.

9.2.6.6 Hardness test results and locations shall be recorded. The Engineer shall be permitted to witness hardness testing and shall have access to test results.

شکل-۴۸۷ : پاراگراف ۶,۲,۹ از استاندارد IPS-C-PI-290

*- تست ضربه (Impact Test)

شکل-۴۸۸ : نمونه ایی از قطعه تست ضربه قبل از انجام آزمایش



شکل-۴۸۹ : نمونه ایی از قطعه تست ضربه بعد از انجام آزمایش

- تاریخچه متغیرات تکمیلی اساسی (Supplementary Essential Variable)

تاریخچه متغیرات تکمیلی اساسی توضیح داده شده در:

Practical Guidebook Series™ Volume 2 - 1997 CD-ROM Version
ASME Section IX-Welding Qualifications-Published By: CASTI Publishing Inc.

History of Supplementary Essential Variables - 1974 Edition

Chapter 14 **Supplementary Essential Variables** 211

Prior to the 1974 Edition of Section IX, there were only essential variables and nonessential variables. The rules for notch-toughness applications were simply essential variables for all applications. The Subcommittee IX decided that there were very few notch-toughness applications, and therefore, the notch-toughness rules should be separated from the non-notch-toughness procedure qualification rules. The 1974 Edition of Section IX was the first edition with the rules for notch-toughness separated from the essential variables as supplementary essential variables. In this manner, the more restrictive rules for notch-toughness need only be applied when notch-toughness is a requirement of the construction code.

Practical Guide to ASME Section IX - Welding Qualifications 1997 CD-ROM

شکل-۴۹۰ : تاریخچه متغیرات تکمیلی اساسی

ترجمه: باید توجه داشت که در ویرایش استاندارد ASME Section IX تا قبل از سال 1974 فقط متغیرات اساسی Essential و غیر اساس Nonessential وجود داشت و مقررات notch-toughness برای تمام کاربردها بعنوان یک متغیر اساسی تلقی می شد. کمیته فرعی Subcommittee IX استاندارد Section IX تصمیم گرفت که چون کاربردهایی که نیاز به notch-toughness دارند تعداد کمی هستند؛ بنابراین می بایست کاربردهایی که به notch-toughness نیاز دارند از کاربردهایی که به notch-toughness نیاز ندارند متمایز شوند. به همین خاطر برای اولین بار در سال 1974 استاندارد ASME Section IX با مقررات notch-toughness که بصورت متغیرات اساسی تکمیلی تحت نام Supplementary Essential Variables بودند چاپ شد. این مقررات برای مواردی کاربرد دارند که طبق الزامات کُد ساخت Construction Code نیاز به notch-toughness داشته باشند.

٭- QW-141.4 Toughness Tests

- آزمایش های چقرمگی: این آزمایش ها که در QW-171 و QW-172 شرح داده شده برای تعیین چقرمگی جوش بکار برده می شود.

٭٭٭- QW-170 - TOUGHNESS TESTS

- آزمایش های چقرمگی

٭- QW-171 - Toughness Tests

- آزمایش های چقرمگی

٭- QW-171.1 - General

- کلیات- آزمایش های چقرمگی باید زمانی که در دیگر بخشها لازم دانسته شد اجرا شود. روشها و تجهیزات تست باید با الزامات SA-370 مطابقت داشته باشد.

QW-171.2 - Acceptance

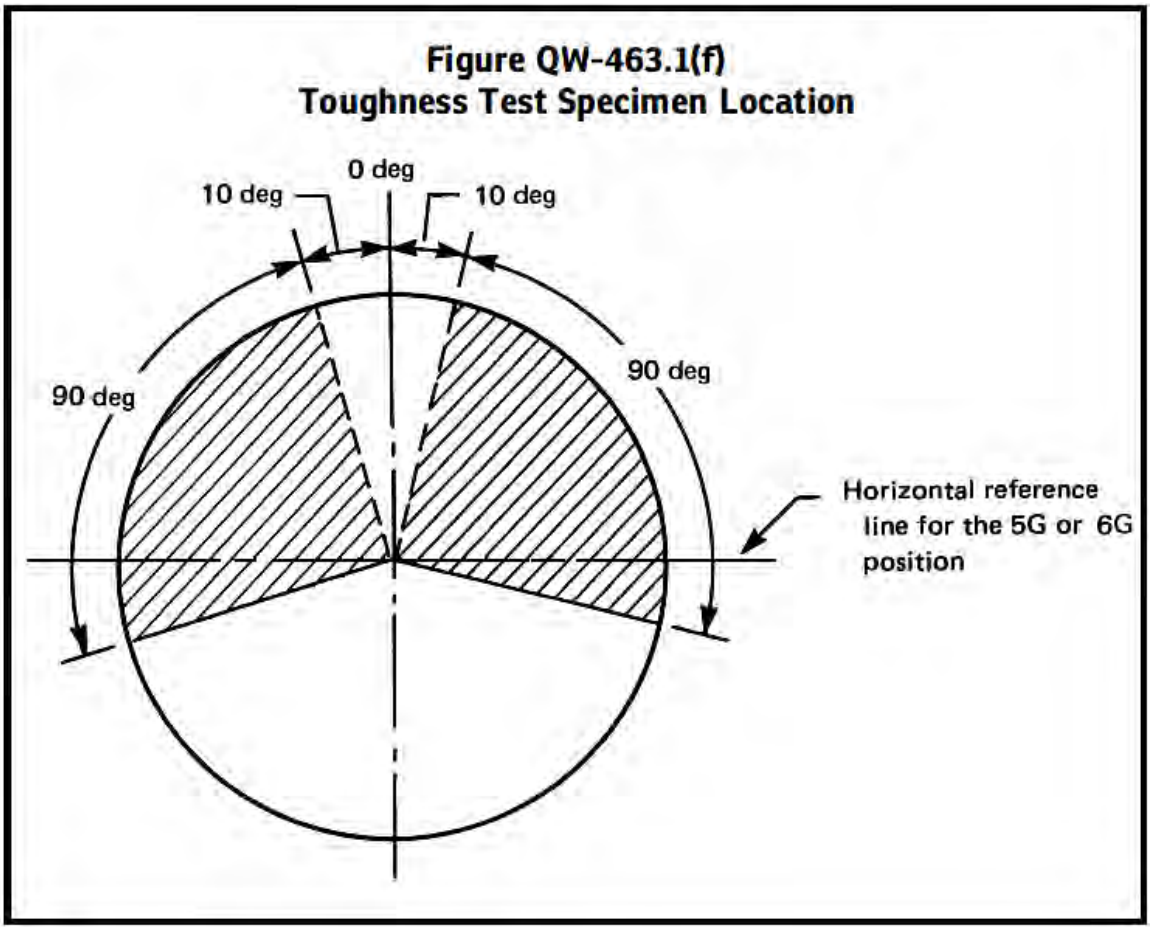
- پذیرش- ضوابط پذیرش باید مطابق با بخشی باشد که الزامات تست ضربه را مشخص کرده است.

(مثلاً اگر برای Piping باشد باید به این آدرس ASME - B31.3-Table-323.3.5 مراجعه کند اگر برای مخزن تحت فشار (Pressure Vessel) باشد باید به این آدرس ASME Section VIII Div.1 - FIG. UG-84.1M مراجعه کند. و اگر برای مخازن ذخیره ای Storage Tank باشد باید به این آدرس API 650 - Table 4-5a مراجعه نماید.)

٭- QW-171.3 - Location and Orientation of Test Specimen

- موقعیت و جهت نمونه های تست: نمونه‌ی تست ضربه و موقعیت و جهت شیار باید مطابق بخش معرفی شده در استانداردی باشد که تست ضربه را لازم دانسته است. (معمولاً بر اساس استاندارد ASTM A370 می باشد)

چنانچه لوله‌ی تست کوپن در وضعیت 5G یا 6G جوشکاری شده باشد، نمونه های تست ضربه باید از جائی انتخاب گردئد که در شکل QW-463.1(f) هاشور زده شده است.



شکل-۴۹۱ : موقعیت و محل انتخاب قطعات تست ضربه در PQR براساس ASME Sec. IX-2019

*- انجام تست ضربه بر اساس استاندارد ASTM A-370-2019

نکته مهم: کلیهٔ عملیات تست ضربه Charpy V-Notch بر اساس استاندارد ASTM A-370 می باشد.

در استاندارد ASTM A-370

کلیه عملیات تست چارپی بر اساس این استاندارد انجام می شود. در این استاندارد تعداد و محل انتخاب قطعات لازم برای تست چارپی را در دو پاراگراف توضیح داده است.

A370 – 19$^{\varepsilon 1}$

23. Sampling and Number of Specimens

23.1 *Sampling:*

23.1.2 *Number of Specimens.*

23.1.2.1 All specimens used for a Charpy impact test shall be taken from a single test coupon or test location.

23.1.2.2 When the specification calls for a minimum average test result, three specimens shall be tested.

23.1.2.3 When the specification requires determination of a transition temperature, eight to twelve specimens are usually needed.

شکل-۴۹۲ : تعداد قطعات مورد نیاز برای تست ضربه مطابق ASTM A-370-2019

ASTM-A370-2019-Para. 23. Sampling and Number of Specimens -***

پاراگراف ۲۳ – نمونه گیری و تعداد نمونه ها

پاراگراف - 23.1– نمونه گیری

پاراگراف - 23.1.2– تعداد نمونه ها

پاراگراف - 23.1.2.1– تمام نمونه های مورد استفاده برای تست ضربه چارپی باید از یک تست کوپن یا از یک محل تست گرفته شوند.

پاراگراف - 23.1.2.2– وقتی که در مشخصات فنی حداقل میانگین نتایج تست مورد نیاز باشد سه نمونه باید تست شود.

پاراگراف - 23.1.2.3– وقتی که در مشخصات فنی لازم می داند که درجه حرارت انتقال(انتقال شکست نرم Ductile به شکست ترد Brittle) تعیین گردد معمولاً هشت تا دوازده نمونه مورد نیاز می باشد.

- برای تست ضربه قطعات مورد نیاز تست از چه قسمتهایی از نمونه باید تهیه شوند ؟

A370 – 19ε1

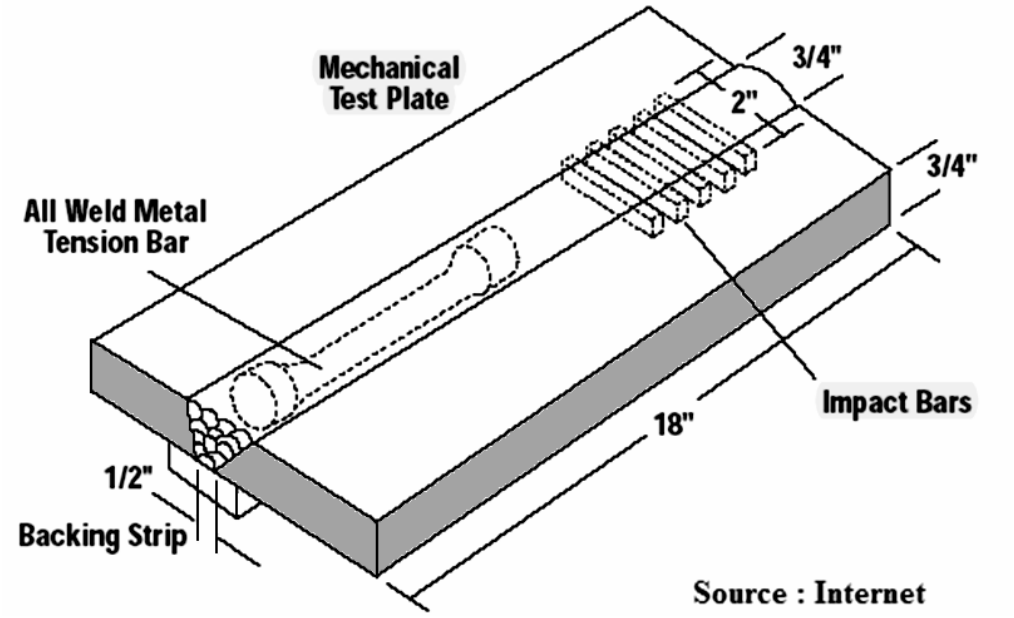
23. Sampling and Number of Specimens

23.1 *Sampling:*

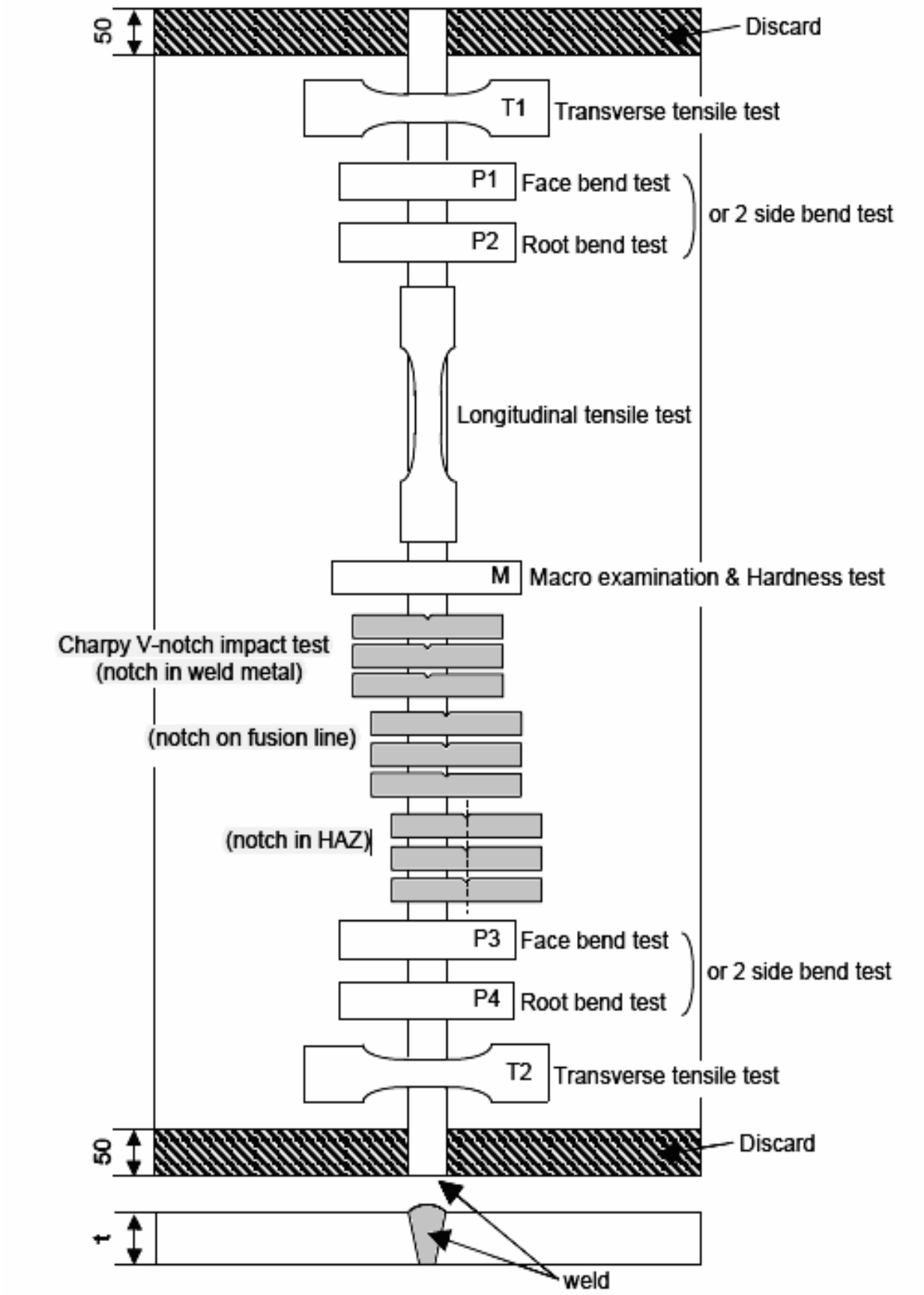
23.1.1 Test location and orientation should be addressed by the specifications. If not, for wrought products, the test location shall be the same as that for the tensile specimen and the orientation shall be longitudinal with the notch perpendicular to the major surface of the product being tested.

شکل-۴۹۳ : محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه مطابق ASTM A-370-2019

پاراگراف - 23.1.1– محل (Location) و جهت (Orientation) تهیه نمونه قطعات تست می بایست بر اساس مشخصات فنی برآورده شود. اما در غیر اینصورت برای قطعاتی که تحت فرآیندی خاص ساخته شده اند، موقعیت تهیه نمونه (چارپی) از قطعه (اصلی) مشابه تهیه نمونه برای تست کشش است که جهت آن باید طولی بوده و با شیاری عمود بر صفحه اصلی قطعه مورد تست، مورد آزمایش قرار گیرد.

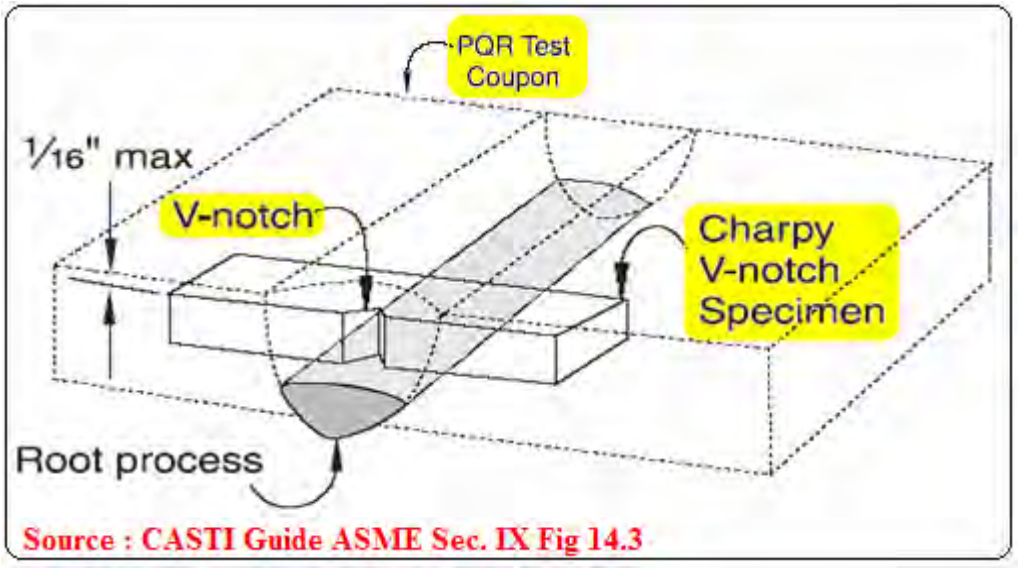


شکل-۴۹۴ : محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه



شکل-۴۹۵ : محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه

یک مثال برای وقتی که پاراگراف QW-200.4(a) بکار برده می شود نشان می دهد. به وضعیت قرار گرفتن پاس ریشه و محل انتخاب قطعه مورد نیاز برای تست ضربه باید دقت شود که چنانچه در پاس ریشه از فرآیندی غیر از فرآیند قسمت پُر کنی (Filling) و پاس رو (Cap) استفاده شود مثلاً GTAW امکان حذف جوش این فرآیند در تست ضربه وجود دارد حال برای جلوگیری از این اتفاق باید مطابق پاراگراف زیر عمل کرد.



شکل-۴۹۶ : محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در جوش

زمانیکه مطابق شکل فوق از دو فرآیند جوشکاری استفاده گردد، امکان دارد که در هنگام تهیه نمونه های تست بر طبق کُد ساخت، ریشه جوش که از یک فرآیند متفاوت از فرآیند قسمتهای دیگر جوش تشکیل شده، در اثر عملیات ماشین کاری از نمونه های تست حذف شود در چنین حالتی بایستی نمونه های تست ضربه چارپی اضافه برای پاس ریشه مطابق با پاراگراف QW-200.4 تهیه گردد. برای دانستن موقعیت هر فرآیند در جوش ممکن است لازم باشد که برای این منظور از عملیات Etching استفاده گردد.

*- QW-200.4 - Combination of Welding Procedures

*- ترکیبی از چند روش جوشکاری

(a)- برای تولید یک اتصال ممکن است از بیش از یک WPS که دارای متغیرهای اساسی ؛ تکمیلی یا غیر اساسی هستند استفاده نمود. هر WPS ممکن است شامل یک فرآیند و یا ترکیبی از فرآیندها ؛ فیلر متالها یا سایر متغیرها باشد. جائیکه در یک اتصال از بیش از یک WPS که دارای فرآیندها ؛ فیلر متالها یا سایر متغیرهای اساسی یا تکمیلی هستند استفاده می گردد از جدول QW-451 باید برای تعیین حدود ضخامت فلز مبنا و حداکثر ضخامت فلز جوش تایید شده برای هر فرآیند ؛ فیلر متال یا مجموعه ای از متغیرها ؛ استفاده نمود.

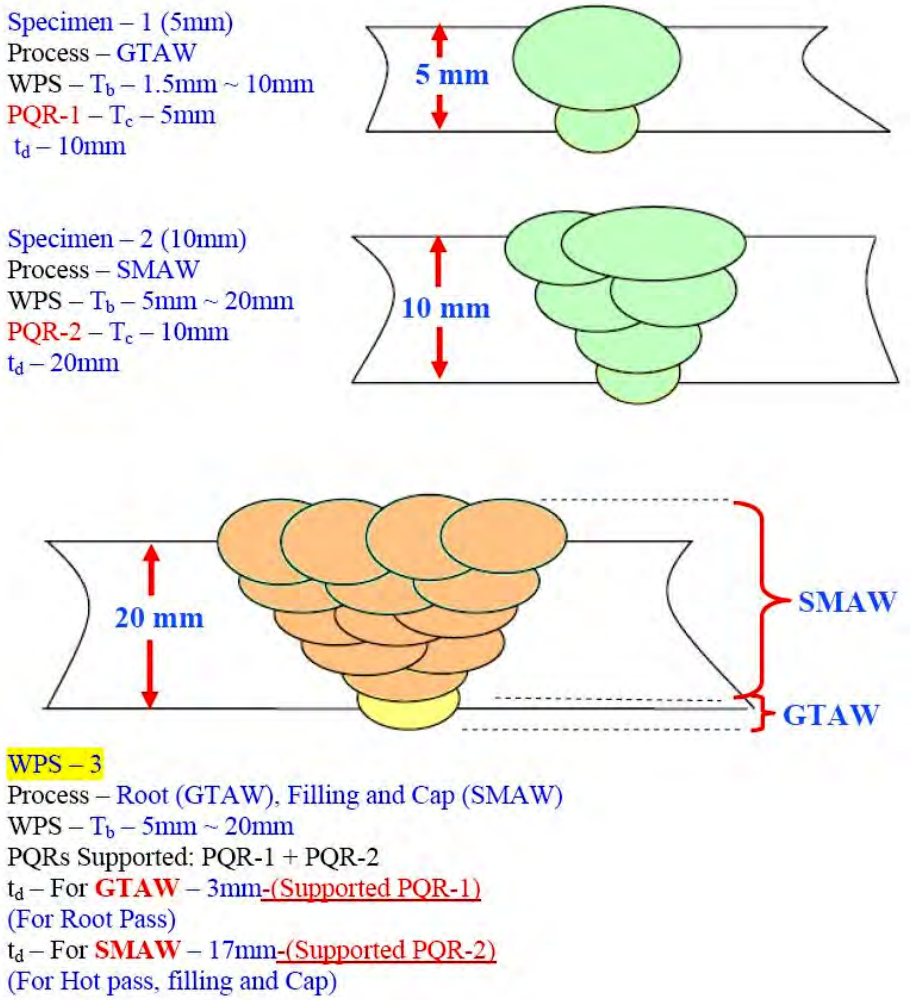
به عنوان جایگزین، تایید WPS ها برای جوشهای ریشه تنها می تواند مطابق با QW-200.4(b) انجام شود.

زمانیکه از یک WPS با بیش از یک فرآیند ؛ فیلر متال یا مجموعه ای از متغیرها پیروی می گردد هر فرآیند؛ فیلر متال یا مجموعه ای از متغیرها می توانند به تنهایی یا بصورت ترکیبی بکار برده شوند مشروط بر اینکه:

(۱)- متغیرهای اساسی ؛ غیر اساسی و تکمیلی مورد نیاز مربوط به فرآیند ؛ فیلر متال یا مجموعه متغیرها مد نظر قرار گرفته شده باشد.

(۲)- حدود ضخامت فلز مبنا و فلز جوش رسوب یافته مندرج در QW-451 برای هر فرآیند فیلر متال یا مجموعه ای از متغیرها مراعات گردد.

(b)- برای فرآیند های GTAW, SMAW, GMAW, PAW, SAW یا ترکیبی از این فرآیندها؛ یک PQR از تست کوپنی که حداقل [$^1/_2$ in. (13mm)] ضخامت دارد از یک فرآیند می تواند با یک یا چند PQR تهیه شده از سایر فرآیند ها و ضخامت بیشتر ترکیب گردد. در این حالت فرآیندی که در اولین PQR بکار رفته می توانـد بـرای رسـوب لایـهٔ ریـشهٔ جوش تا 2t بر روی فلز مبنا با حداکثر ضخامت تایید شده توسط سایر PQR ها مورد اسـتفاده قـرار گیـرد. (بـرای فرآینـد GMAW از نوع اتصال کوتاه به QW-404.3 نگاه کنید) الزامات Note-1 از جدول QW-451.1 و QW-451.2 باید بکار برده شود. برای درک بهتر پاراگراف QW-200.4(b)- به مثالهای A و B دقت شود: مثال A



شکل-۴۹۷ : مثالی غیر قابل قبول برای عدم تأیید یک WPS با استفاده از دو PQR

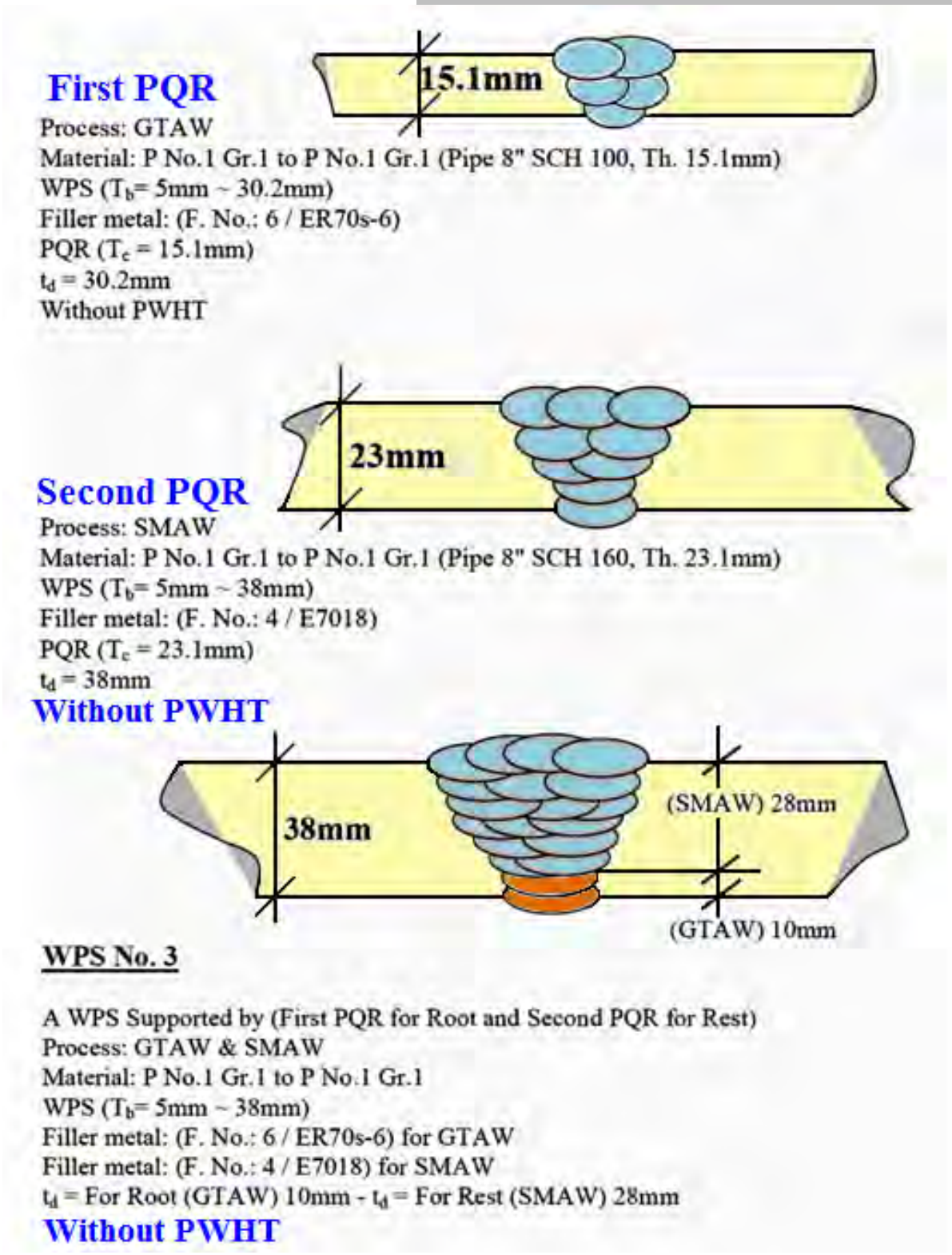
طبق شکل فوق اگر ما دو PQR داشته باشیم

a)- PQR اولی با فرآیند GTAW با ضخامت 5 mm

b)- PQR دومی با فرآیند SMAW با ضخامت 10 mm

طبق پاراگراف QW-200.4(b) با استفاده از این دو PQR نمی توان WPS-3 را ساپورت و تأیید کرد زیـرا ضـخامت PQR اولی از ۱۳ میلیمتر کمتر است. بنابر این شامل قانون پاراگراف QW-200.4(b) نمی شود و با توجه به ضخامت ۵ میلی متر آن فقط می تواند PQR با ضخامت دو برابر ضخامت خودش یعنی ۱۰ میلیمتر را تأیید کند.

مثال B برای مخزن تحت فشار بر اساس ASME Sec. VIII Div.1



شکل-۴۹۸ : مثالی قابل قبول برای تأیید یک WPS که بوسیله دو PQR ساپورت می شود

WPS No.3 برای یک مخزن تحت فشار بر اساس استاندارد ASME Section VIII Div.1 می باشد در این استاندارد برای متریالهای کربن استیل ضخامت بیشتر از 38mm می بایست تنش زدایی شوند. به همین خاطر این WPS No.3 نیازی به PWHT ندارد.

WPS No.3 بوسیله‌ی دو PQR ساپورت یا تأیید شده است. PQR اولی با فرآیند GTAW و PQR دومی با فرآیند SMAW . اگر دقت شود PQR اولی به این دلیل می تواند WPS No.3 را که بیشتر از دو برابر ضخامتش می باشد تأیید کند چونکه ضخامتش بیشتر از 13mm است و این مجوز در پاراگراف QW-200.4(b) داده شده است.

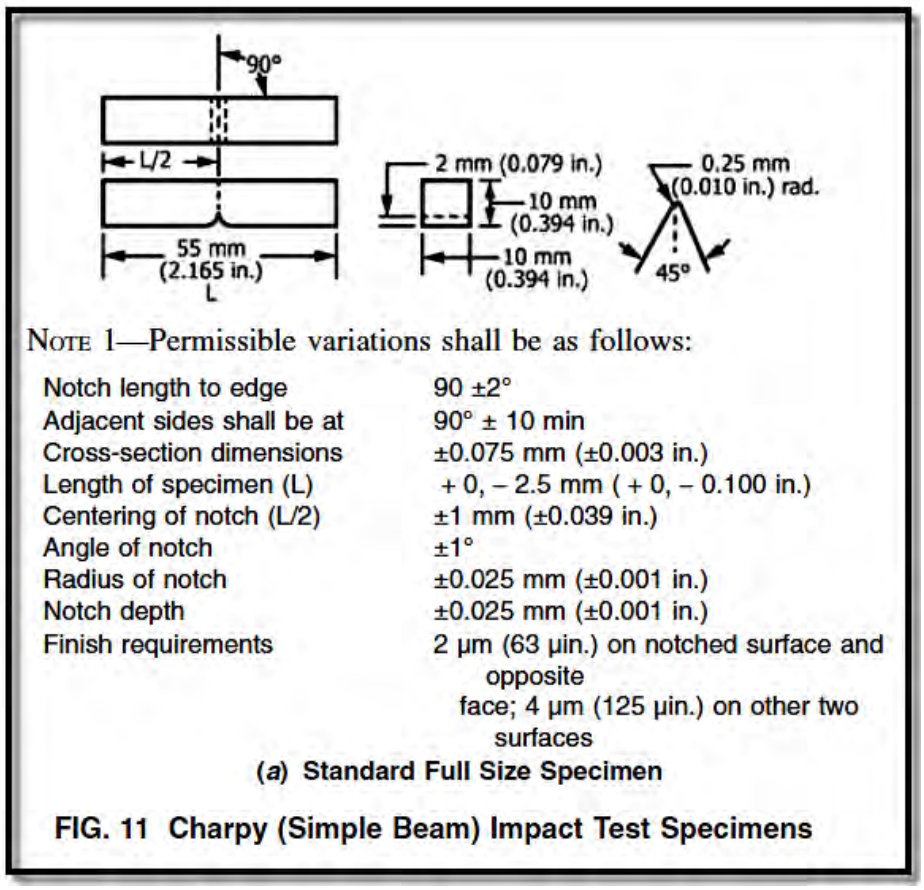
نتیجه: زمانی می توان از PQR یک فرآیند بعنوان پاس ریشه در یک WPS که محدودهٔ ضخامتش بیشتر از آن PQR باشد استفاده کرد که ضخامت PQR فرآیند مورد نظر بیشتر از 13mm باشد.

*- ابعاد و شرایط تهیه‌ی قطعات تست ضربه بر اساس ASTM A370

*- ابعاد هر قطعه تست چقدر است ؟

پاراگراف - 23.2– نوع و اندازه

پاراگراف - 23.2.1– از یک نمونه استاندارد Charpy V-notch با اندازه کامل استفاده کنید ، در شکل ۱۱ نشان داده شده است ، به جز آنچه در پاراگراف 23.2.2 مجاز است.



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90 ±2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	±0.075 mm (±0.003 in.)
Length of specimen (L)	+ 0, – 2.5 mm (+ 0, – 0.100 in.)
Centering of notch (L/2)	±1 mm (±0.039 in.)
Angle of notch	±1°
Radius of notch	±0.025 mm (±0.001 in.)
Notch depth	±0.025 mm (±0.001 in.)
Finish requirements	2 µm (63 µin.) on notched surface and opposite face; 4 µm (125 µin.) on other two surfaces

(a) Standard Full Size Specimen

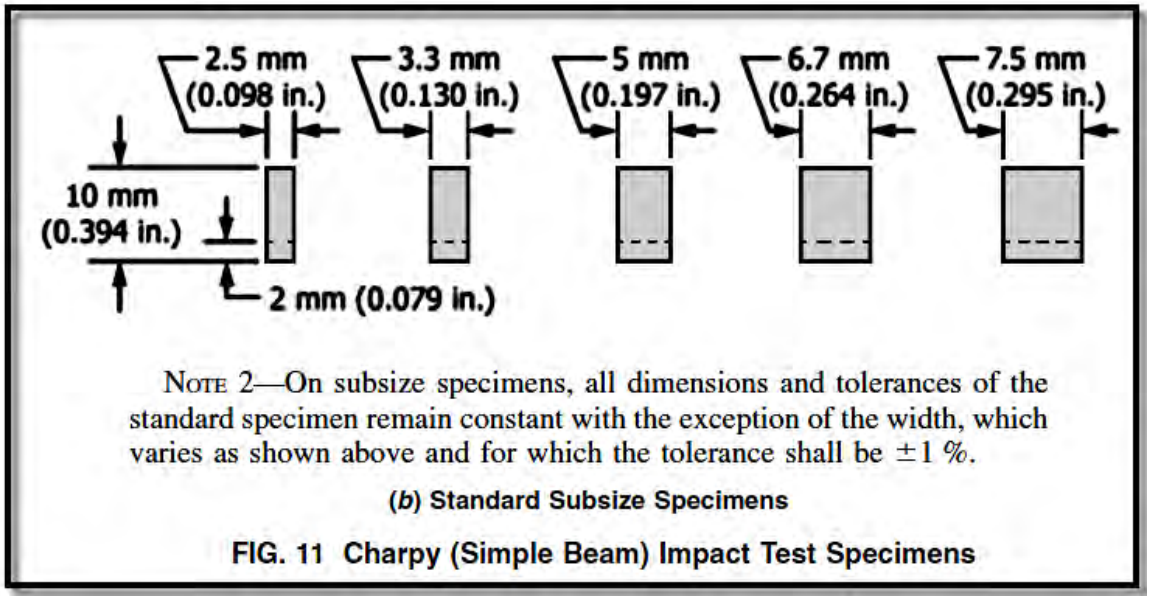
FIG. 11 Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimens

شکل-۴۹۹ : ابعاد نمونه Full size برای Charpy V-notch طبق ASTM A370-2019

پاراگراف - 23.2.2 – نمونه های زیر اندازه استاندارد Subsized

پاراگراف - 23.2.2.1 - برای متریالهای تخت با ضخامت کمتر از $\frac{7}{16}$ in. (11 mm) یا وقتی که انتظار می رود مقدار انرژی جذب شده از ۸۰ درصد انرژی دستگاه بیشتر باشد از نمونه های با اندازه زیر استاندارد استفاده می شود.

توجه مهم: براساس کلیه استانداردهای ساخت (Construction Codes) قطعات با ضخامت کمتر از 2.5 mm از تست ضربه معاف هستند.



NOTE 2—On subsize specimens, all dimensions and tolerances of the standard specimen remain constant with the exception of the width, which varies as shown above and for which the tolerance shall be ±1 %.

(*b*) Standard Subsize Specimens

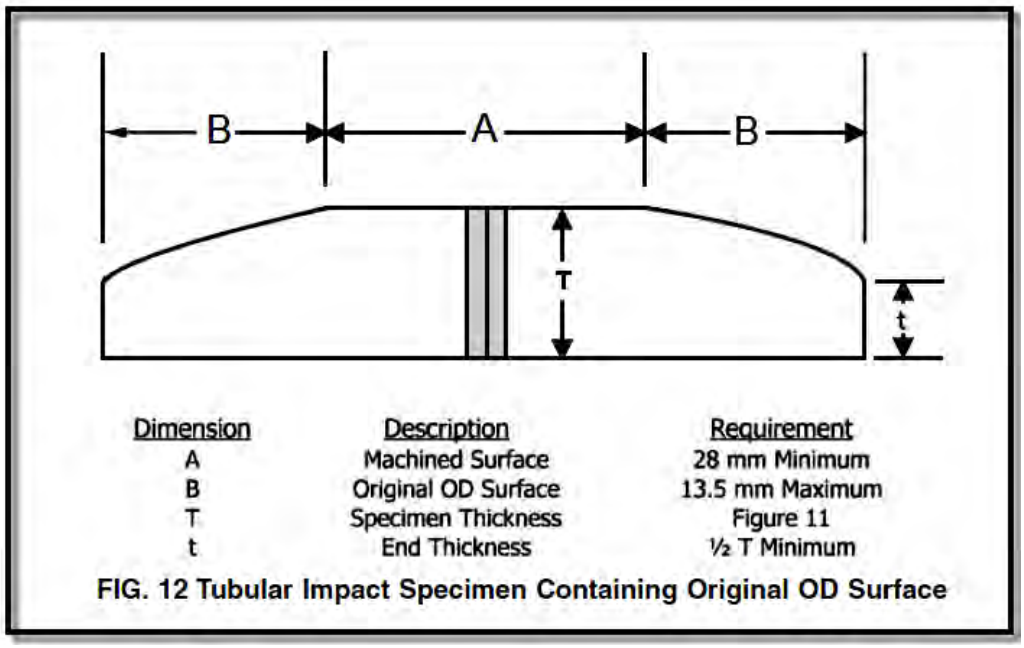
FIG. 11 Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimens

شکل-۵۰۰ : ابعاد نمونه Subsize برای Charpy V-notch طبق ASTM A370-2019

یادداشت ۲- در نمونه های زیر اندازه استاندارد (Subsize) ، تمام ابعاد و تلورانس های نمونه استاندارد (Full Size) ثابت می ماند به استثنای عرض (که در واقع همان ضخامت قطعه است) ، که مطابق شکل بالا متفاوت هستند و برای آن تلورانس ±%1 در نظر گرفته شده است.

پاراگراف - 23.2.2.2 - برای متریالهای لوله ای که در جهت عرضی تست شده اند و نسبت بین قطر و ضخامت آنها به گونه ای است که امکان بکار بردن نمونه با اندازه کامل استاندارد فراهم نمی باشد، از نمونه زیر اندازه استاندارد یا از نمونه های با اندازه استاندارد دارای قوس قطر خارجی بشرح زیر استفاده می گردد.

(۱)- نمونه های با اندازه استاندارد یا زیر اندازه استاندارد می توانند مطابق شکل ۵۰۱ دارای سطح اولیه قطر خارجی خود باشند. تمامی سایز اندازه ها باید با الزامات شکلهای ۴۹۹ و ۵۰۰ مطابقت داشته باشند.



Dimension	Description	Requirement
A	Machined Surface	28 mm Minimum
B	Original OD Surface	13.5 mm Maximum
T	Specimen Thickness	Figure 11
t	End Thickness	½ T Minimum

FIG. 12 Tubular Impact Specimen Containing Original OD Surface

شکل-۵۰۱ : نمونه قطعه تست ضربه طبق ASTM A370-2019-Para. 23.2.2.2

پاراگراف - 23.2.2.3 – اگر امکان تهیه نمونه با اندازه کامل استاندارد فراهم نباشد ، نمونه هایی با بزرگترین اندازه ممکن زیر اندازه استاندارد (Subsize) باید تهیه گردد نمونه ها باید به گونه ای ماشین کاری شوند که فاصله سطوح نمونه های بدست آمده تا سطوح اولیه نمونه های بریده شده از .0.02 in یا 0.5mm کمتر نباشد.

پاراگراف - 23.2.2.4 – تلورانس اندازهٔ نمونه های زیر اندازهٔ استاندارد (Subsize) در شکل ۵۰۰ آمده است.

اندازهٔ نمونه های زیر اندازهٔ استاندارد (Subsize) مطابق اندازه های زیر هستند:

10 × 7.5 mm, 10 × 6.7 mm, 10 × 5 mm, 10 × 3.3 mm, and 10 × 2.5 mm

پاراگراف - 23.2.2.5 – شیار را باید در سطح باریکتر نمونه ایجاد کرد بطوری که شیار عمود بر سطحی باشد که عرض آن ۱۰ میلیمتر است.

پاراگراف - 23.3 – نحوهٔ ایجاد شیار

آماده سازی شیار: ماشینکاری (به عنوان مثال فرز ، تراشیدن یا سنگ زنی) شکاف بسیار مهم است ، زیرا انحرافات جزئی در شعاع شکاف و مقطع عرضی ، یا علائم ابزار در پایین شکاف ممکن است منجر به تغییر در داده های آزمون بخصوص در موادی با جذب انرژی کم اثر، شود. (به ضمیمه A5 نگاه کنید)

شکل-۵۰۲ : مراحل ایجاد شیار با عمق ۲ میلیمتر و زاویه ایی برابر با ۴۵ درجه

*- روشهای رساندن دمای قطعه تست به دمای منفی مورد نیاز جهت تست ضربه

پاراگراف - 22.2– درجه حرارت محیط واسطه (Media)

22.2 *Temperature Media:*

22.2.1 For testing at other than room temperature, it is necessary to condition the Charpy specimens in media at controlled temperatures.

22.2.2 Low temperature media usually are chilled fluids (such as water, ice plus water, dry ice plus organic solvents, or liquid nitrogen) or chilled gases.

22.2.3 Elevated temperature media are usually heated liquids such as mineral or silicone oils. Circulating air ovens may be used.

شکل-۵۰۳ : ایجاد دمای پایین یا بالا برای نمونه قطعات تست طبق ASTM A370-2019

پاراگراف - 22.2.1 – برای تست ضربه در درجه حرارتهای غیر از درجه حرارت اطاق لازم است که نمونه ها در محیطهای واسطه که دارای درجه حرارت کنترل شده ای هستند قرار گیرند.

پاراگراف - 22.2.2 – محیطهای واسطه با درجه پایین معمولاً شامل مایعات سرد شده (مانند آب، آب و یخ، یخ خشک و حلال های ارگانیک یا نیتروژن مایع) یا گازهای سرد شده می باشند.

پاراگراف - 22.2.3 – محیطهای واسطه با درجه بالا معمولاً شامل مایعات گرم شده (مانند روغنهای معدنی یا سیلیکون هستند) یا گازهای سرد شده می باشند. کوره های با قابلیت گردش هوا می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

*- محدوده تغییرات دمایی نسبت به دمای مورد نیاز تست تا چقدر قابل قبول است؟

25. Conditioning—Temperature Control

25.1 When a specific test temperature is required by the specification or purchaser, control the temperature of the heating or cooling medium within ±2°F (1°C).

NOTE 17—For some steels there may not be a need for this restricted temperature, for example, austenitic steels.

NOTE 18—Because the temperature of a testing laboratory often varies from 60 to 90°F (15 to 32°C) a test conducted at "room temperature" might be conducted at any temperature in this range.

شکل-۵۰۴ : تلورانس دمایی برای انجام تست ضربه طبق ASTM A370-2019

***- ASTM-A370-2019-Para. 25. Conditioning—Temperature Control

پاراگراف - 25 – کنترل درجه حرارت در شرایط تهویه

پاراگراف - 25.1 – زمانی که خریدار یا مشخصات فنی، درجه حرارت خاصی را برای تست ضربه تعیین کرده باشد، درجه حرارت گرم کردن یا محیط واسطه سرمایش باید در محدوده $\pm 2^{\circ}F(1^{\circ}C)$ کنترل گردد زیرا اثر تغییرات درجه حرارت بر نتایج تست ضربه می تواند خیلی زیاد باشد.

یادداشت 17 - برای برخی از فولادها ممکن است نیازی به این محدودیت نباشد درجه حرارت ، مثل ، فولادهای آستنیتی.

یادداشت 18 - از آنجا که دمای آزمایشگاه تست اغلب از ۶۰ تا ۹۰ درجه فارنهایت (۱۵ تا ۳۲ درجه سانتیگراد) متغیر است ، ممکن است آزمایشی که در "دمای اتاق" انجام شود ، در هر دما در این محدوده انجام شود.

***- ASTM-A370-2019-Para. 26. Procedure

پاراگراف - 26 – دستورالعمل (رویه)

پاراگراف - 26.1 – درجه حرارت (تست ضربه)

*- قطعات تست را برای چه زمانی در دمای منفی نگهداری می کنیم ؟

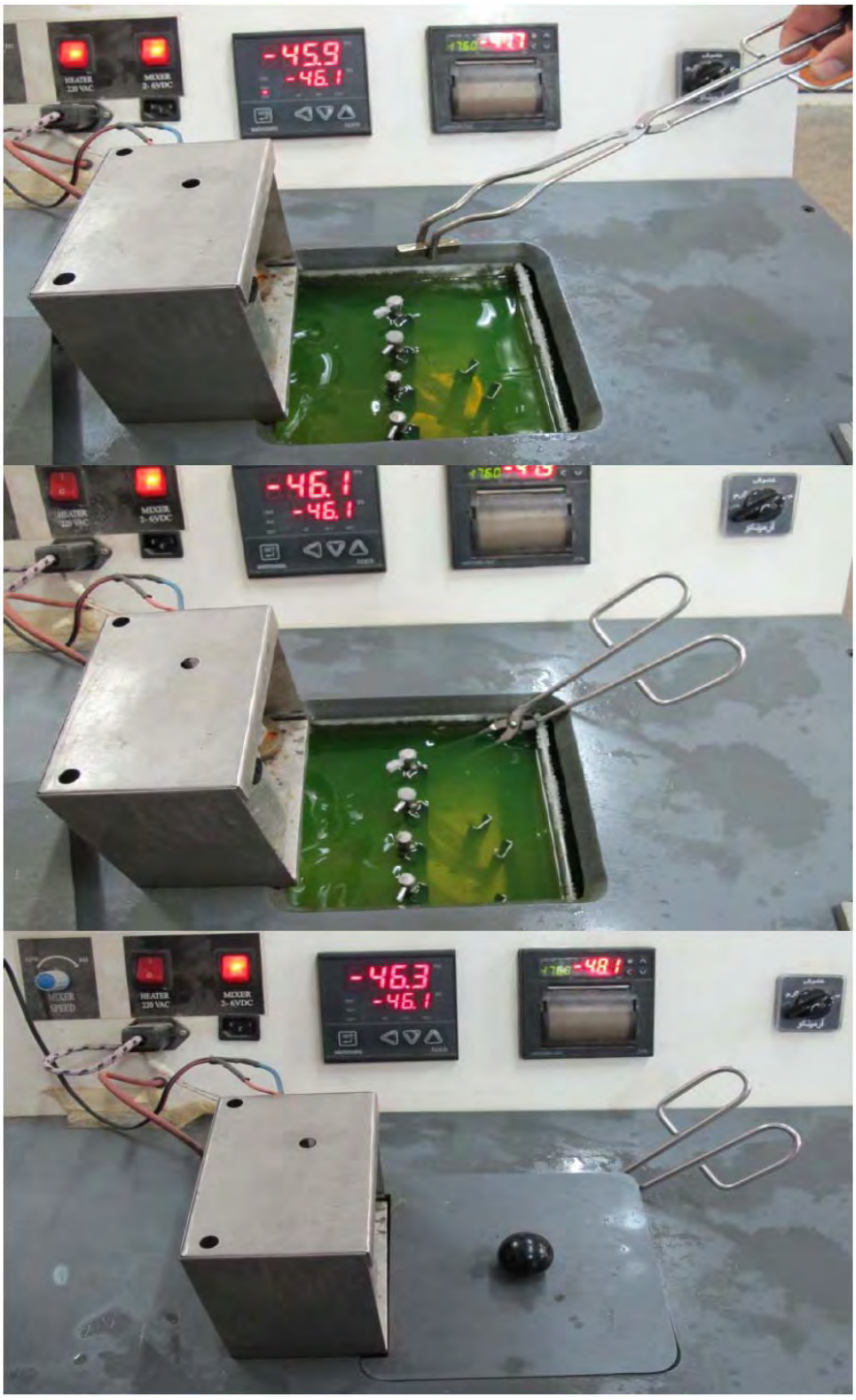
پاراگراف - 26.1.1 - برای آماده کردن نمونه ها برای تست ضربه آنها را باید حداقل **۵ دقیقه** در محیط واسطه مایع و یا **۳۰ دقیقه** در محیط واسطه گازی نگاه داشت.

نکتهٔ مهم:

پاراگراف - 26.1.2 – قبل از هر تست ، انبرهای جابجا کنندهٔ نمونه ها را در همان درجه حرارتی نگه دارید که نمونه های تست در آن قرار داده می شود. بطوریکه بر درجه حرارت نمونه در قسمت شیار تاثیر نگذارد.

با توجه به پاراگراف فوق معمولاً انبرهای جابجا کنندهٔ نمونه ها را در همان ظرفی قرار می دهند که قطعات تست قرار دارند و لازم نیست که انبرها بصورت کامل در محلول قرار گیرند کافی است که همان قسمتی که قطعات گرفته می شوند و اطراف همان منطقه و حوالی آن در محلول سرد کننده. به شکل زیر دقت شود.

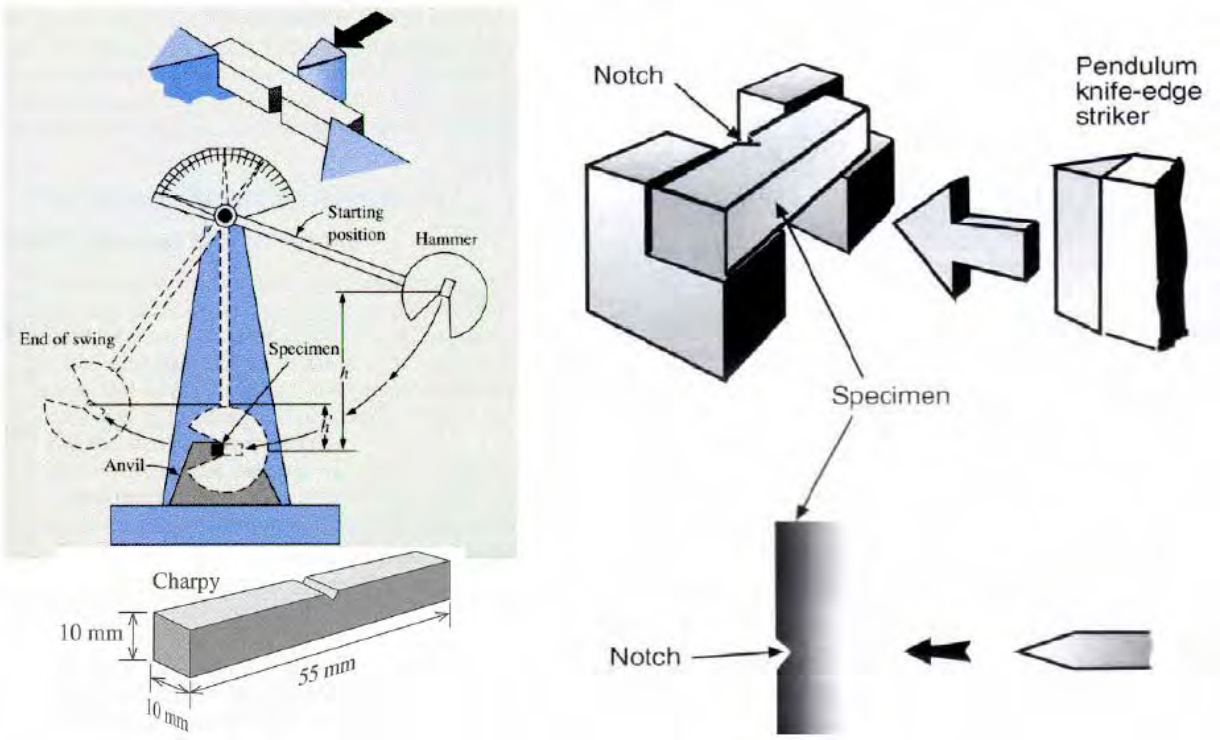
قبل از هر تست ، انبرهای جابجا کنندهٔ نمونه ها را در همان درجه حرارتی نگه دارید که نمونه های تست در آن قرار داده می شود. بطوریکه بر درجه حرارت نمونه در قسمت شیار تاثیر نگذارد.



شکل-۵۰۵ : روش ایجاد دمای منفی برای قطعات تست ضربه

*- روش انجام تست ضربه

در شکل ۵۰۶ به صورت خیلی ساده نحوهٔ اجرای تست ضربه نشان داده شده است. دستگاه تست ضربه با ضربه چکش بـه قطعه باعث شکست آن می شود. قطعه در مقابل شکست از خود مقاومت نشان می دهد و باعث جذب انرژی می شود هر چه قدرت انعطاف و چقرمگی قطعه بیشتر باشد مقدار این انرژی جذب شده بیشتر بوده و از روی گیج مندرج در بالای دستگاه و هم چنین انجام محاسبه، می توان مقدار انرژی جذب شده در متریالهای مختلف را بدست آورد.



شکل-۵۰۶ : روش انجام تست ضربه

*- بررسی نتایج تست ضربه

در اثر برخورد ضربه به قطعه، قطعه مقداری انرژی جذب میکند. حال این مقدار انرژی جذب شده چقدر است؟ برای محاسبه این مقدار انرژی باید به کجا مراجعه کرد؟ مرجع تشخیص قبولی یا مردودی نتیجه تست ضربه در هر استانداردی مشخص شده است. مثلاً:

(اگر برای Piping باشد باید به این آدرس ASME - B31.3-Table-323.3.5 رجوع شود، اگر برای مخزن تحت فشار (Pressure Vessel) باشد باید به این آدرس ASME Section VIII Div.1 - FIG. UG-84.1M رجوع کرد. و اگر برای مخازن ذخیره ای Storage Tank باشد باید به این آدرس API 650 - Table 4-5a مراجعه نماید.)

جهت بررسی و قضاوت می توان نتیجهٔ تست را محاسبه و نتیجه آن را با جداول فوق الذکر تطبیق داد.

طریقه محاسبه: با دانستن اندازه ارتفاع اولیه و ارتفاع ثانویه ، از طریق فرمول (a = A/S) می توان مقدار انرژی جذب شده را محاسبه می کنیم .

در این فرمول [A = (M x g x H0)-(M x g x H)] و در آن M جرم چکش و H0 ارتفاع اولیه (قبل از اصابت) و H ارتفاع ثانویه (بعد از اصابت) و g نیروی جاذبه زمین است که در واقع برابر با $9.81\ m/s^2$ است و مقدار S در واقع مساحت سطح مقطع شیار است. البته باید توجه کرد که نحوهٔ محاسبه در حافظه دستگاه وجود دارد و دستگاه نتیجه تست را بصورت یک عدد میدهد. برای انجام تست ضربه ابتدا ۹ نمونه (Sample) از مناطق Weld Metal, Base Metal و HAZ آماده میکنند از هر منطقه سه نمونه و در دمای مورد آزمایش و در زمان مشخص قرار می دهند. سپس آزمایش را مطابق شکل ۵۰۶ انجام می دهند. پس از انجام تست ضربه نتیجه تست می بایست تفسیر شود که آیا نتیجه تست قابل قبول هست یا خیر؟ چون انجام تست بر اساس استاندارد ASTM A370 است، در نتیجه نحوهٔ تفسیر هم در این استاندارد در پاراگراف ۲۷ قید شده است.

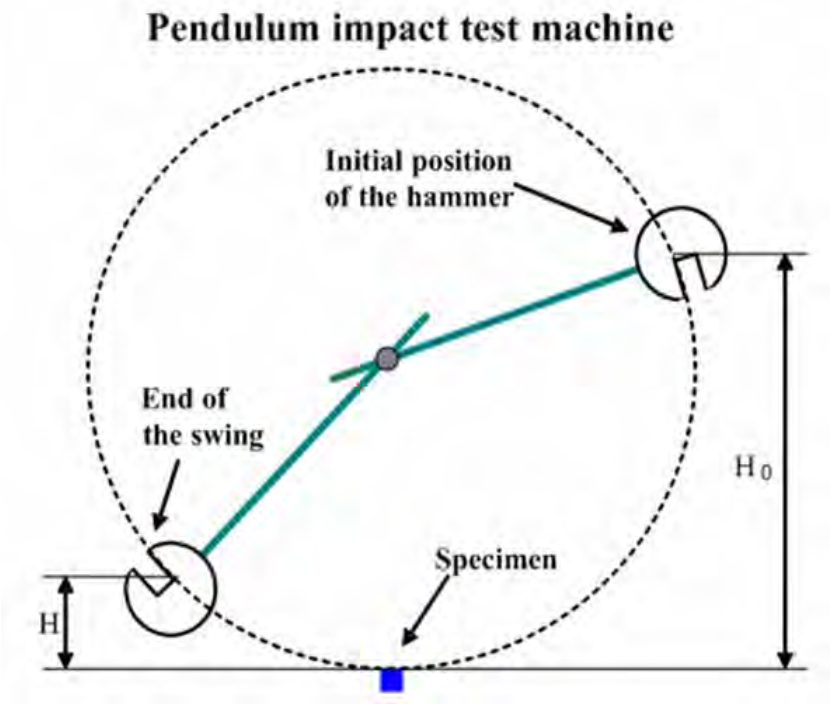
*- تفسیر نتایج تست در ASTM A370-2019-Para. 27

پاراگراف - 27.1 – زمانیکه، معیار پذیرش تست ضربه، حداقل میانگین برای تست در درجه حرارت معینی مشخص شده باشد "میانگین"مجموع انرژی جذب شده توسط سه قطعه (Specimens) از هر ست باید به عنوان نتیجه تست قلمداد گردد.

پاراگراف - 27.1.1 – زمانیکه حداقل میانگین خواسته شده، محقق شده باشد.

جدول-۲۱۸ : فرمول محاسبه تست ضربه

a = A / S
a = Impact Toughness
A = the work, required for breaking the specimen (A = M*g*H0 - M*g*H),
M = the pendulum mass,
g = acceleration of gravity = 9.81 m / s^2
Pendulum is swing up to its starting position (height H0)
After the fracture the pendulum swings up to a height H.
S = cross - section area of the specimen at the notch.
The hammer striking energy in the Charpy test in 220 ft*lbf (300 J)



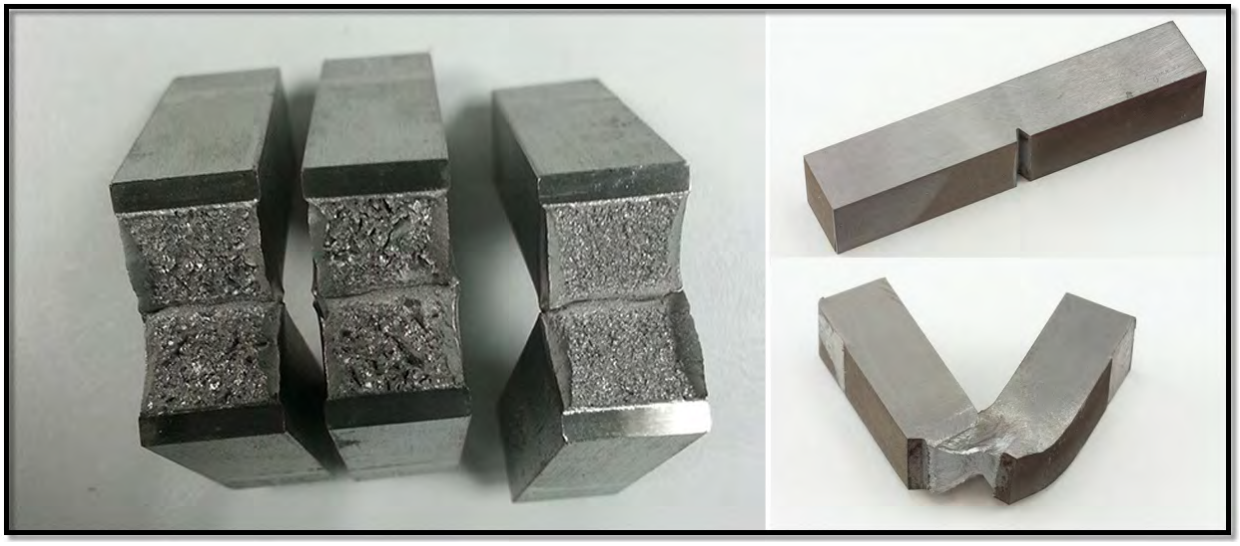
شکل-۵۰۷ : شماتیکی از نحوی کار ماشین تست ضربه

پاراگراف - 27.1.1.1 – چناچه تمامی شرایط زیر فراهم باشد نتیجه تست مورد قبول است:

(1)- نتیجهٔ تست برابر یا بزرگتر از میانگین حداقل مشخص شده باشد.

(2)- چنانچه میزان انرژی جذب شده توسط فقط یکی از نمونه ها کمتر از میانگین حداقل مشخص شده در مشخصات فنی باشد.

(3)- مقدار انرژی جذب شده برای هر نمونه کمتر از دو سوم مقدار میانگین حداقل مشخص شده نباشد.



شکل-۵۰۸ : نمونه هایی از قطعات تست ضربه قبل و بعد از شکسته شدن بر اثر ضربه

پاراگراف - 27.1.1.2 – اگر الزامات پذیرش مشروح در پاراگراف 27.1.1.1 تأمین نگردیده باشد، از همان مکان از قطعه باید سه نمونه دیگر تهیه و مورد تست ضربه قرار گیرد. در این حالت مقدار انرژی جذب شده برای هر نمونه که در تست مجدد بکار رفته باید برابر یا بزرگتر از میانگین حداقل مشخص شده در مشخصات فنی باشد.

دستگاههای جدید تست ضربه

شکل-۵۰۹ : نمونه هایی از ماشینهای جدید تست ضربه

دستگاههای پیشرفتهٔ جدید تست ضربه به آسانی می توانند تغییر کنند و هم تست ضربه از نوع Charpy وهم تست ضربه از نوع Izod را انجام دهند. در ضمن هم توانایی تست ضربه فلزات و هم تست ضربه مربوط به پلاستیک را دارا می باشند. با استفاده از این دستگاهها ثبت نتایج تست بصورت کامپیوتری و بسیار دقیق انجام می شوند.

***- QW-172 - Notch-Toughness Tests — Drop Weight

- تستهای ضربهٔ سقوط وزنه

*- QW-172.1 – General

- کلیات – تستهای ضربه سقوط وزنه باید زمانی که در دیگر بخشها لازم دانسته شد اجرا شود. روشها و تجهیزات تست باید با الزامات E208 از استاندارد ASTM مطابقت داشته باشد.

*- QW-172.2 – Acceptance

- پذیرش- ضوابط پذیرش باید مطابق با بخشی باشد که الزامات تست ضربه سقوط وزنه را مشخص کرده است.

*- QW-172.3 - Location and Orientation of Test Specimen

- موقعیت و جهت نمونه های تست: نمونه‌ی تست ضربه سقوط وزنه، موقعیت Crack Starter و جهت آن باید مطابق بخش معرفی شده در استانداردی باشد که تست ضربه را لازم دانسته است. چنانچه لوله‌ی تست کوپن در وضعیت 5G یا 6G جوشکاری شده باشد، نمونه های تست ضربه باید از جائی انتخاب گردند که در شکل QW-463.1(f) هاشور زده شده است. (لطفاً به شکل ۴۹۱ مراجعه شود)

توجه مهم: نظر به اینکه در تهیه و تنظیم PQR & WPS تست ضربه یکی از پارامترهای مهمی می باشد و این تست در استانداردهای ساخت ممکن است با یکدیگر اختلافاتی داشته باشند. بنابراین لازم است در اینجا قوانین تست ضربه در استانداردهای ساخت مخازن ذخیره ایی API: 650 ، مخازن تحت فشار ASME: Sec.VIII Div.-1 ، سیستم های لوله کشی صنعتی ASME B31.3 مرور شود.

■- تست ضربه در استاندارد API 650-2020

*- دسته بندی متریال ها در استاندارد API-650-2020

جدول-۲۱۹ : دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020-Table 4.4b

(See Figure 4.1b and Note 1 below.) **Table 4.4b—Material Groups (USC)**

Group I As Rolled, Semi-killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283 C		A131 B	6	A573-58		A573-58	9
A285 C	2	A36	5	A516-55		A516-55	9
A131 A		G40.21-38W		A516-60		A516-60	9
A36	3	Grade 250	7	G40.21-38W	8	G40.21-38W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						

یادداشتهای مربوط به جدول 4.4b:

در بالای جدول نوشته شده که به تصویر4.1b و یادداشت ۱ در زیر نگاه کنید.

۱- اکثر متریالها با مشخصات لیست شده، متعلق به استاندارد ASTM (از جمله Grade یا Class) می باشند، با این حال چند استثناء وجود دارد. G40.21 (از جمله Grade) مربوط به مشخصات CSA (انجمن استانداردهای کانادا) است، و گرید 235 ، گرید 250 و گرید 275 با استانداردهای ملی مرتبط است (به پاراگراف 4.2.6 نگاه کنید)

۲- باید فولاد نیمه کشته (Semikilled) یا فولاد کشته (Killed) باشد.

۳- ضخامت کمتر یا مساوی ۲۰ میلیمتر باشد.

۴- حذف شد.

جدول-۲۲۰ : ادامه دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020-Table 4.4b

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

۵- برای ضخامت های بیشتر از ۲۰ میلیمتر مقدار منگنز در نمونه های به دست آمده از مذاب باید بین ۱/۲-۰/۸ درصد باشد. به استثناء اینکه به ازاء هر ۰/۰۱ درصد کاهش در حداکثر کربن مشخص شده می توان ۰/۰۶ درصد منگنز به حداکثر مقدار مشخص شده اضافه نمود و مقدار منگنز تا حداکثر ۱/۵۳ مجاز می باشد، ضخامت های ۲۰ میلیمتر و کمتر باید دارای ۱/۲-۰/۸ درصد منگنز باشند.

۶- ضخامت های کمتر یا برابر ۲۵ میلیمتر.

۷- باید فولاد کشته (Killed) باشد.

۸- باید فولاد کشته و دانه ریز باشد.

۹- باید نرماله باشد.

۱۰- باید حداکثر مقدار کربن آن تا ۰/۲ درصد و حداکثر مقدار منگنز آن تا ۱/۶ درصد باشد.

۱۱- بوسیله فرآیند کنترل ترمو مکانیکال (TMCP) تولید گردد.

۱۲- برای تستهای انجام شده بر روی تست کوپنهای شبیه سازی شده برای متریال قطعاتی که مونتاژ و تنش زدایی شده اند به پاراگراف 5.7.4.9 نگاه کنید.

۱۳- برای الزامات تست ضربه (ورقی که در شرایط نورد تست شده است) به پاراگراف 4.2.10 نگاه کنید.

۱۴- متریال A841 کلاس های ۱ و ۲ (فقط گریدهای A و B) با اصلاحات زیر: کربن معادل (CE) باید مطابق الزامات تکمیلی S77 باشد.

متریال های ذکر شده در جدول 4-4b (جدول های ۲۱۹ و ۲۲۰) شامل استانداردهای زیر هستند:

ASTM, CSA, ISO, National Standards

باید توجه داشت، مطابق پاراگراف 9.2.1.3 از استاندارد API 650 دسته بندی متریال در این استاندارد با دسته بندی متریال در جدول QW-422 از استاندارد ASME Sec. IX متفاوت می باشد. در استاندارد API 650 متریال ها بطور کلی به سه دسته تقسیم می شوند و ملاک تقسیم آنها بر اساس حداقل استحکام کششی متریال است. همه متریال ها با مشخصه P1 در نظر گرفته شده اند و با دسته بندی (Group) مطابق زیر تقسیم شده اند:

Group-1: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از (70Ksi) 485 MPa است.

Group-2: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها برابر یا بیشتر از (70Ksi) 485 MPa اما کمتر از 550 MPa(80Ksi) است.

Group-3: متریال هایی که حداقل استحکام کششی آنها برابر یا بیشتر از (80Ksi) 550 MPa است.

9.2.1.3 Material specifications listed in Section 4 of this standard but not included in Table QW-422 of Section IX of the ASME *Code* shall be considered as P-No. 1 material with group numbers assigned as follows according to the minimum tensile strength specified:

a) less than 485 MPa (70 ksi)—Group 1;

b) equal to or greater than 485 MPa (70 ksi) but less than 550 MPa (80 ksi)—Group 2;

c) equal to or greater than 550 MPa (80 ksi)—Group 3.

Separate welding procedures and performance qualifications shall be conducted for A841M/A841 material.

شکل-۵۱۰ : دسته بندی متریال در استاندارد API-650-2020

شکل ۵۱۳ کتاب مربوط به تصویر 4–1a از استاندارد API 650 می باشدکه حداقل دمای طراحی مجاز فلز برای متریال بکار رفته در بدنه مخازن که به تست ضربه نیاز ندارد را نشان می دهد.

❋ - تست ضربه در متریال

4.2.9 Impact Testing of Plates

❋- پاراگراف 4.2.9 - تست ضربه ورقها:

❋- پاراگراف 4.2.9.1 - وقتی با درخواست مشتری یا الزامات پاراگراف 4.2.10 تست ضربه لازم باشد، بایستی یک ست (Set) از نمونه های تست ضربه از ورقهایی که عملیات حرارتی شده اند (چنانچه ورقها عملیات حرارتی شده اند) تهیه شود و نمونه ها باید الزامات انرژی ذکر شده را برآورده نمایند. نمونه های تست (Specimens) باید ازمحل های مجاور قطعات تست کششی تهیه شوند، محور مرکزی هر نمونه تست ضربه با ابعاد کامل باید تا آنجا که ضخامت ورق اجازه می دهد در نزدیکی صفحه ای باشد که در فاصله‌ی ¼ از ضخامت ورق قرار دارد.

❋- پاراگراف 4.2.9.2 - وقتی لازم باشد بایستی نمونه های تست (Specimen) از تست کوپنهای جداگانه ای تهیه شوند یا وقتی ورقها بصورت نورد گرم تولید می شوند سپس توسط سازنده، عملیات حرارتی می گردند روش اجرا (Procedure) باید با استاندارد ASTM A20 مطابقت داشته باشند.

❋- پاراگراف 4.2.9.3 - تست ضربه باید بر روی سه نمونه ای که از یک تست کوپن یا یک محل انتخاب شده است، انجام شود. میانگین انرژی جذب شده‌ی نمونه ها (انرژی جذب شده بوسیله یک نمونه از حداقل مقدار مشخص شده می تواند کمتر باشد) باید حداقل مقدار مشخص شده را برآورده نمایند. چنانچه بیشتر از یک نمونه دارای انرژی جذب شده‌ی کمتر از حداقل انرژی مشخص شده باشند یا اندازه‌ی انرژی جذب شده یکی از نمونه ها از دو سوم حداقل انرژی مشخص شده کمتر باشد، سه نمونه‌ی دیگر باید مجدداً تهیه و تست (Retest) گردد و انرژی جذب شده در هر کدام از نمونه های جدید باید برابر یا بیشتر از حداقل مقدار مشخص شده باشد.

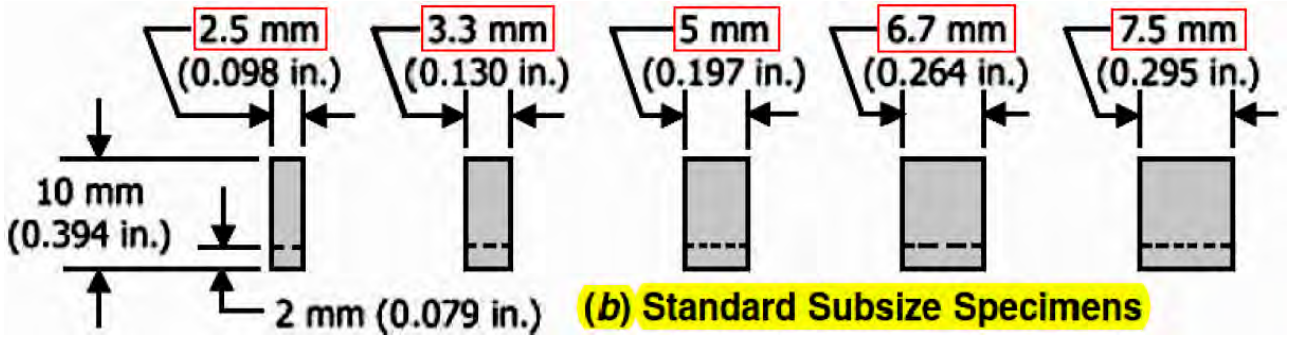
❋- پاراگراف 4.2.9.4 - نمونه های تست ضربه باید مطابق با نمونه های نوع A در تست ضربه (Charpy V–Notch) (به ASTM A370 نگاه کنید) باشند. شیار باید عمود بر سطح ورق تست ایجاد گردد.

❋- پاراگراف 4.2.9.5 - برای ورقهایی که ضخامت آنها برای تهیه‌ی نمونه ها با ابعاد کامل 10mm × 10mm کافی نمی باشند، تست ضربه باید بر روی نمونه های با بزرگترین ابعاد قابل تهیه از ورق انجام شود. در نمونه هایی که در ابعاد کمتر از

سایز استاندارد (Subsize) تهیه می شوند، شیار بایستی در امتداد ضخامت آنها که حداقل برابر ۸۰ درصد ضخامت اولیّه ورق می باشد ایجاد می گردد

*- پاراگراف 4.2.9.6 - مقادیر انرژی ضربه ای که از نمونه های (Subsize) بدست می آید نباید کمتر از مقادیری باشد که متناسب با مقادیر انرژی مورد نیاز برای نمونه های Full-size باشد.

*- توجه ویژه: در رابطه با این قسمت از جمله فوق (متناسب با مقادیر انرژی مورد نیاز برای نمونه های Full-size) بیشتر توضیح داده شود. نمونه های (Subsize) مطابق با استاندارد ASTM A370 به شرح ذیل هستند:



شکل-۵۱۱ : دسته بندی اندازه های (Subsize) در استاندارد ASTM A370

یادداشت ۲: در نمونه های زیر سایز ، همه ابعاد و تلورانس های نمونه استاندارد به استثنای عرض ثابت است ، که همانطور که در بالا نشان داده شده است و برای تلورانس مجاز باید ± 1% باشد.

جدول ۲۲۱: مقدار انرژی نمونه های Subsize متناسب با نمونه ی Full-size

TABLE 9 Charpy V-Notch Test Acceptance Criteria for Various Sub-Size Specimens[A,B,C]

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		⅔ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		⅓ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]	ft·lbf	[J]
75	[102]	56	[76]	50	[68]	38	[52]	25	[34]	19	[26]
70	[95]	53	[72]	47	[64]	35	[48]	23	[31]	18	[24]
65	[88]	49	[67]	44	[60]	33	[45]	21	[29]	16	[22]
60	[82]	45	[61]	40	[54]	30	[41]	20	[27]	15	[20]
55	[75]	41	[56]	37	[50]	28	[38]	18	[24]	14	[19]
50	[68]	38	[52]	34	[46]	25	[34]	17	[23]	13	[18]
45	[61]	34	[46]	30	[41]	23	[31]	15	[20]	11	[15]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

جدول ۹ از استاندارد ASTM A370 که مقدار انرژی لازم برای نمونه های Subsize است. به مثالهای زیر توجه شود:

Full-size 20J (Subsize 6.7 mm = 18J)
Full-size 27J (Subsize 7.5 mm = 20J)
Full-size 18J (Subsize 5 mm = 8J)
Full-size 34J (Subsize 3.3 mm = 11J)
Full-size 54J (Subsize 2.5 mm = 14J)

بنابراین مطابق با جدول فوق میزان قابل قبول انرژی لازم برای سایزهای (Subsize) مشخص می شود.

*- پاراگراف 4.2.9.7 - دستگاه تست از جمله کالیبراسیون دستگاههای تست ضربه و تغییرات مجاز در درجه حرارت نمونه ها باید با استاندارد و یا یک دستگاه تست معادل که با استانداردهای ملی یا ایزو همخوانی دارد مطابقت داشته باشد.

*** دستگاه های تست ضربه مطابق شکل صفحه بعد.

شکل ۵۱۲: دستگاه های تست ضربه

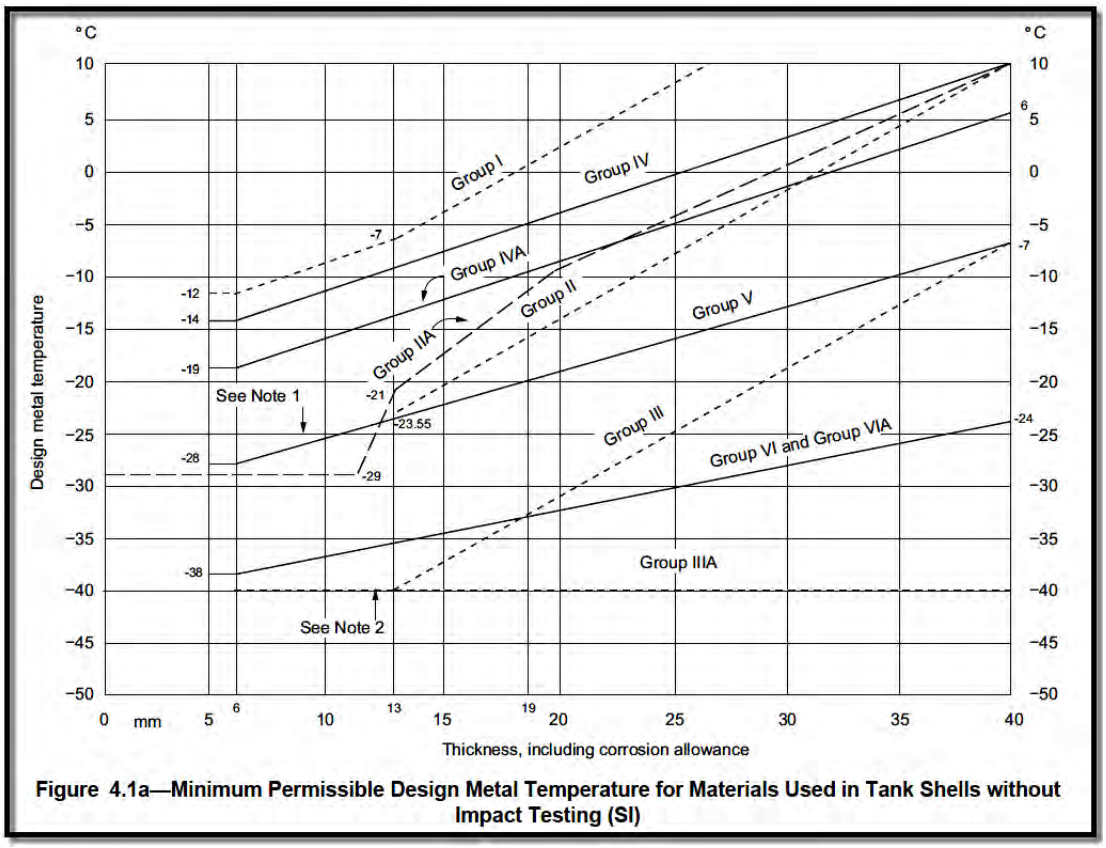


Figure 4.1a—Minimum Permissible Design Metal Temperature for Materials Used in Tank Shells without Impact Testing (SI)

شکل ۵۱۳: نمودار مربوط به دسته بندی متریال در رابطه با تست ضربه در استاندارد API-650-2020

یادداشتهای شکل Fig. 4-1a :

۱- خطوط مربوط به گروه II و گروه V در ضخامت های کمتر از ۱۳ میلیمتر با هم تلاقی می کنند.

۲- خطوط مربوط به گروه III و گروه IIIA در ضخامت های کمتر از ۱۳ میلیمتر با هم تلاقی می کنند.

۳- متریال مربوط به هر گروه در جدول 4.4a & 4.4b لیست شده است.

۴- حذف شده.

۵- از منحنی های گروه های IIA و VIA برای لوله و فلنج استفاده می شود. (پاراگراف های 4.5.4.2 و 4.5.4.3 را نگاه کنید).

6- معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می تواند برای محاسبه‌ی دمای طراحی فلز (DMT) برای هر گروه متریال API و محدوده‌ی ضخامتی، مورد استفاده قرار گیرند.

*- پاراگراف 4.2.10 - الزامات تست چقرمگی

*- پاراگراف 4.2.10.1 - ضخامت و درجه حرارت طراحی فلز ورقهای بدنه، ورقهای تقویتی بدنه (Reinforcing Pads) ، ورقهای تقویتی جاسازی شده و ضخیم در بدنه (Shell Insert Plates and thickened insert plates)، ورقهای کف جوش داده شده به ورقهای بدنه، ورقهای بکار رفته برای ساخت گلویی نازلها و منهولها، ورقهای بکار رفته در ساخت فلنجهای نازلها، درپوش فلنجها (Blind Flanges) و درپوش منهول ها باید مطابق تصویر 4-1b & 4-1a از استاندارد 650 API باشد. ارزیابی چقرمگی فلنجهای ساخته شده از ورق، درپوش فلنجها و درپوش منهولها باید بر اساس ضخامت تعیین شده در پاراگراف 4.5.4.3 (Governing Thickness) باشد بعلاوه، ورقهای با ضخامت بیشتر از ۴۰ میلیمتر باید از فولاد کشته (Killed Steel) و دانه ریز باشد و بوسیله عملیات نرمالیز و نرمالیز - تمپر یا کوئینچ - تمپر کردن، عملیات حرارتی شوند و بایستی بر روی هر ورق در وضعیت عملیات حرارتی شده (As heat treated) مطابق با پاراگراف 4.2.11.2 تست ضربه انجام شود.

هر ورق یا متریال A841 که بوسیله فرآیند TMCP (Thermo-Mechanical-Control-Process) تهیه شده باشد باید مورد تست ضربه قرار گیرد. درجه حرارت و انرژی لازم برای تست ضربه ی آنها باید مطابق با پاراگراف 4.2.11.2 باشد.

*- پاراگراف 4.2.10.2 - چنانچه خریدار تأیید نماید، ممکن است ورقهایی که با فرایند کنترل مکانیکی- حرارتی (TMCP) تولید می شوند (ورقهایی که برای افزایش چقرمگی آنها به روش نورد مکانیکی- حرارتی تولید می شوند) جایگزین ورقهایی گردند که بوسیله‌ی پاراگراف 4.2.10.1 به علت ضخامت بالای (.1.5 in) ۴۰ میلیمتر عملیات حرارتی شده اند. در این زمینه هر ورقی که به روش مکانیکی- حرارتی نورد شده است باید آزمایش انرژی ضربه آن (V-notch) مطابق با پاراگراف های 4.2.10 ,4.2.9 و 4.2.11 انجام شود، وقتی فولادهایی که به روش نورد مکانیکی- حرارتی تولید می شوند بایستی شرایط سرویس لیست شده در پاراگراف 5.3.3 مورد توجه قرار گیرد.

*- پاراگراف 4.2.10.3 - ورقهای با ضخامت (.1.5 in) ۴۰ میلیمتر یا کمتر را می توان در دمای طراحی یا بالاتر از دمای طراحی نشان داده شده در تصویر 4-1b & 4-1a از استاندارد API 650 مورد استفاده قرار داد بدون اینکه مورد تست ضربه قرار گیرند. برای استفاده ورق ها در دمای طراحی کمتر از دماهای نشان داده شده در تصویر 4-1b & 4-1a، باید مقاومت کافی در برابر ضربه را طبق پاراگراف 4.2.11.3 از خود نشان دهند مگر اینکه خریدار پاراگراف های 4.2.11.2 یا 4.2.11.4 را به عنوان معیار جایگزین معرفی کرده باشد. برای ورقهایی که عملیات حرارتی (نرماله و نرماله - تمپر یا کوئینچ - تمپر کردن) شده اند (وقتی که الزامات 4.2.11.2 مورد نظر است) تست ضربه باید بر روی هر ورق که عملیات حرارتی شده است، انجام شود. خطوط رسم شده در تصویر 2-4 از استاندارد API 650 پایین ترین دمای متوسط یک روز را نشان داده است.

*- پاراگراف 4.2.10.4 - ورق تقویت نازلهای بدنه (shell opening) و ورقهای تقویتی جاسازی شده و ضخیم در بدنه (Insert Plates or thickened insert plates)، باید از نوع ورق بدنه مخزن یا از متریال های مناسبی باشند که در جدول های 4.4a و 4.4b و تصاویر 4.1b & 4.1a از استاندارد API 650 نشان داده شده است. به استثناء گلویی نازلها و منهول ها، استحکام تسلیم و کششی متریال باید معادل یا بیشتر و قابل مقایسه با متریال بدنه باشد. (به پاراگراف 4.2.10.1 و آیتم d از پاراگراف5.7.2.3 نگاه کنید)

*- پاراگراف 4.2.10.5 - الزامات مندرج در پاراگراف 4.2.10.4 تنها در مورد نازلها و منهول های بدنه مخزن بکار برده می شود. متریال های نازلها و منهول های سقف نیاز به تست ضربه ندارد.

*- پاراگراف 4.2.11- روشهای تست ضربه (تعیین چقرمگی)

*- پاراگراف 4.2.11.1 - وقتی لازم است چقرمگی یک متریال تعیین گردد، این کار باید مطابق با پاراگراف 4.2.10 بوسیله یکی از روشهای شرح داده شده در پاراگراف های 4.2.11.2, 4.2.11.3 و 4.2.11.4 انجام شود.

*- پاراگراف 4.2.11.2 - هر ورق در شرایط نورد شده یا عملیات حرارتی شده باید مطابق با پاراگراف 4.2.9 در حداقل دمای طراحی یا کمتر از آن و بر روی نمونه های تهیه شده در جهت های طولی یا عرضی نورد، مورد تست ضربه قرار گیرد تا نشان داده شود مقدار انرژی جذب شده، الزامات مندرج در جدول 4-5b & 4-5a (برای حداقل میزان قابل قبول یک نمونه یا نمونه های Subsize تهیه می شود به پاراگراف4.2.9 نگاه کنید) را رعایت نموده است. هر گاه در اینجا عبارت ورق نورد شده (As rolled) مورد استفاده قرار می گیرد در واقع به تعداد ورق نورد شده که بر اساس محل و تعداد نمونه ها از تخته (Slab) یا بطور مستقیم از یک شمش تهیه می شوند اشاره دارند نه اینکه اشاره به موقعیت یا شرایط ورقها دارد.

توجه: (As rolled به معنی ورقی که هیچگونه عملیات حرارتی در حین ساخت بر روی آن انجام نمی شود و ممکن است خریدار به درخواست خود عملیات حرارتی بر روی آن انجام دهد)

*- پاراگراف 4.2.11.3 - برای ورقی که بصورت نورد شده تولید شده است (As rolled) باید از هر شماره ذوب (Heat) آن ضخیم ترین ورق تست ضربه شود. برای متریال هایی که به روش مکانیکی- حرارتی (TMCP) تولید شده اند، هر ورق نورد شده بایستی مطابق پاراگراف 4.2.9 تست ضربه شود و بایستی تمام الزامات و شرایط تست ضربه در پاراگراف 4.2.11.2 را در دمای طراحی برآورده نماید.

*- پاراگراف 4.2.11.4 - سازنده باید اطلاعات مربوط به تست ورقها را به مشتری ارائه نماید و نشان دهد که متریال مورد نظر بر اساس آخرین محصول کارخانه، چقرمگی لازم را در دمای طراحی دارا می باشد.

*- مقدار انرژی جذب شده لازم برای تست ضربه در ورقها

جدول ۲۲۲: بررسی نتایج تست ضربه برای ورقها در استاندارد API-650-2020

Table 4.5a—Minimum Impact Test Requirements for Plates (SI) (See Note)

Plate Material[a] and Thickness (t) in mm	Thickness	Average Impact Value of Three Specimens[b]	
		Longitudinal	Transverse
	mm	J	J
Groups I, II, III, and IIIA $t \le$ maximum thicknesses in 4.2.2 through 4.2.5		20	18
Groups IV, IVA, V, and VI (except quenched and tempered and TMCP)	$t \le 40$	41	27
	$t = 45$	48	34
	$t = 50$	54	41
	$t = 100$	68	54
Group VI (quenched and tempered and TMCP)	$t \le 40$	48	34
	$t = 45$	54	41
	$t = 50$	61	48
	$t = 100$	68	54

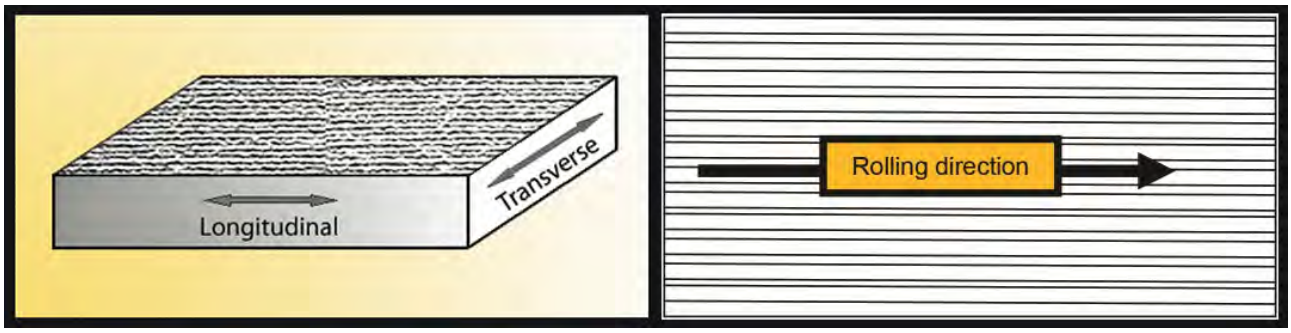
یادداشتهای جدول ۲۱۸ جدول 4.5a:

a- به جدول 4.4a نگاه کنید.

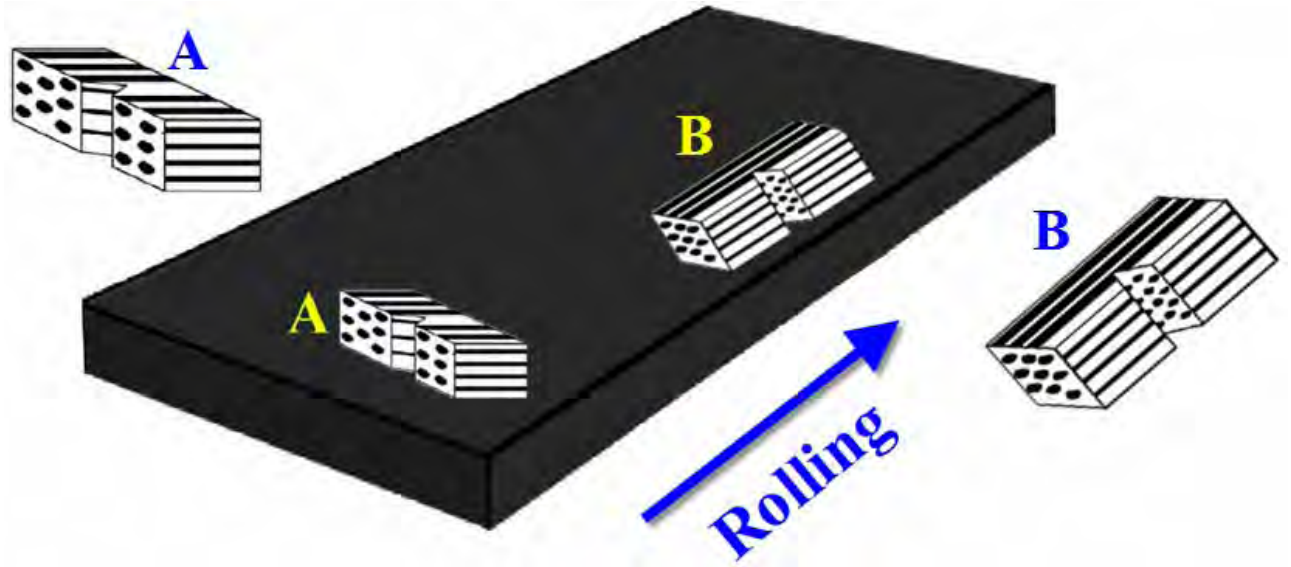
b- وقتی حداقل مقدار میانگین انرژی ضربه برای ضخامت ورقی که ضخامت آن مابین ضخامتهای مشخص شده ای قرار دارد مشخص باشد، میان یابی مجاز می باشد.

یادداشت: برای فلنجهای رینگی که از ورق ساخته می شوند حداقل الزامات تست ضربه برای تمام ضخامتها باید مطابق الزاماتی باشد که برای ضخامت های کمتر یا برابر با 40mm در نظر گرفته شده است.

*** توجه ویژه به جدول 4.5a : اگر به میانگین انرژی لازم برای سه قطعه در تمام ضخامتها نگاه کنید مشخص می شود که مقدار انرزی لازم برای قطعات طولی خیلی بیشتر از مقدار انرزی لازم برای قطعات عرضی می باشد حال چرا؟ لطفا به شکل زیر دقت شود:



شکل- ۵۱۴ : شکل شماتیک جهت رول ورقها

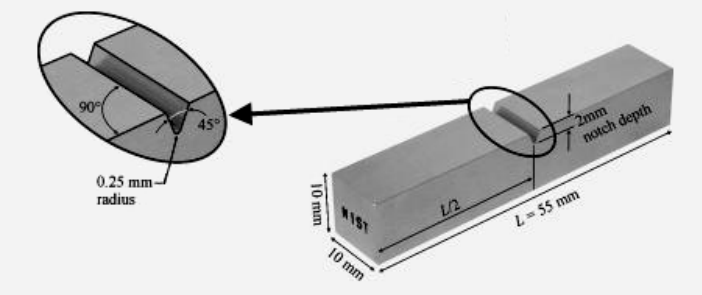


شکل- ۵۱۵ : شکل شماتیک جهت رول ورقها و نمایش جهت قرار گرفتن آرایش اتمهای متریال

*- نمونه‌ی تست A در واقع نمونه‌ی تست Transverse

*- نمونه‌ی تست B در واقع نمونه‌ی تست Longitudinal

در نمونه‌ی تست A جهت آرایش اتمها در جهت ضربه پاندول دستگاه تست ضربه است در نتیجه مقدار انرژی جذب شده کم است. در نمونه‌ی تست B برعکس نمونه‌ی تست A جهت آرایش اتمها در جهت عمود ضربه پاندول دستگاه تست ضربه است در نتیجه مقدار انرژی جذب شده بیشتر است.



* - تست ضربه در خط جوش طولی لوله ها

*- پاراگراف 4.5 - Piping and Forgings

*- پاراگراف 4.5.3 - ردیف (d) تست ضربه برای تأیید روش جوشکاری خط جوش لوله ها باید مطابق پاراگراف 9.2.2 انجام شود.

*- پاراگراف 4.5.4.4 - وقتی مطابق با پاراگرافهای 4.5.4.1 و 4.5.4.3 انجام تستهای ضربه لازم می باشد، این تستها باید مطابق با الزامات ASTM A333M / A333, Grade 6 برای لوله یاASTM A350M / A350, Grade LF1 برای قطعات آهنگری (Forge) شده از جمله الزامات حداقل انرژی آنها، در دمایی بالاتر از دمای طراحی نباشد، انجام شود. به استثناء ورق مشخص شده در پاراگراف 4.2.9.2، متریال مشخص شده در پاراگراف 4.5.1 و 4.5.2 برای نازلها و منهول های بدنه و تمام قطعات آهنگری شده بکار رفته در Opening های بدنه باید دارای حداقل استحکام ضربه 18J (نمونه تست با ابعاد کامل) باشد و بایستی در درجه حرارتی که بیشتر از درجه حرارت طراحی نباشد، انجام گیرد.

*- تست ضربه در جوش و منطقه HAZ

*- پاراگراف 9.2 - Qualification of Welding Procedures

*- پاراگراف 9.2 - تأیید روشهای جوشکاری

*- پاراگراف 9.2.2 - تستهای ضربه: Impact Tests

*- پاراگراف 9.2.2.1 - تستهای ضربه برای ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری باید با شرایط مندرج در پاراگراف 4.2.9 منطبق بوده و در درجه حرارت طراحی فلز و یا کمتر از آن انجام گیرد.

*- پاراگراف 9.2.2.2 - وقتی طبق پاراگراف های 4.2.9 و 4.2.10 و 4.5.4 تست ضربه متریال لازم الاجرا باشد، در تمام فرآیند های جوشکاری اتوماتیک و نیمه اتوماتیک باید از ناحیه متأثر از جوش (HAZ) تست ضربه به عمل آید.

*- پاراگراف 9.2.2.3 - برای کلیه‌ی متریال هایی که باید در دمای طراحی فلز (Design Metal Temperature) زیر دمای 10°C (50°F) مورد استفاده قرار گیرند، ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشد. چنانچه اتصالات عمودی بوسیله فرآیندهای اتوماتیک و نیمه اتوماتیک جوشکاری گردند باید تست ضربه از ناحیه متأثر از جوش (HAZ) به عمل آید.

*- پاراگراف 9.2.2.4 - وقتی درجه حرارت طراحی فلز (Design Metal Temperature) زیر دمای 7°C (20°F)- باشد، بایستی در تمام روشهای جوشکاری برای اجزاء تشکیل دهنده ای که در پاراگراف 4.2.10.1 آورده شده اند و برای جوشکاری متعلقات به این اجزاء و نیز برای ساخت نازلها و منهول های بدنه از لوله ها و قطعات آهنگری لیست شده در پاراگراف 4.5 تست ضربه فلز جوش انجام گیرد.

نکته بسیار مهم:

دمای طراحی فلز (Design Metal Temperature) چگونه مشخص می شود؟ بعبارتی از کجا به دمای طراحی فلز پی ببریم؟ مثلاً متریال مخزن که از جنس A516-Gr. 70 با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. می خواهیم بدانیم دمای طراحی این فلز چقدر است؟ چه باید کرد؟

برای پاسخ به این سئوالات به جواب زیر دقت شود.

در زیر نوشته شماره ۶ شکل ۵۱۳ (SI) 4-1a از استاندارد API-650-2020 چنین آمده که:

۶- معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می تواند برای محاسبه‌ی دمای طراحی فلز (DMT) برای هر گروه متریال API و محدوده‌ی ضخامتی، مورد استفاده قرار گیرند.

بنابراین با توجه به معادلات خطی ارائه شده در جدول 4.3a می توان به دمای طراحی فلز پی برد.

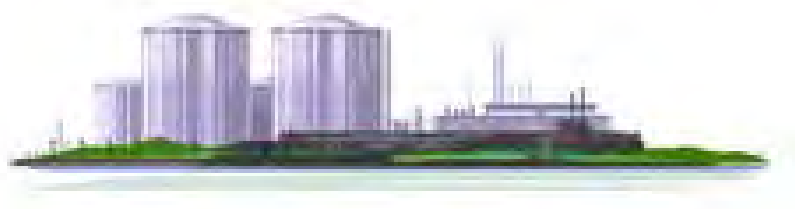
جدول- ۲۲۳: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز (DMT)

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
I	$6 \le X < 13$	$Y = 0.714X - 16.286$
I	$13 \le X \le 25$	$Y = 1.417X - 25.417$
II	$6 \le X < 13$	$Y = 0.634X - 31.81$
II	$13 \le X \le 40$	$Y = 1.243X - 39.72$
IIA	$10 \le X < 13$	$Y = 2.667X - 55.667$
IIA	$13 \le X \le 19$	$Y = 2X - 47$
IIA	$19 \le X \le 40$	$Y = 0.905X - 26.19$
III	$6 \le X \le 13$	$Y = -40$
III	$13 \le X \le 40$	$Y = 1.222X - 55.89$
IIIA	$6 \le X \le 40$	$Y = -40$
IV	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.7059X - 18.235$
IVA	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.7353X - 23.412$
V	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.6176X - 31.71$
VI, VIA	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.4112X - 40.471$
Y = Design Metal Temperature (°C) X = Thickness including corrosion (mm)		

مثال-۱: متریال مخزن از جنس A516-Gr. 70 با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟

جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A516-Gr. 70 مشخص شود. باید دقت کرد که متریال مورد نظر نرمالیز نیست پس مشخص می شود که این متریال در گروه متریال های IV قرار دارد.



جدول- ۲۲۴: دسته بندی متریال در استاندارد API 650-2020- Table 4.4b-(USC) Material Groups

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

مطابق جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups متریال A 516-Gr. 70 مربوط به گروه چهار IV است. پس از مشخص شدن گروه متریالی این متریال به جدول 4-3a-(SI) رجوع می کنیم تا بر اساس معادله‌ی خطی مربوط به گروه IV و با توجه به ضخامت این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه کنیم. چون ضخامت این متریال 20mm است. بنابراین:

جدول- ۲۲۵: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 516 Gr. 70

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
IV	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.7059X - 18.235$

Y = Design Metal Temperature (°C)
X = Thickness including corrosion (mm)

Y = 0.7059 X - 18.235

X = 20 mm

Y = (0.7059 x 20) - 18.235 = -4.117

- 4.117 °C + 8 °C = 3.883

3.883 °C < 10 °C Impact test is require

نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای 10°C (50°F) می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشند.

مثال-۲: متریال مخزن از جنس A 516-Gr. 70N با ضخامت ۲۰ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟

جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A 516-Gr. 70N مشخص شود. باید دقت کرد که متریال مورد نظر نرمالیز شده است پس مشخص می شود که این متریال در گروه متریال های V قرار دارد. بنابراین داریم:

جدول- ۲۲۶: دسته بندی متریال در استاندارد API 650-2020- Table 4.4b-(USC) Material Groups

Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10	G40.21-44W	8, 9	A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8	G40.21-50W	8, 9	A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Classes 1 and 2	11, 12, 13, 14
EN355 J0	8						
Grade 275	8						

جدول- ۲۲۷: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 516 Gr. 70N

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
V	$6 \le X \le 40$	$Y = 0.6176X - 31.71$

Y = Design Metal Temperature (°C)
X = Thickness including corrosion (mm)

Y = 0.6176 X - 31.71
X = 20 mm
Y = (0.6176 x 20) - 31.71 = -19.358
- 19.358 °C + 8 °C = -11.358
-11.358 °C < -7 °C Impact test is require

نتیجه: لطفاً به مثال ۱ و ۲ در مورد اینکه متریال نرمالیز باشد یا نباشد دقت شود.

مطابق پاراگراف (9.2.2.4) چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای (20°F) 7°C- می باشد، تست ضربه فلز جوش در تمام روشهای جوشکاری برای اجزاء تشکیل دهنده ای که در پاراگراف 4.2.9.1 ذکر شده اند و برای جوشکاری متعلقات به این اجزاء و نیز برای ساخت نازلها و منهول های بدنه از لوله ها و قطعات آهنگری لیست شده در پاراگراف 4.5 بایستی انجام گیرد.

مثال-۳: متریال مخزن از جنس A283-Gr. C با ضخامت ۱۵ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز DMT چقدر است؟

جواب: در ابتدا به جدول Table 4.4b-(USC) Material Groups رجوع می کنیم تا گروه متریال A283-Gr. C مشخص شود که مطابق جدول Table 4.4b متریال A283-Gr. C مربوط به گروه Group I است.

جدول- ۲۲۸: دسته بندی متریال در استاندارد API 650-2020- Table 4.4b-(USC) Material Groups

(See Figure 4.1b and Note 1 below.) **Table 4.4b—Material Groups (USC)**

Group I As Rolled, Semi-killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283 C		A131 B	6	A573-58		A573-58	9
A285 C	2	A36	5	A516-55		A516-55	9
A131 A		G40.21-38W		A516-60		A516-60	9
A36	3	Grade 250	7	G40.21-38W	8	G40.21-38W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						

پس از مشخص شدن گروه متریالی این متریال به جدول (SI)-4-3a رجوع می کنیم تا بر اساس معادله‌ی خطی مربوط به گروه I و با توجه به ضخامت این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه کنیم. چون ضخامت این متریال 15mm است بنابراین:

جدول- ۲۲۹: جدول (SI)-4-3a بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A 283 Gr. C

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
I	$13 \le X \le 25$	$Y = 1.417X - 25.417$

Y = Design Metal Temperature (°C)

X = Thickness including corrosion (mm)

Y = 1.417 X - 25.417

X = 15 mm

Y = (1.417 x 15) - 25.235 = - 3.98

- 3.98 °C + 8 °C = 4.02

4.02 °C < 10 °C Impact test is require

نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر زیر دمای 10°C (50°F) می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) باید شامل تست ضربه فلز جوش باشد.

مثال-۴: متریال مخزن از جنس A283-Gr. C با ضخامت ۲۵ میلیمتر است. دمای طراحی این فلز چقدر است؟

چون مطابق جدول Table 4.4b متریال A283-Gr. C مربوط به گروه Group I است. بنابراین بر اساس معادله‌ی خطی مربوط به گروه I و با توجه به ضخامت 25mm این متریال دمای طراحی آنرا محاسبه می کنیم:

جدول- ۲۳۰: جدول 4-3a-(SI) بررسی فرمول محاسبه دمای طراحی فلز A283 Gr. C

Table 4.3a—Linear Equations for Figure 4.1a (SI)

API Group #	Thickness Range	Equation
I	$13 \le X \le 25$	$Y = 1.417X - 25.417$

Y = Design Metal Temperature (°C)

X = Thickness including corrosion (mm)

Y = 1.417 X - 25.417

X = 25 mm

Y = (1.417 x 25) - 25.235 = 10.19

10.19 ºC + 8 ºC = 18.19

18.19 ºC > 10 ºC Impact test is not require

نتیجه: مطابق پاراگراف 9.2.2.3- چون دمای طراحی فلز (DMT) مورد نظر بالای دمای (50°F) 10°C می باشد ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری در اتصالات عمودی (Vertical Joints) نیاز به تست ضربه فلز جوش ندارند.

توجه ویژه:

در سه مثال فوق به عدد محاسبه شده‌ی (design metal temperature) DMT مقدار 8 ºC اضافه می شود چرا؟

این قانون در پاراگراف 3.8 از استاندارد API 650-2020 قید شده است.

3.8
design metal temperature
The lowest temperature considered in the design, which, unless experience or special local conditions justify another assumption, shall be assumed to be 8 °C (15 °F) above the lowest one-day mean ambient temperature of the locality where the tank is to be installed. Isothermal lines of lowest one-day mean temperature are shown in Figure 4.2. The temperatures are not related to refrigerated-tank temperatures (see 1.1.1).

شکل- ۵۱۶ : قانون اضافه کردن 8 ºC به DMT محاسبه شده در API-650-2020

***- پاراگراف 3.8 (design metal temperature) :

پایین ترین دمای در نظر گرفته شده در طراحی، بایستی 8 ºC (15 ºF) بالای کمترین میانگین دمای محیط در یک روز در مکانی که قرار است مخزن در آنجا نصب گردد، محاسبه شود. مگر اینکه تجربه و شرایط خاص اقلیمی فرضیه‌ی دیگری را ارائه نماید. میانگین کمترین دمای یک روز مربوط به خطوط هم دما در تصویر 4.2 نشان داده شده است. دماها مربوط به مخازن با دمای برودتی نمی باشند. (به پاراگراف 1.1.1 نگاه کنید.)

بنابراین، باید طبق معادله‌ی خطی که در جدول Table 4.3a ذکر شده است، دمای DMT متریال را محاسبه نمود و سپس به دمای بدست آمده، 8 ºC (15 ºF) اضافه شود.

نکته ایی بسیار مهم و قابل تأمل:

در استاندارد API 650-2020 یه نقشه تحت عنوان خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) (مربوط به یک مکان) کمترین درجه حرارت متوسط یک روزه (°F) با شماره Figure 4.2 تهیه شده برای کشور امریکا، در نتیجه در امریکا به شیوه استفاده از فرمول محاسبه DMT متریال استفاده نمی شود و شیوه محاسبه‌ی DMT متریال براساس فرمول معادلعه خطی برای کشورهای دیگر نقاط دنیا است که چنین نقشه ایی ندارند.

این مطلب در کتاب عنوان شده است.

10.3 The design metal temperature

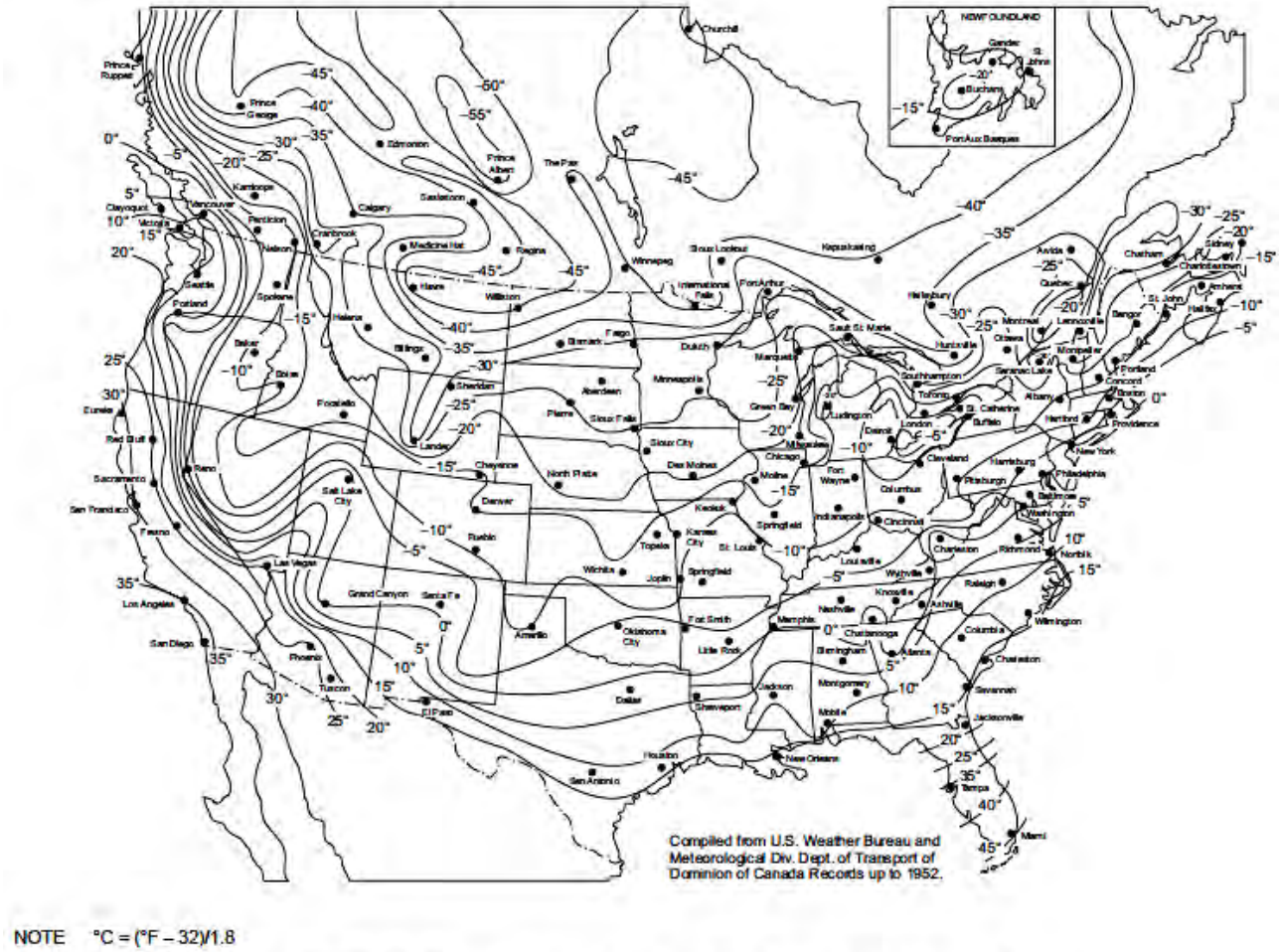
1 0.3.1 Minimum temperatures

API 650 The design metal temperature shall be assumed To be 8 ºC (15 ºF) above the lowest one day mean ambient temperature of the locality of the area where the tank is to be installed. For mainland USA these are shown in Figure 10.2. For other areas of the world, suitable equivalent data must be obtained.

Source: Guide to storage tanks & equipment

شکل- ۵۱۷ : موضوع محاسبه DMT برای کشورهای دیگر به غیر از امریکا

*- نقشه خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) (مربوط به یک مکان) کمترین درجه حرارت متوسط یک روزه (°F)



NOTE °C = (°F – 32)/1.8

Figure 4.2—Isothermal Lines of Lowest One-Day Mean Temperatures (°F)

شکل- ۵۱۸ : نقشه خطوط ایزوترمال (خطوط هم دما) در امریکا

■- تست ضربه در مخازن تحت فشار-ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

شکل- ۵۱۹ : نمونه ایی از یک مخزن تحت فشار Pressure Vessel

*- تاریخچه متغیرات تکمیلی اساسی (Supplementary Essential Variable)

CASTI Guidebook to ASME Section IX - Welding Qualifications - Third Edition Chapter 14 **241**

History of Supplementary Essential Variables - 1974 Edition

Prior to the 1974 Edition of Section IX, there were only essential variables and nonessential variables. The rules for notch-toughness applications were simply essential variables for all applications. The Subcommittee IX decided that there were very few notch-toughness applications, and therefore, the notch-toughness rules should be separated from the non-notch-toughness procedure qualification rules. The 1974 Edition of Section IX was the first edition with the rules for notch-toughness separated from the essential variables as supplementary essential variables. In this manner, the more restrictive rules for notch-toughness need only be applied when notch-toughness is a requirement of the construction code.

ASME Section VIII, Div. 1, UCS-66, UCS-67, and UCS-68 require that a minimum design metal temperature (MDMT) be established for all vessels built to the requirements of the Code and an evaluation of the operating conditions of these vessels to determine if impact testing will be required. Section VIII, Div. 1, UG-20 requires the MDMT to be established for the lowest operating temperature, operational upsets, auto-refrigeration, atmospheric temperature, or any other sources of cooling. These "UCS" rules were introduced into ASME Section VIII, Div. 1, in 1987, and have caused a large increase in the requirement for impact testing and the application of supplementary essential variables for the qualification of the WPS. Section VIII, Div. 1, Part UHT also requires impact testing for the ferritic materials with properties enhanced by heat treatment, and there are additional rules in ASME Section III, ASME B31.3 and other construction codes.

شکل- ۵۲۰ : تاریخچه متغیرات تکمیلی اساسی در Practical Guide to ASME Sec. IX chapter 14

باید توجه داشت در ویرایش استاندارد ASME Section IX تا قبل از سال 1974 فقط متغیرات اساسی(Essential) و غیر اساسی(Nonessential) وجود داشت و مقررات تست ضربه (notch-toughness) برای تمام کاربردها بعنوان یک متغیر اساسی تلقی می شد.

کمیته فرعی Subcommittee IX از استاندارد ASME Section IX تصمیم گرفت، چون تعداد کاربردهایی که نیاز به تست ضربه (notch-toughness) دارند محدود می باشند، بایستی از کاربردهایی که نیاز به تست ضربه ندارند متمایز شوند. بنابراین برای اولین بار در سال 1974 استاندارد ASME Section IX مقررات تست ضربه (notch-toughness) را بعنوان متغیرات اساسی تکمیلی (Supplementary Essential Variables) ارائه نمود.

این مقررات برای مواردی کاربرد دارند که طبق الزامات کُد ساخت (Construction Code) نیاز به تست ضربه (notch-toughness) داشته باشند. در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 مطابق پاراگراف UCS-66, UCS-67, UCS-68 تعیین حداقل دمای طراحی متریال برای تمام مخازنی که طبق الزامات کُد ساخته می شوند الزامی می باشد و شرایط کاری (Operating condition) این مخازن نیز مورد ارزیابی قرار میگیرد تا مشخص شود آیا تست ضربه نیاز هست یا خیر. پاراگراف UG-20 تعیین حداقل دمای طراحی متریال برای پایین ترین درجه حرارت کاری، متغیرات دمای عملیاتی، خود سرمایشی، درجه حرارت اتمسفر یا هر منبع سرمایشی دیگر را الزامی می داند.

در سال 1987 در استاندارد ASME Section VIII Div. 1 مقررات UCS ارائه گردید، بنابراین نیاز به تست ضربه و همچنین کاربرد متغیرات اساسی تکمیلی برای ارزیابی کیفی WPS ها افزایش یافت. بخش UHT تست ضربه برای متریال فریتی (Ferritic) که خواص آنها بوسیله عملیات حرارتی ارتقاء یافته است را لازم می داند.

*- تست ضربه در متریال

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(d) Impact Tests of Material

(1) **Reports or certificates of impact tests by the material manufacturer will be acceptable evidence that the material meets the requirements of this paragraph, provided the specimens comply with UCS-85, UHT-5, or UHT-81, as applicable.**

(2) **The Manufacturer of the vessel may have impact tests made to prove the suitability of a material which the material manufacturer has not impact tested provided the number of tests and the method of taking the test specimens shall be as specified for the material manufacturer (see UG-85).**

شکل- ۵۲۱ : تست ضربه مورد نیاز برای متریال ASME Section VIII Div. 1-2019

*- پاراگراف (*d*) UG-84 (*Impact Test of Material*) : تست ضربه برای متریالها

(1)- گزارشات یا گواهینامه های تأیید شده‌ی تستهای ضربه ای که توسط سازنده‌ی متریال انجام شده است با مدارک و اسنادی که نشان دهد متریال با الزامات این پاراگراف مطابقت دارد، قابل قبول می باشد به شرطی که نمونه های آزمایش با مقررات پاراگرافهای UCS-85, UHT-5 & UHT-81 در صورت اجرایی بودن مطابقت داشته باشد.

(2)- متریالی که سازنده‌ی آن (سازنده‌ی متریال) هیچگونه تست ضربه ای بر روی آن انجام نداده است ممکن است سازنده‌ی مخزن لازم بداند جهت اثبات نمودن اینکه متریال مورد نظر، مناسب می باشد بر روی آن تست های ضربه انجام دهد به شرطی که تعداد آزمایشها و روش برداشتن نمونه های تست بایستی همانگونه که در کارخانه ساخت متریال توسط سازنده‌ی متریال انجام می گردد، توسط سازنده‌ی مخزن نیز انجام شود.

*- تست ضربه در PQR

مطابق با ASME Section VIII Div.1 Para. UG-84(h) تستهای ضربه برای PQR به شرح زیر می باشد:

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(h) Impact Tests of Welding Procedure Qualifications

(1) General. **For steel vessels of welded construction, the impact toughness of the welds and heat affected zones of the procedure qualification test plates shall be determined in accordance with (g) above and the following subparagraphs:**

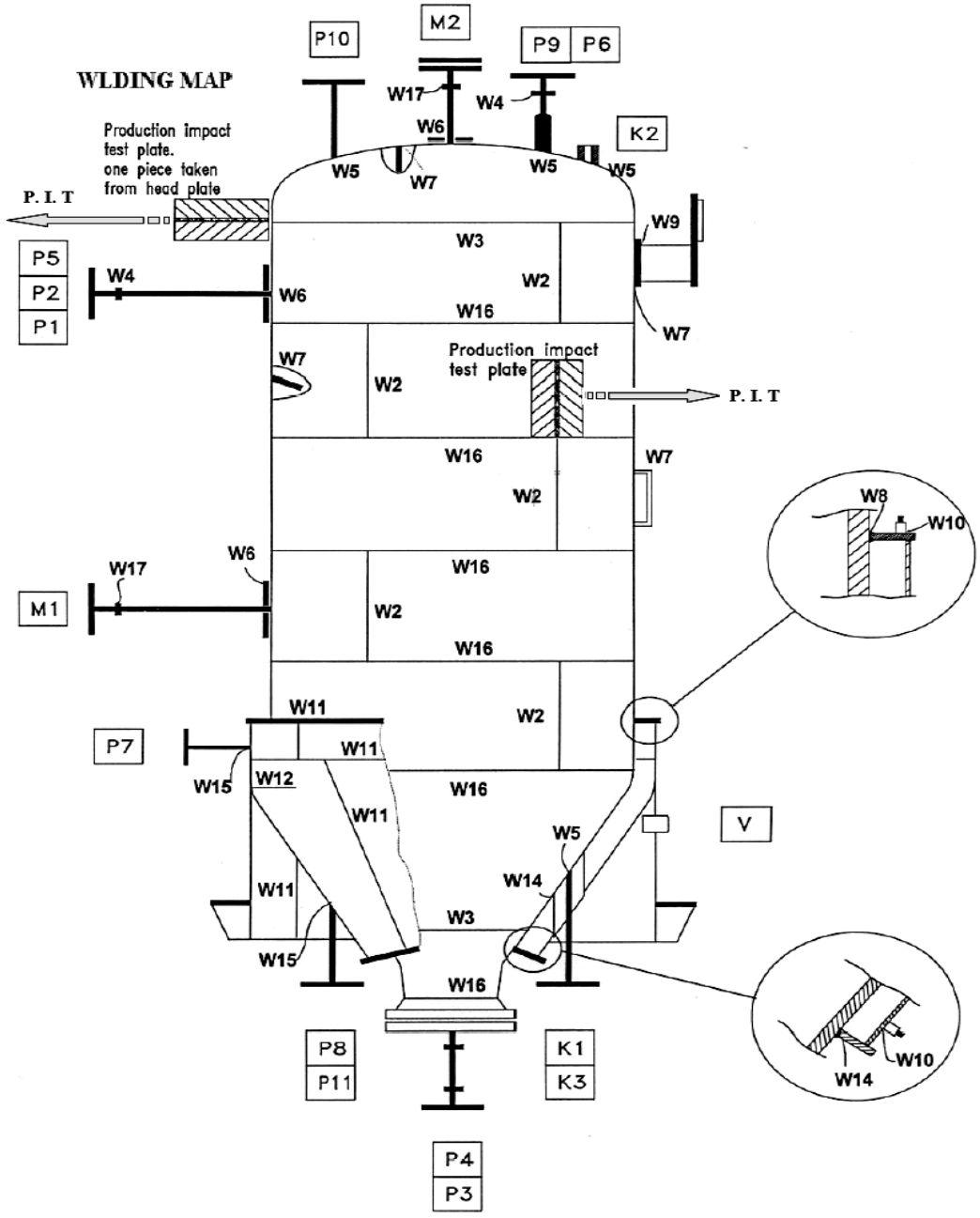
شکل- ۵۲۲ : تست ضربه برای PQR در ASME Section VIII Div. 1-2019-UG-84 (h)(1)

*- پاراگراف (*h*) UG-84 (*Impact Tests of Welding Procedure Qualifications*) :

تستهای ضربه برای تأیید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری

(1)- کلیات. معمولاً برای ساخت مخازن فلزی جوشی بایستی تستهای ضربه از جوشها و مناطق متأثر از جوش یا "HAZ" بر روی "PQR" از ورق تهیه گردد. در تست ضربه باید موارد ذکر شده در پاراگراف (g) در بالا و نیز پاراگرافهای مربوطه دیگر مد نظر قرار گیرند.

*- تست ضربه در PRODUCTION TEST



شکل- ۵۲۳ : تست ضربه مورد نیاز برای Production Test مطابق ASME Sec. VIII Div. 1-2019

در تصویر فوق بخوبی محل قرار گرفتن قطعات Production Test نشان داده شده است. در واقع این قطعه بطور هم زمان با بدنه مخزن با شرایطی یکسان جوشکاری می شود سپس جدا می گردد. چنانچه مخزن نیاز به تنش زدایی (PWHT) داشته باشد قطعه Production Test نیز همراه با مخزن، عملیات حرارتی می شود.

در ASME Section VIII Div.1 Para. UG-84(*i*) تستهای ضربه برای Production Test شرح داده شده است. لازم به یادآوری است، تستهای ضربه بر روی Production Test مازاد بر تستهای ضربه برای قطعه "PQR" است. در تست Production شرایط انجام تست دقیقاً مانند شرایط واقعی کار انجام شده است. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه پاراگراف UG-84(i) دقت شود.

***-پاراگراف UG-84(*i*) [*Vessel (Production) Impact Test Plates*] :

تست ضربه ورقهای مخازن ساخته شده *(Production)*

(1)- کلیات. علاوه بر الزامات ذکر شده در پاراگراف (*h*) در بالا، بایستی بر اساس پاراگراف (3) که در زیر ذکر شده است، برای هر دستورالعمل جوشکاری تأیید شده ای که برای مخزن یا گروهی از مخازن مورد استفاده قرار می گیرد، تست ضربه بر روی جوش و مناطق حرارت دیده (HAZ) آنها مطابق با الزامات ذکر شده در پاراگراف (*g*) صورت گیرد.

تست ضربه بر روی ورق مربوط به مخازن بایستی از یک شماره ذوبی که در ساخت مخزن یا گروهی از مخازن مورد استفاده قرار می گیرد انتخاب گردد. برای اتصالات دستهی "A" Category تست ورق باید تا جاییکه امکان پذیر است تا انتهای اتصال ساخته شده جوشکاری گردد بطوریکه جوش تست ورق تا جای ممکن بیانگر کیفیت و نوع جوشکاری در اتصال مخزن باشد. برای اتصالات "B" Category از یک دستورالعمل جوشکاری استفاده شود که متفاوت از دستورالعملی باشد که برای دسته اتصالات "A" Category مورد استفاده قرار گرفته است.

در اتصالات دسته "B" Category عملیات جوشکاری تست ورق بایستی با استفاده از همان تجهیزات و در همان مکان و با استفاده از همان دستورالعمل که برای جوشکاری اتصال مورد استفاده قرار می گیرد و نیز تحت همان شرایط جوشکاری تولیدی انجام گردد. جوش تست ورق تا جایی که امکان پذیر است بایستی همزمان با جوش تولیدی یا قبل از شروع جوشکاری تولیدی انجام گردد.

(2)- وقتی ضروری می باشد چنانچه بوسیله UCS-67, UHT-82 یا UHA-51 انجام تست ضربه برای دستورالعمل جوشکاری ضروری باشد بایستی تست ضربه برای همهی اتصالات بر روی ورق های مخزن ساخته شده (production) انجام گیرد. (مگر اینکه انجام تست ورق ها بطور خاصی بوسیلهی این پاراگراف معاف شده باشد.) آزمایش ضربه باید بوسیله دستورالعمل تست (UCS-67 و UHA-51 را ببینید) بر روی فلز جوش و یا منطقهی تحت حرارت (HAZ) تا جایی که ضروری می باشد ادامه یابد.

(3)- تعداد آزمایش ضربه مورد نیاز برای ورق های مخزن:

(-a) در هر مخزن برای هر دستورالعمل جوشکاری که برای اتصالات دسته های "A" & "B" Category مورد استفاده قرار می گیرد. یک تست ضربه ورق باید انجام شود. مگر اینکه مخزن جزء یکی از چندین شرایط زیر که در پاراگراف (-b) یا (-c) تعیین شده اند، باشد. بعلاوه، برای اتصالات دسته های "A" & "B" Category بایستی الزامات زیر مورد استفاده قرار گیرند:

(-1) چنانچه جوشکاری به روش اتوماتیک، ماشینی یا نیمه اتوماتیک انجام شود، آزمایش ضربه ورق باید در هر وضعیتی Position که در مخزن جوشکاری می گردد، انجام شود.

(-2) چنانچه جوشکاری به روش دستی انجام شود، یک آزمایش ضربه فقط در حالت تخت flat position انجام می گردد. در غیراینصورت چنانچه جوشکاری در وضعیت های دیگری انجام شود انجام یک آزمایش ضربه فقط در حالت عمودی vertical position نیاز می باشد (رسوب لایه های جوش در حالت عمودی سربالا از وضعیت های اصلی و مهم لایه گذاری جوش می باشند) آزمایش ورق هایی که بصورت عمودی جوشکاری شده اند همهی حالتهای جوشکاری دستی را تأیید می کنند.

(b-) برای مخازن مختلف یا قسمتهایی از مخازن، برای هر روش جوشکاری که برای اتصالات دسته A و B استفاده می شود ، حداقل یک تست پلیت باید تهیه شود ، به شرط آنکه تمامی شرایط زیر را رعایت کنید:

(1-) جوشکاری در هر دوره ۳ ماهه در یک مکان تکمیل شود.

(2-) طول تجمعی تمام اتصالات جوش شده توسط هر روش جوشکاری از ۴۰۰ فوت (۱۲۰ متر) تجاوز نکند.

(3-) مواد از همان مشخصات و گرید باشند.

(4-) ضخامتهای ورق مخازن یا قسمتهایی از مخازن، بیشتر از ۶ میلیمتر یا ۲۵ درصد از ضخامت هرکدام که بیشتر بود تغییر نداشته باشد.

(5-) تعداد نمونه های ضربه منطقه متأثر از حرارت جوش HAZ که باید برداشته شوند و مکانهای برداشت آنها باید مطابق شکل UG-84.5 و جدول UG-84.6 نشان داده شود. برای بزرگترین ضخامت ورق در محدوده مشخص شده در (۴-).

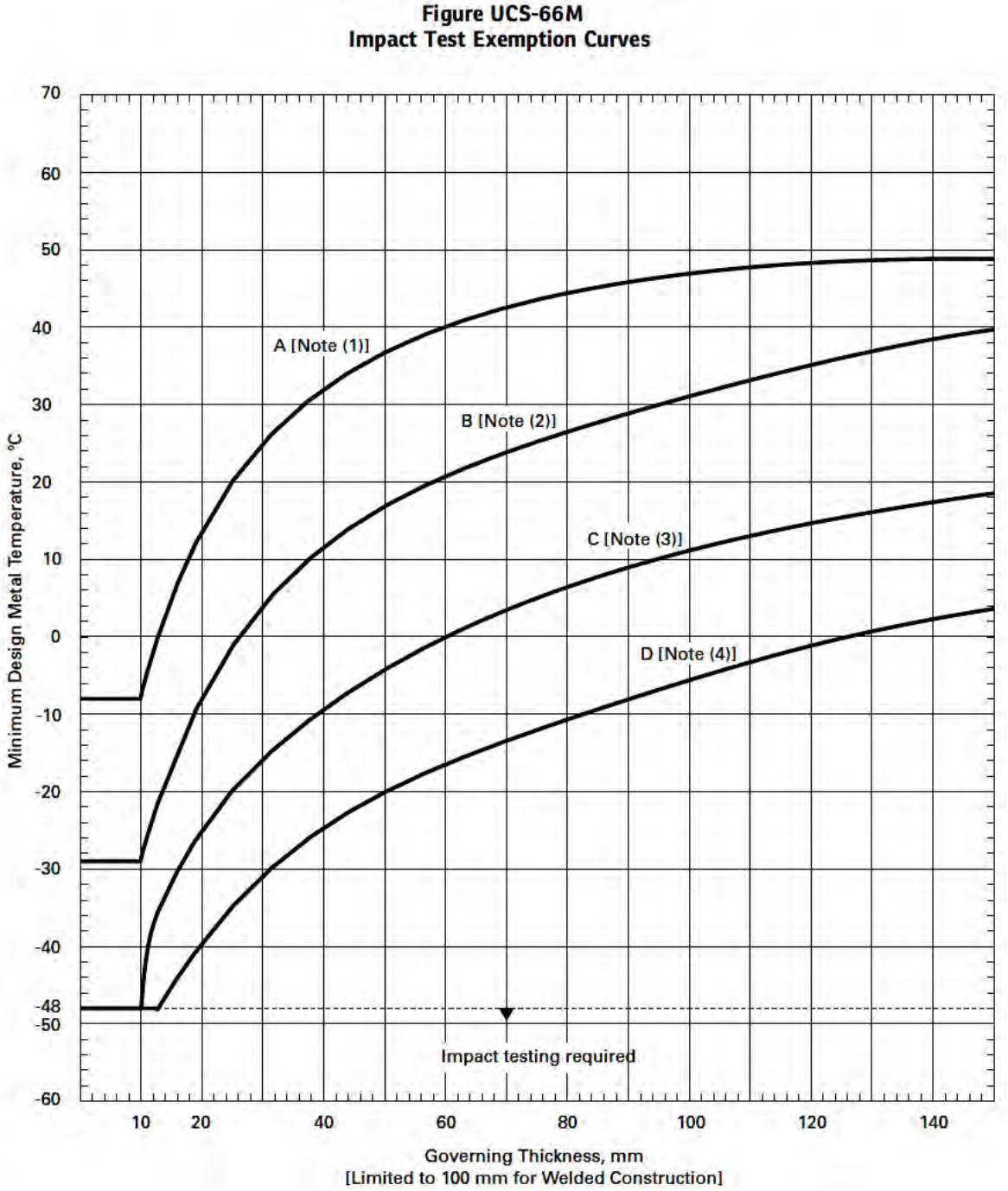
(6-) الزامات اضافی مشخص شده در (a-) باید برآورده شود.

(c-) برای مخازن کوچکی که حجم آنها از محدودیت هایی که در U-1(j) مشخص شده است بیشتر نباشد. تست ضربه مورد نیاز بر روی یک شماره ذوب one heat از متریال انجام می گردد، آزمایش یک اتصال جوش شده از یک شماره ذوب متریال که با یک نوع الکترود و نیز یک دستورالعمل جوشکاری شده باشد ممکن است یک دسته‌ی ۱۰۰ عددی از مخازن یا کمتر یا هر یک دسته از کوره های عملیات حرارتی "each heat treatment furnce batch" (منظور ممکن است دریک کوره عملیات حرارتی تعدادی مخزن همزمان تنش زدایی شوند) را پوشش دهد مشروط بر اینکه هر کدام کمتر باشد. (منظور تعداد یک دسته‌ی ۱۰۰ تایی که دارای یک شماره ذوب یکسان هستند یا تعداد مخازنی که همزمان با هم در یک کوره قرار می گیرند هر کدام از این دو دسته که کمتر بود ملاک باشد.)

شکل- ۵۲۴ : مخازن کوچکی که بصورت دسته ای ساخته می شوند.

*****- نمودارهای معافیت از تست ضربه** Figure UCS-66M

*- معرفی Figure UCS-66M



شکل ۵۲۵ : وضعیت نمودار UCS-66M

بر اساس نمودار Figure UCS-66M مشخص می شود که یک متریال در چه دمایی و با چه ضخامت مشخصی نیاز به تست ضربه دارد یا از تست ضربه معاف می باشد. حال به بررسی این نمودار با دقت توجه شود.

در نمودار UCS-66M چهار منحنی مشخص شده است. این منحنی ها در این نمودار با حروف A, B, C, D نامگذاری شده اند.

در این نمودار ستون عمودی مربوط به (MDMT) حداقل دمای طراحی فلز مبنا و برحسب سانتیگراد است و ستون افقی مربوط به ضخامت و بر حسب میلیمتر است و مطابق یادداشتی که در قسمت ضخامت آمده "برای سازه های جوشی ضخامت تا ۱۰۰ میلیمتر محدود شده است."

طبق نمودار UCS-66 هر متریال مربوط به یکی از این منحنی هاست. برای اینکه بدانیم متریال مورد استفاده‌ی ما به تست ضربه نیاز دارد یا خیر، ابتدا باید بدانیم متریال ما مربوط به کدامیک از منحنی های این نمودار است. پس از اینکه منحنی متریال ما مشخص شد به این منحنی مراجعه می کنیم.

چنانچه تلاقی دمای طراحی (MDMT-Minimum Design Material Temperature) و ضخامت مورد استفاده، زیر منحنی (Curve) مخصوص آن متریال واقع شود تست ضربه ضروری است. اما چنانچه روی نمودار یا بالای نمودار باشد نیازی به تست ضربه ندارد.

*****- چگونه منحنی (Curve) مخصوص فلز مورد نظر مشخص می شود ؟**

برای تشخیص Curve مربوط به هر متریالی باید به لیست Figure UCS-66M مراجعه شود، که در زیر آمده است.

Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves (Cont'd)

NOTES:
(1) Curve A applies to the following:
(a) all carbon and all low alloy steel plates, structural shapes, and bars not listed in Curves B, C, and D below
(b) SA-216 Grades WCB and WCC if normalized and tempered or water-quenched and tempered; SA-217 Grade WC6 if normalized and tempered or water-quenched and tempered
(c) A/SA-105 forged flanges supplied in the as-forged condition
(2) Curve B applies to the following:
(a) see below:
A/SA-105 forged flanges produced to fine grain practice and normalized, normalized and tempered, or quenched and tempered after forging
SA-216 Grade WCA if normalized and tempered or water-quenched and tempered
SA-216 Grades WCB and WCC for thicknesses not exceeding 2 in. (50 mm) , if produced to fine grain practice and water-quenched and tempered
SA-217 Grade WC9 if normalized and tempered
SA-285 Grades A and B
SA-299
SA-414 Grade A
SA-515 Grade 60
SA-516 Grades 65 and 70 if not normalized
SA-612 if not normalized
SA-662 Grade B if not normalized
SA/EN 10028-2 Grades P235GH, P265GH, P295GH, and P355GH as rolled
SA/AS 1548 Grades PT430NR and PT460NR
SA/GB 713 Grade Q345R if not normalized
(b) except for cast steels, all materials of Curve A, if produced to fine grain practice and normalized, that are not listed in Curves C and D below
(c) all pipe, fittings, forgings and tubing not listed for Curves C and D below
(d) parts permitted under UG-11 even when fabricated from plate that otherwise would be assigned to a different curve

شکل۵۲۶ : دسته بندی متریالها در منحنی های Curve A & B از نمودار UCS-66M

***- مثال اول:

منحنی متریالهای SA 516 Gr. 65 & 70 و SA 537 CL II و SA 671 CC 65 و SA 204 Gr C را مشخص کنید ؟

متریالهای SA 516 Gr. 65 & 70 چون نرمالیز نیستند مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(a) متعلق به منحنی (B) هستند.

*- متریال SA 537 CL II مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (4) متعلق به منحنی(D) است.

*- متریال SA 671 CC 65 مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(c) متعلق به منحنی(B) است.

*- متریال SA 204 Gr. C مطابق با یادداشت Fig. UCS-66M (2)(a) متعلق به منحنی(A) است.

بنابراین با مراجعه به جدول فوق منحنی هر متریالی مشخص می شود.

***- مثال دوم:

اگر متریال مورد نظر SA-106 Gr. B باشد. این متریال در لیست متریال ها در هر چهار نمودار قید نشده است. اما با دقت در یادداشت (c) مربوط به نمودار (B) متوجه می شویم که متریال SA-106 Gr. B مربوط می شود به نمودار (B) لطفاً به یادداشت (c) مربوط به نمودار (B) دقت شود:

(c) all pipe, fittings, forgings and tubing not listed for Curves C and D below;

بنابراین، چون این متریال "SA-106 Gr. B" در لیست متریال های نمودار (C) و (D) موجود نمی باشد پس متعلق به نمودار (B) است.

Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves (Cont'd)

(3) Curve C applies to the following:
- *(a)* see below:
  - SA-182 Grades F21 and F22 if normalized and tempered
  - SA-302 Grades C and D
  - SA-336 F21 and F22 if normalized and tempered, or liquid quenched and tempered
  - SA-387 Grades 21 and 22 if normalized and tempered, or liquid quenched and tempered
  - SA-516 Grades 55 and 60 if not normalized
  - SA-533 Types B and C Class 1
  - SA-662 Grade A
  - SA/EN 10028-2 Grade 10CrMo9–10 if normalized and tempered
- *(b)* all materials listed in 2(a) and 2(c) for Curve B if produced to fine grain practice and normalized, normalized and tempered, or liquid quenched and tempered as permitted in the material specification, and not listed for Curve D below

(4) Curve D applies to the following:
- SA-203
- SA-299 if normalized
- SA-508 Grade 1
- SA-516 if normalized or quenched and tempered
- SA-524 Classes 1 and 2
- SA-537 Classes 1, 2, and 3
- SA-612 if normalized
- SA-662 if normalized
- SA-738 Grade A
- SA-738 Grade A with Cb and V deliberately added in accordance with the provisions of the material specification, not colder than −20°F (−29°C)
- SA-738 Grade B not colder than −20°F (−29°C)
- SA/AS 1548 Grades PT430N and PT460N
- SA/EN 10028-2 Grades P235GH, P265GH, P295GH, and P355GH if normalized
- SA/EN 10028-3 Grade P275NH
- SA/GB 713 Grade Q345R if normalized

شکل۵۲۷ : دسته بندی متریالها در منحنی های Curve C & D از نمودار UCS-66M

*- تعیین نیاز یا عدم نیاز به تست ضربه

چگونه مشخص می شود یک متریال با توجه به دمای طراحی و ضخامتش نیاز به تست ضربه دارد یا خیر ؟

از دو راه می توان به جواب رسید:

راه اول: با توجه به ضخامت متریال و داشتن دمای طراحی و مشخص بودن منحنی مربوط به آن متریال به جدول UCS 66 مراجعه می کنیم. در این جدول برای هر چهار منحنی (A, B, C, D) ضخامت و دمایی که نیاز به تست ضربه ندارد قید شده است. بنابراین ضخامت و دمای طراحی خود را با ضخامت و دمای قید شده در این جدول مقایسه می نماییم و مشخص می شود آیا متریال ما با توجه به ضخامت و دمای طراحی و منحنی مربوطه نیاز به تست ضربه دارد یا خیر. برای تفهیم بیشتر به مثال زیر توجه فرمایید :

مثال-۱ : متریال SA 516 Gr. 70 با ضخامت 38mm و دمای طراحی 35°C مربوط به منحنی (B) می باشد، آیا تست ضربه نیاز دارد؟ با توجه به ضخامت متریال 38 mm و دمای طراحی 35ºC به جدول UCS 66 مراجعه می کنیم بنابراین با توجه به جدول زیر که با فلش مشخص شده است، در منحنی (B) برای ضخامت 38.1mm تا دمای 11ºC تست ضربه نیاز نمی باشد، پس نتیجه میگیریم برای متریال مورد نظر تست ضربه الزامی نمی باشد.

جدول- ۲۳۱: وضعیت جدول UCS-66 برای ضخامت و دماهای مختلف

Table UCS-66
Tabular Values for Figure UCS-66 and Figure UCS-66M

Customary Units					SI Units				
Thick-ness, in.	Curve A, °F	Curve B, °F	Curve C, °F	Curve D, °F	Thick-ness, mm	Curve A, °C	Curve B, °C	Curve C, °C	Curve D, °C
0.25	18	-20	-55	-55	6.4	-8	-29	-48	-48
0.3125	18	-20	-55	-55	7.9	-8	-29	-48	-48
0.375	18	-20	-55	-55	9.5	-8	-29	-48	-48
0.4375	25	-13	-40	-55	11.1	-4	-25	-40	-48
0.5	32	-7	-34	-55	12.7	0	-22	-37	-48
0.5625	37	-1	-26	-51	14.3	3	-18	-32	-46
0.625	43	5	-22	-48	15.9	6	-15	-30	-44
0.6875	48	10	-18	-45	17.5	9	-12	-28	-43
0.75	53	15	-15	-42	19.1	12	-9	-26	-41
0.8125	57	19	-12	-38	20.6	14	-7	-24	-39
0.875	61	23	-9	-36	22.2	16	-5	-23	-38
0.9375	65	27	-6	-33	23.8	18	-3	-21	-36
1.0	68	31	-3	-30	25.4	20	-1	-19	-35
1.0625	72	34	-1	-28	27.0	22	1	-18	-33
1.125	75	37	2	-26	28.6	24	3	-17	-32
1.1875	77	40	2	-23	30.2	25	4	-17	-31
1.25	80	43	6	-21	31.8	27	6	-14	-30
1.3125	82	45	8	-19	33.3	28	7	-13	-28
1.375	84	47	10	-18	34.9	29	8	-12	-28
1.4375	86	49	12	-16	36.5	30	9	-11	-27
1.5	88	51	14	-14	38.1	31	11	-10	-26
1.5625	90	53	16	-13	39.7	32	12	-9	-25
1.625	92	55	17	-11	41.3	33	13	-8	-24
1.6875	93	57	19	-10	42.9	34	14	-7	-23
1.75	94	58	20	-8	44.5	34	14	-7	-22

راه دوم : با توجه به ضخامت متریال و دمای طراحی و مشخص بودن منحنی مربوط به آن متریال به نمودار UCS-66M مراجعه می کنیم. حال مطابق شکل ۵۲۸ با مشخص کردن ضخامت و دما هر دو را به یکدیگر وصل می کنیم تا در یک نقطه همدیگر را قطع کنند بنابراین، اگر محل تقاطع این دو خط در زیر منحنی مربوط به آن متریال باشد به تست ضربه نیاز دارد ولی چنانچه محل تقاطع در بالای منحنی یا روی منحنی باشد تست ضربه الزامی نمی باشد.

مثال-۱:

ضخامت: 38 mm

دمای طراحی: 35ºC

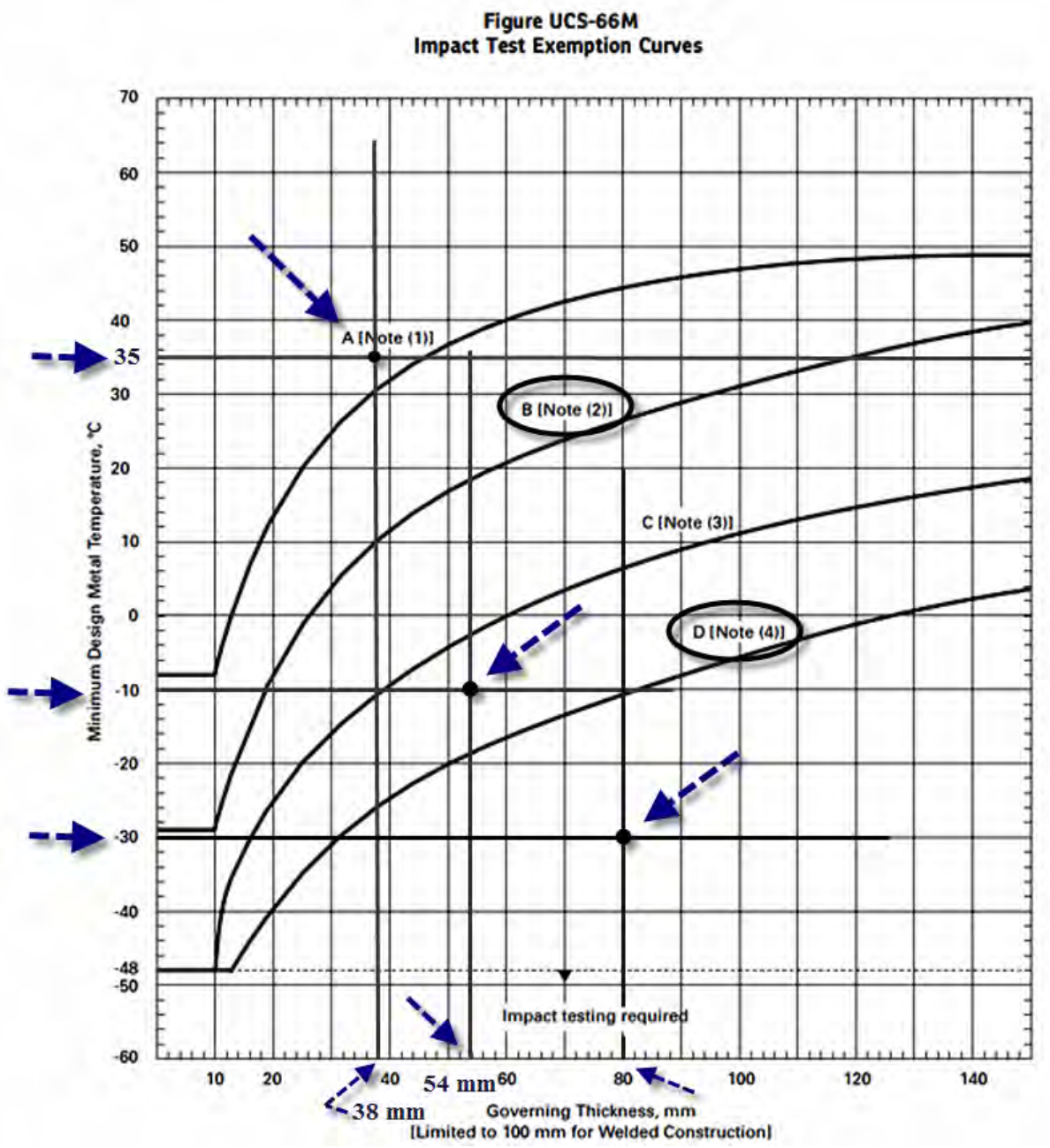
مشخصه متریال: SA 516 Gr. 70

منحنی مربوط به متریال: Curve B

محل تقاطع: بالای Curve B

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی نمی باشد.



شکل ۵۲۸ : نمودار UCS-66M جهت نیاز سنجی تست ضربه

مثال-۲:

ضخامت: 54 mm

دمای طراحی: -10 ºC

مشخصه متریال: نرمالیزه A516 Gr. 70N

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: بالای Curve D

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی نمی باشد.

مثال-۳:

ضخامت: 80 mm

دمای طراحی: -30 ºC

مشخصه متریال: SA 203

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: زیر Curve D

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: تست ضربه (Impact Test) الزامی می باشد.

*** نمونه مثالهایی برای تمرین، لطفاً مشخص کنید آیا تست ضربه الزامی است یا خیر؟

مثال-۴:

ضخامت: 35 mm

دمای طراحی: -40 ºC

مشخصه متریال: A515 Gr. 60

منحنی مربوط به متریال: Curve B

محل تقاطع: ؟؟؟

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: ؟؟؟

مثال-۵:

ضخامت: 25 mm

دمای طراحی: -30 ºC

مشخصه متریال: SA 662 Gr A

منحنی مربوط به متریال: Curve C

محل تقاطع: ؟؟؟

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: ؟؟؟

مثال-۶:

ضخامت: 30 mm

دمای طراحی: -50 ºC

مشخصه متریال: A537 Classes 1, 2

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: ؟؟؟

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: ؟؟؟

مثال-۷:

ضخامت: 40 mm

دمای طراحی: -40 ºC

مشخصه متریال: SA 508 Gr 1

منحنی مربوط به متریال: Curve D

محل تقاطع: ؟؟؟

ترسیم: در شکل ۵۲۸

نتیجه: ؟؟؟

شکل۵۲۹ : نمونه ایی از مخزن تحت فشار

Figure UCS-66M
Impact Test Exemption Curves (Cont'd)

Bolting

Spec. No.	Grade	Diameter, in. (mm)	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)
SA-193	B16	Up to 7 (175), incl.	−20 (−30)
SA-307	B	All	−20 (−30)
SA-320	L7, L7A, L7M	Up to 2½ (64), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-320	L43	Up to 1 (25), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-325	1	½ (13) to 1½ (38)	−20 (−30)
SA-354	BC	Up to 4 (100), incl.	0 (−18)
SA-354	BD	Up to 4 (100), incl.	+20 (−7)
SA-437	B4B, B4C	All diameters	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-449	...	Up to 3 (75), incl.	−20 (−30)
SA-540	B21 Cl. All	All	Impact test required
SA-540	B22 Cl. 3	Up to 4 (100), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 1, 2	All	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 3, 4	Over 6 (150) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B23 Cl. 5	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B23 Cl. 5	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 1	Up to 6 (150), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 1	Over 6 (150) to 8 (200), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 2	Up to 7 (175), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 2	Over 7 (175) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Up to 8 (200), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24 Cl. 3, 4	Over 8 (200) to 9½ (240), incl.	Impact test required
SA-540	B24 Cl. 5	Up to 9½ (240), incl.	See General Note (c) of Figure UG-84.1
SA-540	B24V Cl. 3	All	See General Note (c) of Figure UG-84.1

Nuts

Spec. No.	Grade	Impact Test Exemption Temperature, °F (°C)
SA-194	2, 2H, 2HM, 3, 4, 7, 7M, and 16	−55 (−48)
SA-540	B21/B22/B23/B24/B24V	−55 (−48)

(d) When no class or grade is shown, all classes or grades are included.
(e) The following shall apply to all material assignment notes:
(1) Cooling rates faster than those obtained by cooling in air, followed by tempering, as permitted by the material specification, are considered to be equivalent to normalizing or normalizing and tempering heat treatments.
(2) Fine grain practice is defined as the procedure necessary to obtain a fine austenitic grain size as described in SA-20.
(3) Normalized rolling condition is not considered as being equivalent to normalizing.
(f) Castings not listed in Notes (1) and (2) below shall be impact tested.

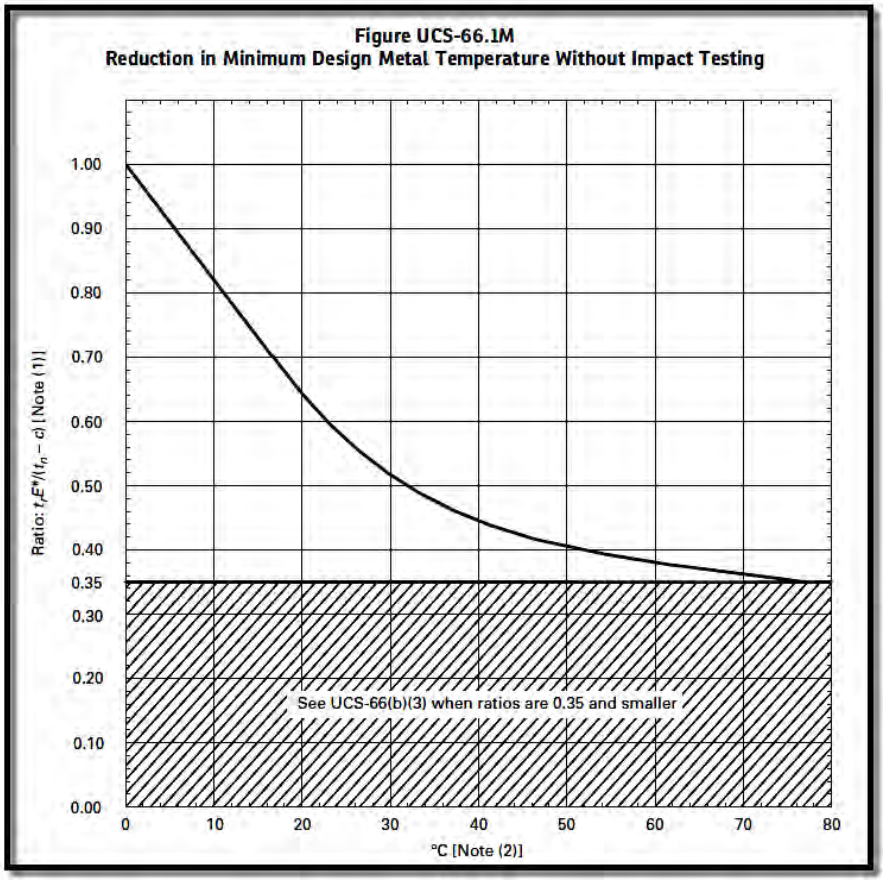
شکل ۵۳۰ : وضعیت تست ضربه در پیچ و مهره ها با متریالهای مختلف

با مراجعه به شکل ۵۳۰- Figure UCS-66 وضعیت تست ضربه در پیچها با متریالهای مختلف مشخص می شود.

شکل ۵۳۱ : مقایسه شکست تُرد و شکست نرم در تست ضربه

* - اصطلاح کاهش در حداقل دمای طراحی (Reduction) بدون نیاز به تست ضربه

توضیحی درمورد تصویر Figure UCS-66.1M



شکل ۵۳۲ : نمودار UCS-66.1M کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه

کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه در مخازن به دو صورت امکان پذیر است:.

روش اول:

نمودارFigure UCS-66.1M کاهش در حداقل دمای طراحی متریال بدون نیاز به تست صربه را مشخص میکند.

چگونه حداقل دمای طراحی متریال کاهش می یابد ؟ چگونه این کاهش را می توان محاسبه کرد ؟

با توجه به نمودار UCS-66.1M مراحل محاسبه مقدار کاهش حداقل دمای طراحی متریال در زیر آمده است:

برای تفهیم بهتر این محاسبات ،

به مثالی که در صفحه 185 کتاب Pressure Vessel Hand Book-Twelfth Edition آمده است توجه فرمایید.

MAT= SA-515 Gr. 60

Thickness= $1\ ^1/_2$ in (38mm)

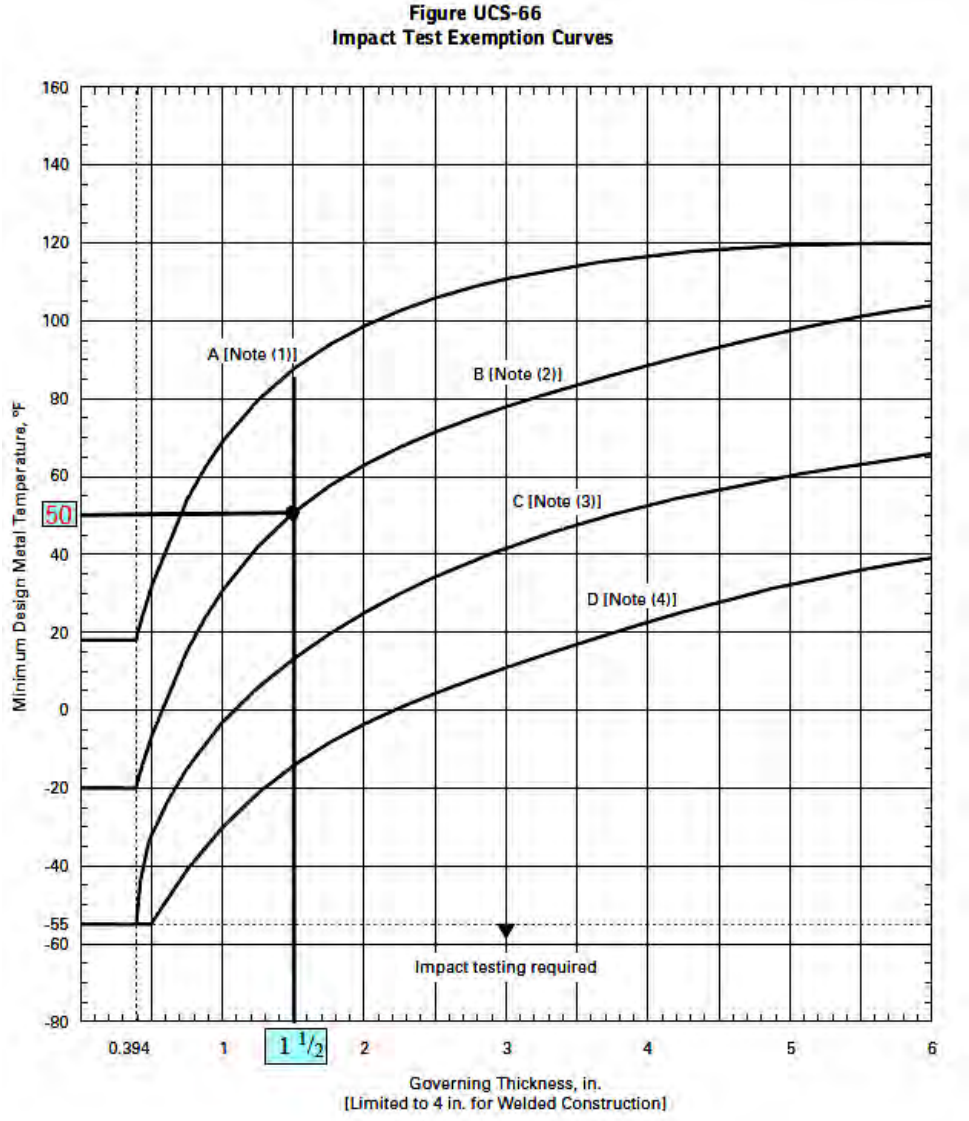
بر اساس شکل UCS-66M منحنی مربوط به این متریال منحنی (B) است Carve-B

با توجه به ضخامت و منحنی مربوط به این متریال با رجوع به جدول UCS-66 مقدارMDMT= 50ºF

طبق جدول Table 1A از استاندارد ASME Sec.II-D برای دمای (-20ºF~500ºF) مقدار =MAS = 17.1 Ksi

(Maximum Allowable Stress S)

توجه: برای اینکه این مقدارMDMT= 50ºF تفهیم شود لطفاً به شکل Figure UCS-66 دقت شود.



شکل ۵۳۳ : وضعیت نمودار UCS-66

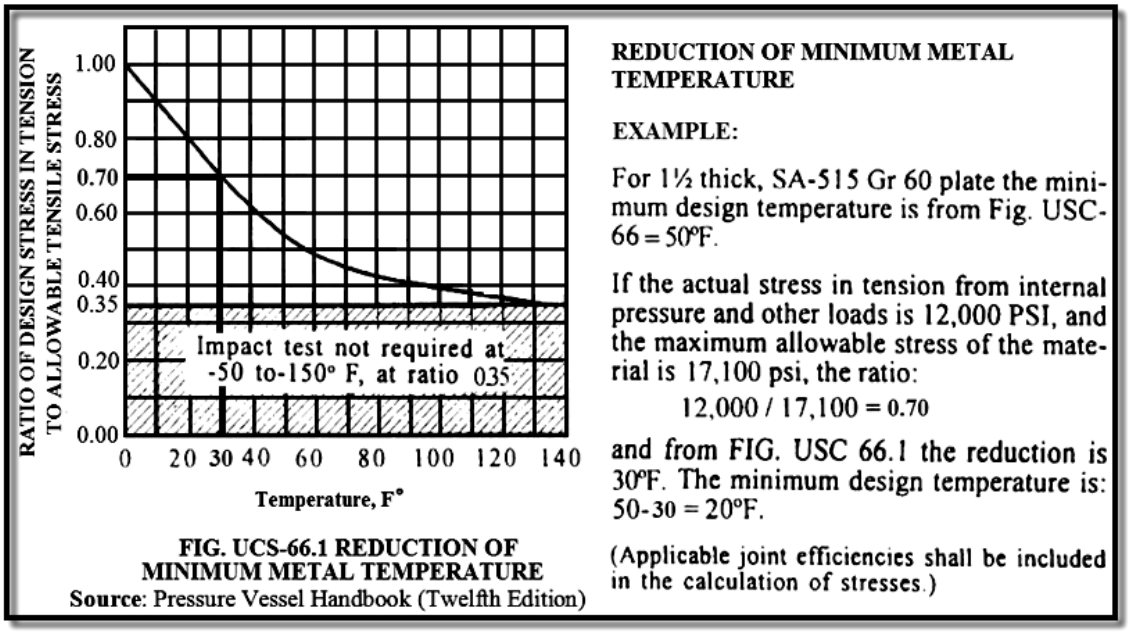
اگر متریال SA-515 Gr. 60 باشد نمودار مربوط به این متریال "Curve B" است، حال با توجه به اینکه ضخامت آن 38 mm می باشد با رسم ضخامت و دما، محل تلاقی روی خط نمودار می باشد که دمای 50 °F را نشان می دهد که طبق پاراگراف UCS-66 چنانچه محل تقاطع روی نمودار باشد نیازی به تست ضربه نمی باشد. بنابراین مشخص می شود که دمای MDMT این متریال با این ضخامت، 50 °F است.

توجه شود که مقدار Maximum Allowable Stress (S) (17.1 Ksi) برای محدوده‌ی دمایی -20°F~500°F می باشد.

چنانچه تنش واقعی کششی (Actual Stress in Tension) ناشی از فشار داخلی و بارهای(Loads) دیگر مطابق با پاراگراف UG-22 برابر با 12000 psi باشد :

Alternative Ratio = Actual Stress in Tension / Maximum Allowable Stress
12000 / 17100 = 0.7 (Ratio)

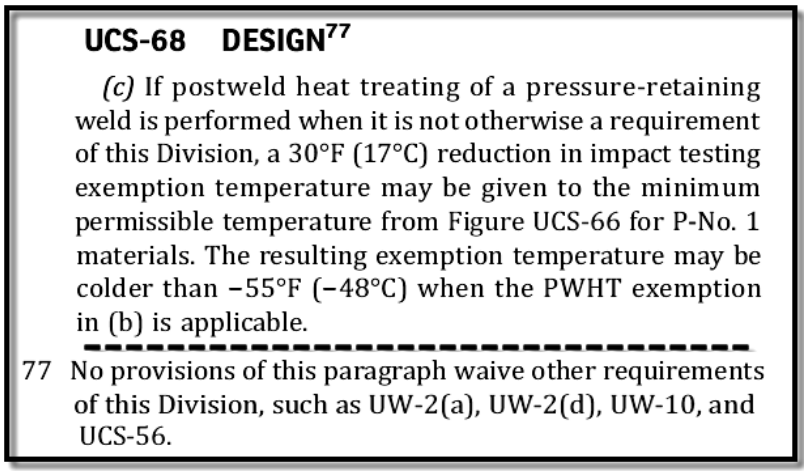
بنابراین، با مشخص کردن Ratio برروی شکل UCS-66.1 مقدار کاهش حداقل دمای طراحی متریال(MDMT) مشخص می شود که برابر با (Ratio 0.7 = 30ºF) می باشد. پس نتیجه می گیریم 20 = 30-50 که 20ºF در واقع حداقل کاهش دمای طراحی جدید (MDMT) است. لطفاً به شکل UCS-66.1 مراجعه شود:



شکل ۵۳۴ : UCS-66.1 کاهش در حداقل دمای طراحی

روش دوم: پاراگراف – [UCS-68 (C)] کاهش در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه:

**- پاراگراف UCS-68 (C) چنانچه عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT) انجام شده باشد ولی با الزامات این بخش (Division) مطابقت نداشته باشد (یعنی انجام تنش زدایی بر اساس ضخامت یا سرویس نباشد) در معافیتهای تست ضربه در مورد حداقل درجه حرارت مجاز (MDMT) از شکل UCS-66 برای متریال های دارای مشخصه P-No. 1 می توان کاهشی معادل 30°F (17°C) قائل شد. در نتیجه، معافیت درجه حرارت می تواند به دمای کمتر از -55°F (-48°C) برسد وقتی که معافیت عملیات حرارتی در (b) هم کاربرد داشته باشد.


UCS-68 DESIGN[77]

(c) If postweld heat treating of a pressure-retaining weld is performed when it is not otherwise a requirement of this Division, a 30°F (17°C) reduction in impact testing exemption temperature may be given to the minimum permissible temperature from Figure UCS-66 for P-No. 1 materials. The resulting exemption temperature may be colder than −55°F (−48°C) when the PWHT exemption in (b) is applicable.

77 No provisions of this paragraph waive other requirements of this Division, such as UW-2(a), UW-2(d), UW-10, and UCS-56.

شکل ۵۳۵ : ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UCS-68 (c)

***- یادداشت (77)- هیچکدام از شرایط این پاراگراف بوسیله الزامات دیگر این بخش همچون UW-2(a), UW-2(d), و UW-10, UCS-56 حذف یا نادیده گرفته نمی شود.

* - معافیتهای تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم

لطفاً به معافیتهای تست ضربه (IMPACT) در مخازن تحت فشار برای ضخامت های کم توجه فرمایید:

LOW TEMPERATURE OPERATION

UCS-66 MATERIALS

(d) No impact testing is required for Part UCS materials 0.10 in. (2.5 mm) in thickness and thinner, but such exempted Part UCS materials shall not be used at design metal temperatures colder than −55°F (−48°C). For vessels or components made from NPS 4 (DN 100) or smaller tubes or pipe of P-No. 1 materials, the following exemptions from impact testing are also permitted as a function of the material specified minimum yield strength (SMYS) for metal temperatures of −155°F (−105°C) and warmer:

SMYS, ksi (MPa)	Thickness, in. (mm)
20 to 35 (140 to 240)	0.237 (6.0)
36 to 45 (250 to 310)	0.125 (3.2)
46 (320) and higher	0.10 (2.5)

شکل ۵۳۶ : ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UCS-66 (d)

*- پاراگراف UCS-66 (d) : برای متریال های بخش UCS که ضخامت آنها 0.10 in. (2.5 mm) یا کمتر باشد تست ضربه نیاز نمی باشد. اما چنین استثنائی برای متریال های بخش UCS که دمای طراحی آنها کمتر (سردتر) از (−48°C) است نباید مورد استفاده قرار گیرند. برای مخازن یا قطعاتی که از تیوب یا لوله های با قطر NPS 4 (DN 100) یا کمتر که از متریال P-No. 1 ساخته شده اند استثنائات زیر برای تست ضربه بعنوان تابعی از حداقل استحکام کششی (SMYS) برای متریال های با دمای فلز (−105°C) −155°F و بالاتر (گرمتر) مجاز می باشد.

* - سوالاتی در باره تست ضربه در مخازن تحت فشار

نحوه‌ی بررسی اینکه آیا متریال ما با توجه به ضخامت و دمای (MDMT) آن نیاز به تست ضربه دارد یا خیر ؟ طبق مطالبی که گذشت توضیح داده شد. حال این سوالات مطرح می شود:

(۱)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) از چه استانداردی استفاده می شود ؟

(۲)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) چند قطعه نیاز است ؟

(۳)- ابعاد و موقعیت قطعات تست ضربه (Charpy Impact Test) کدامند؟

(۴)- شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) چیست ؟

(۵)- استاندارد مرجع برای ارزیابی قبولی و یا مردودی تست ضربه کدام است ؟

بنابراین، با توجه به استانداردهای مختلف به سوالات فوق جواب داده می شود.

(۱)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) از چه استانداردی استفاده می شود ؟

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(b) Test Procedures

(1) Impact test procedures and apparatus shall conform to the applicable paragraphs of SA-370 or ISO 148 (Parts 1, 2, and 3).

شکل ۵۳۷ : استاندارد اجرای تست ضربه در ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UG-84 (b) (1)

*- پاراگراف- UG-84(b) : دستورالعملهای تست

*- پاراگراف- UG-84(b)(1) : دستورالعملها و دستگاههای لازم جهت تست ضربه باید با پاراگراف های کاربردی استانداردهای SA 370 و یا ISO 148 بخش های 1, 2 و 3 مطابقت داشته باشد.

(۲)- برای انجام تست ضربه (Impact Test) چند قطعه نیاز است ؟

تعداد قطعاتی که برای تست ضربه باید تهیه شوند به استاندارد کاربردی موضوع کار و همچنین به مشخصات فنی هر پروژه تحت عنوان (Project Specification) بستگی دارد.

مثال اول: تعداد قطعات تست ضربه براساس **استاندارد کاربردی:**

اگر در مخازن تحت فشار باشد می بایست به استاندارد ASME Sec. VIII-Div. 1-2019 رجوع کرد.

***- پاراگراف UG-84 (CHARPY IMPACT TESTS) : تستهای ضربه

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

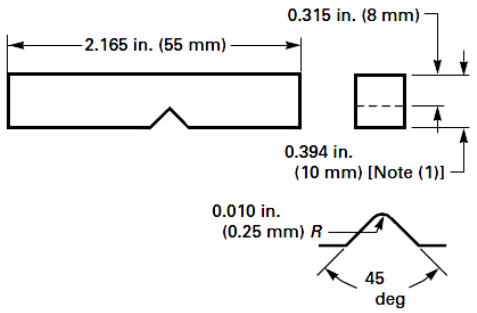
(c) Test Specimens

(1) Each set of impact test specimens shall consist of three specimens.

(2) The impact test specimens shall be of the Charpy V-notch type and shall conform in all respects to Figure UG-84. The standard (10 mm × 10 mm) specimens, when obtainable, shall be used for nominal thicknesses of 7/16 in. (11 mm) or greater, except as otherwise permitted in (-a) below.

(-a) For materials that normally have absorbed energy in excess of 180 ft-lbf (240 J) when tested using full size (10 mm × 10 mm) specimens at the specified testing temperature, subsize (10 mm × 6.7 mm) specimens may be used in lieu of full size specimens. However, when this option is used, the acceptance value shall be 75 ft-lbf (100 J) minimum for each specimen and the lateral expansion in mils (mm) shall be reported.

Figure UG-84
Simple Beam Impact Test Specimens (Charpy Type Test)



NOTE:
(1) See UG-84(c) for thickness of reduced size specimen.

شکل ۵۳۸ : قطعات مورد نیاز برای تست ضربه ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UG-84 (c)

*- پاراگراف UG-84 (c) (*Test Specimens*) : قطعات تست ضربه

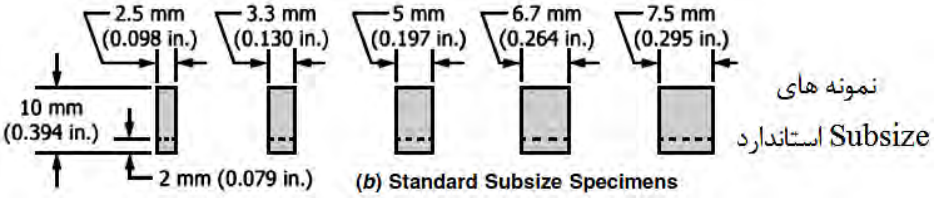
(1)- هر ست از قطعات تست ضربه می بایست سه قطعه باشد.

(2)- نمونه های تست ضربه باید از نوع چارپی شیاری-V باشند و بایستی نسبت به شکل۵۳۸- UG-84 مطابقت کامل داشته باشند. چنانچه نمونه های استاندارد (10 mm × 10 mm) قابل حصول باشند بایستی برای ضخامت های اسمی (11 mm) یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرند مگر اینکه همانند شرایط ذکر شده در زیر (-a) مجاز دانسته شده باشد.

(-a) چنانچه متریال هایی که بطور معمول انرژی ضربه بیشتر از (240 J) 180 ft-lbf جذب می کنند با استفاده از نمونه های سایز کامل (10 mm × 10 mm) Full Size در دمای تست مشخص شده ای آزمایش شده باشند ممکن است نمونه های زیر استاندارد (10 mm × 6.7 mm) Subsize جایگزین نمونه های استاندارد Full Size شوند. اگر چنین

شرایطی (گزینه) استفاده شده باشد مقدار پذیرش برای هر نمونه بایستی حداقل 75 ft-lbf (100 J) باشد و انبساط جانبی lateral expansion بایستی در هر mils (mm) ثبت گردد.

(3)- برای متریال هایی که بعلت شکل یا ضخامت شان نمی توان نمونه های Full Size (10 mm × 10 mm) را از آنها بدست آورد، نمونه ها بایستی طوری باشند که یا بیشترین امکان برای بدست آوردن نمونه های Subsize استاندارد را



داشته باشد یا نمونه ها باید بصورت ضخامت کامل اسمی از متریالی باشند که ممکن است به علت برداشتن ناهمواریهای سطحی ماشینکاری شده باشند.[وقتی عرض در امتداد شیار کمتر از 80% ضخامت اسمی متریال باشد بایستی معیارهای دمای تست (b-)(5) ذکر شده در زیر برای جدول Table UCS-23 مربوط به متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها کمتر از (655 MPa) 95,000 psi است، بکار رود. بعنوان پیشنهاد، ممکن است ضخامت چنین متریال هایی را کاهش داده تا بیشترین امکان برای آزمایش چارپی نمونه Subsize بدست آید. وقتی عرض در امتداد شیار بزرگترین نمونه چارپی قابل حصول (قابل برداشت) کمتر از (2.5 mm) 0.099 in. باشد نیازی به آزمایش های چقرمگی نمی باشد.

***- پاراگراف UHA-51 (IMPACT TESTS) : تستهای ضربه

UHA-51 IMPACT TESTS

Impact tests, as prescribed in (a), shall be performed on materials listed in Table UHA-23 for all combinations of materials and minimum design metal temperatures (MDMTs) except as exempted in (d), (e), (f), (g), (h), or (i). Impact testing is required for UNS S17400 materials. Impact tests are not required where the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch less than 0.099 in. (2.5 mm).

(a) Required Impact Testing of Base Metal, Heat-Affected Zones, and Weld Metal

(1) Impact test shall be made from sets of three specimens. A set shall be tested from the base metal, a set shall be tested from the heat affected zone (HAZ), and a set shall be tested from the weld metal. Specimens shall be subjected to the same thermal treatments[79] as the part or vessel that the specimens represent. Test procedures, size, location, and orientation of the specimens shall be the same as required in UG-84.

79 Thermal treatments of materials are not intended to include warming to temperatures not exceeding 600°F (315°C), thermal cutting, or welding.

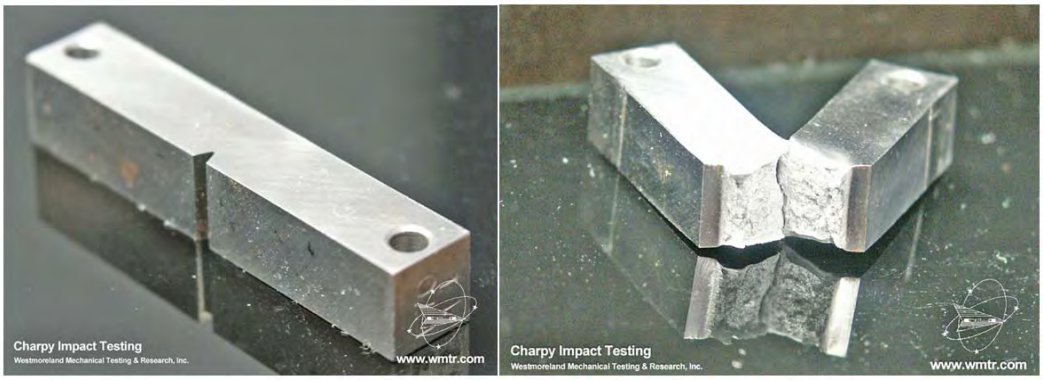
شکل- ۵۳۹ : قطعات مورد نیاز برای تست ضربه ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UHA-51 (a) (1)

تستهای ضربه، همانطور که در (a) شرح داده شده است باید بر روی متریال هایی که در جدول UHA-23 لیست شده اند، برای تمامی ترکیبی از متریال ها و حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) بجز معافیت هایی که در پاراگراف های UHA-51(d), (e), (f), (g), (h), or (i) ذکر شده اند، انجام شود.

(-a) تست ضربه برای متریال *Base Metal* ، منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش *HAZ* و از فلز جوش *Weld Metal* نیاز است.

(1)- برای تست ضربه می بایست ست های سه تایی تهیه شود. هر ست (Set) شامل سه قطعه است که در مجموع ۹ قطعه می شوند. ۳ قطعه از فلز پایه (*Base Metal*) و ۳ قطعه از فلز جوش (*Weld Metal*) و ۳ قطعه از منطقه *HAZ* (Heat Affected Zone) برای تست ضربه الزامی می باشد. قطعات می بایست بطور یکسان در معرض عملیات حرارتی قرار گیرند. به یادداشت 79 توجه شود. دستورالعملهای تست، سایز، محل و موقعیت قطعات بطور یکسان باید مطابق آنچه که در UG-84 لازم است تهیه شوند.

زیر نویس 79 : منظور از عملیات حرارتی متریال ها، عملیات جوشکاری، عملیات برشکاری حرارتی یا عملیات حرارت دادن (گرم کردن) تا زیر دمای (315 ºC) نمی باشد.



شکل- ۵۴۰ : قطعه‌ی تست ضربه قبل و بعد از ضربه

(۳)- ابعاد و موقعیت قطعات تست ضربه (Charpy Impact Test) کدامند؟

محل (Location) و جهت (Orientation) نمونه های تست ضربه براساس ASME Section VIII-Div. 1

*- پاراگراف UG-84-(g) : موقعیت، محل قرار گرفتن، دما و میزان تستهای ضربه‌ی جوش و همه‌ی تست های ضربه جوش بایستی مطابق با شرایط زیر انجام شود:

(1) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه جوش بایستی از میان جوش انتخاب شوند و یک شیار (notch) در فلز جوش آنها ایجاد گردد. موقعیت هر قطعه برای تست ضربه بایستی طوری انتخاب گردد که شیار (notch) عمود بر سطح فلز باشد و سطح و رویه‌ی قطعه تست ضربه نیز در حدود 1.5 mm زیر سطح فلز انتخاب گردد.

توجه: به شکل زیر که به نحوه‌ی ایجاد شیار در قطعات تست ضربه می پردازد دقت شود.

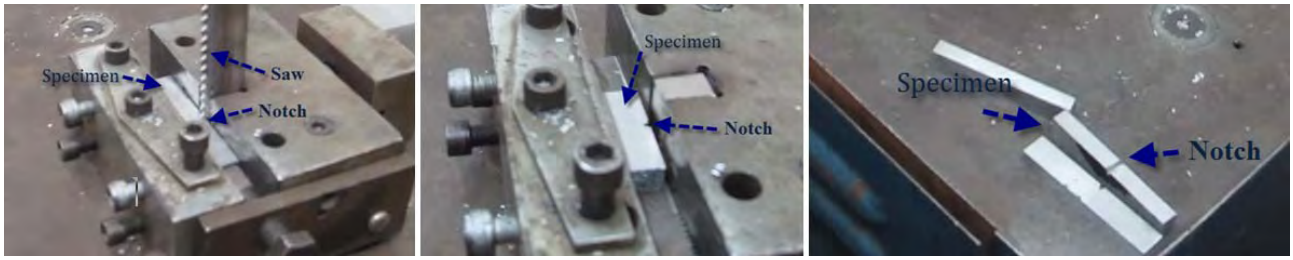
UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(g) Location, Orientation, Temperature, and Values of Weld Impact Tests. All weld impact tests shall comply with the following:

(1) Each set of weld metal impact specimens shall be taken across the weld with the notch in the weld metal. Each specimen shall be oriented so that the notch is normal to the surface of the material and one face of the specimen shall be within $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) of the surface of the material.

(2) Each set of heat-affected zone impact specimens shall be taken across the weld and of sufficient length to locate, after etching, the notch in the heat-affected zone. The number of heat-affected zone impact specimen sets to be removed, and the location of the centerline in the prepared test specimens, shall be as shown in Figure UG-84.5 and Table UG-84.6. Test specimens that are full sized or the largest obtainable subsized test specimens that have been removed and prepared with the width along the notch located fully within the specified range of removal depth are acceptable. The notch shall be cut approximately normal to the material surface in such a manner as to include as much heat-affected zone material as possible in the resulting fracture. Where the material

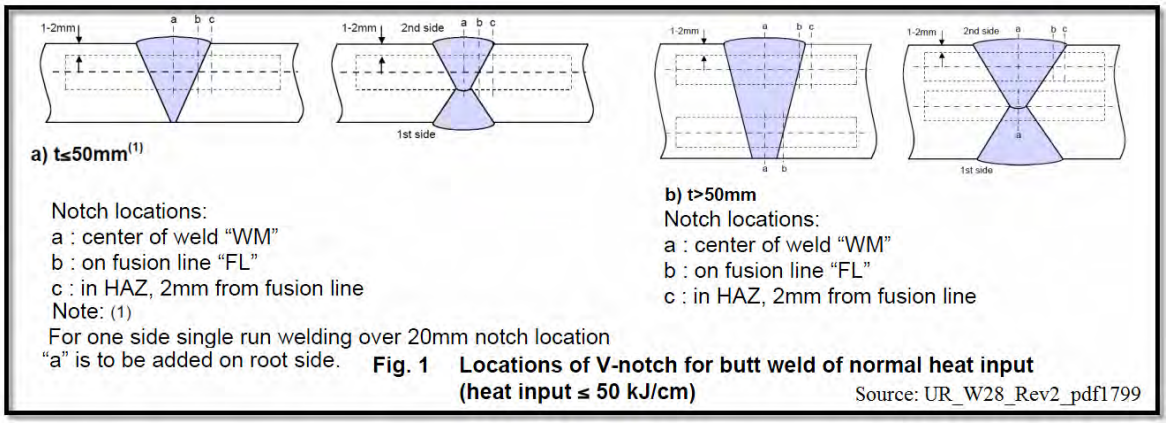
شکل ۵۴۱ : محل برش قطعات تست ضربه ASME Sec. VIII Div.1-2019



شکل- ۵۴۲ : روش ایجاد شیار (notch) در قطعات تست ضربه

(2) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه مربوط به منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) بایستی از میان جوش انتخاب شوند و دارای طول مناسب باشند و شیار آنها نیز پس از عملیات اچ کردن (Etching) در منطقه‌ی تحت تأثیر حرارت

(HAZ) تعیین گردد. تعداد قطعات تست ضربه که از منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) انتخاب می شوند و نیز موقعیت خط مرکزی آنها در قطعات آماده شده‌ی تست بایستی مطابق شکل UG-84.5 و جدول UG-84.6 باشند. شیار بایستی تقریباً عمود بر سطح متریال باشد و تا جاییکه ممکن است نتیجه شکست نیز شامل منطقه‌ی حرارت دیده (HAZ) گردد.

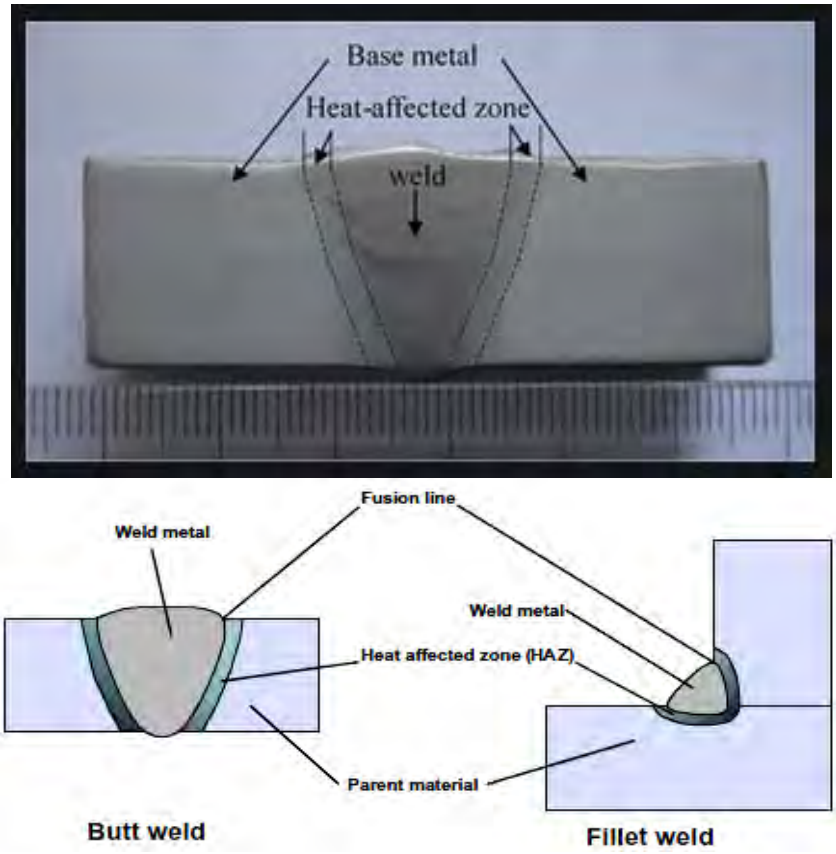


شکل ۵۴۳ : موقعیت تستهای ضربه در Weld Metal, Fusion Line & Fusion Line + 2 mm

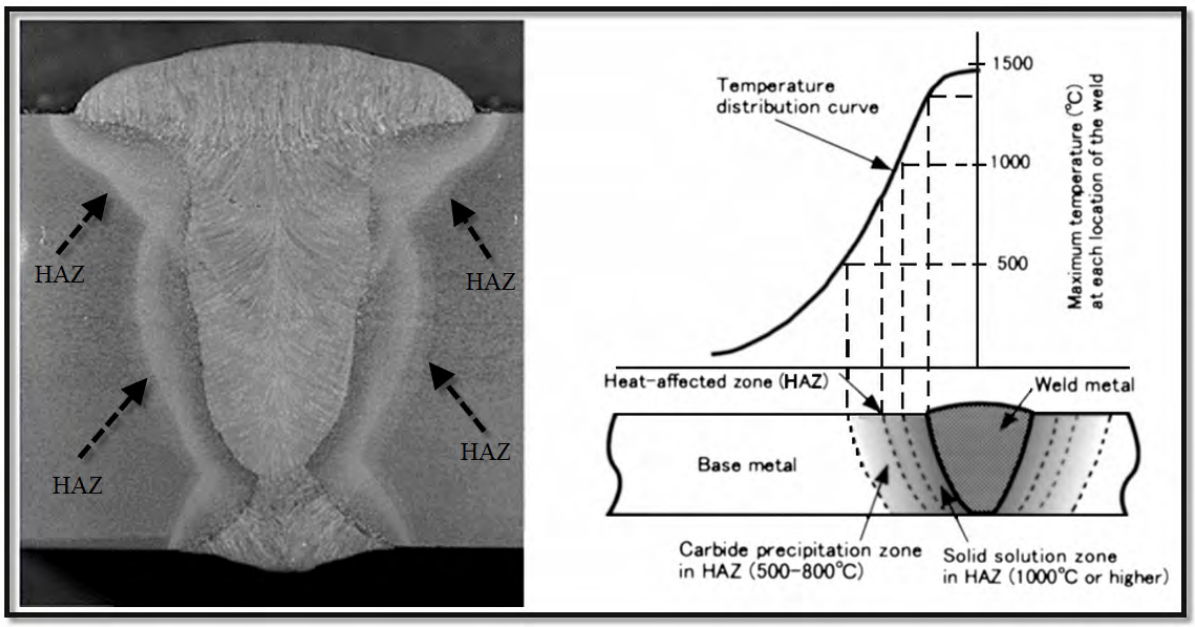
محدوده‌ی منطقه HAZ در شکل ۵۴۵ مشخص شده است و با بزرگنمایی مقطع جوش به وضوح دیده می شود.

در استاندارد ASME Sec. IX برای انجام تست ضربه بر روی قطعه PQR که در وضعیت "5G & 6G" تهیه شده است می بایست قطعات را مطابق QW-463.1(f) (شکل ۵۴۶) از منطقه هاشور زده شده تهیه نمود.

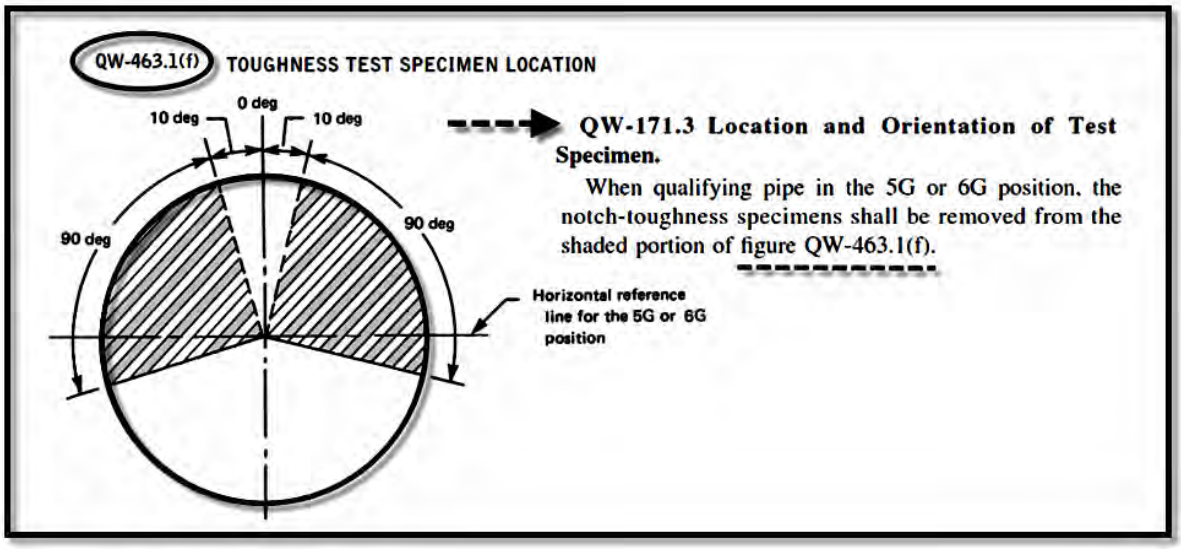
باید در نظر داشت، در استاندارد ASME Sec. IX بجای اصطلاح "V-Notch Impact Test" (تست ضربه شیاری) از اصطلاح "Notch –Toughness Test" (تست چقرمگی شیاری) استفاده شده است.



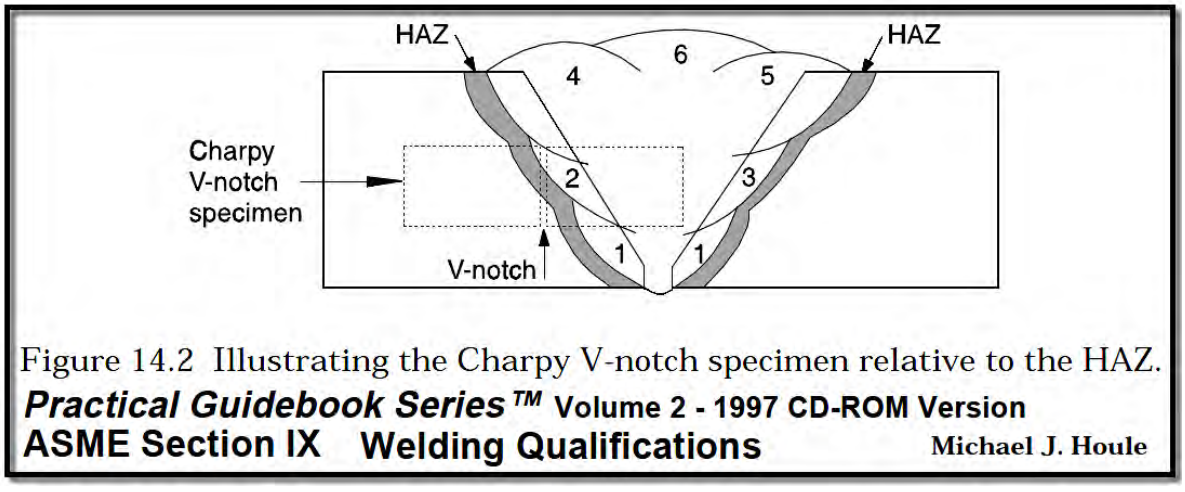
شکل ۵۴۴ : موقعیت های Base Metal , Weld Metal & HAZ در جوش Fillet weld



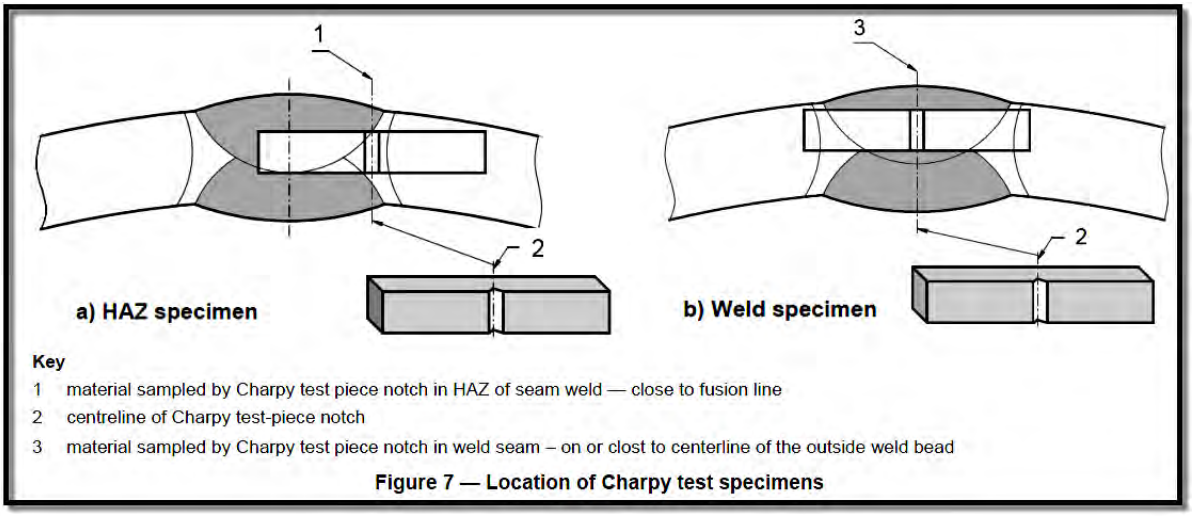
شکل ۵۴۵ : موقعیت محل منطقه HAZ



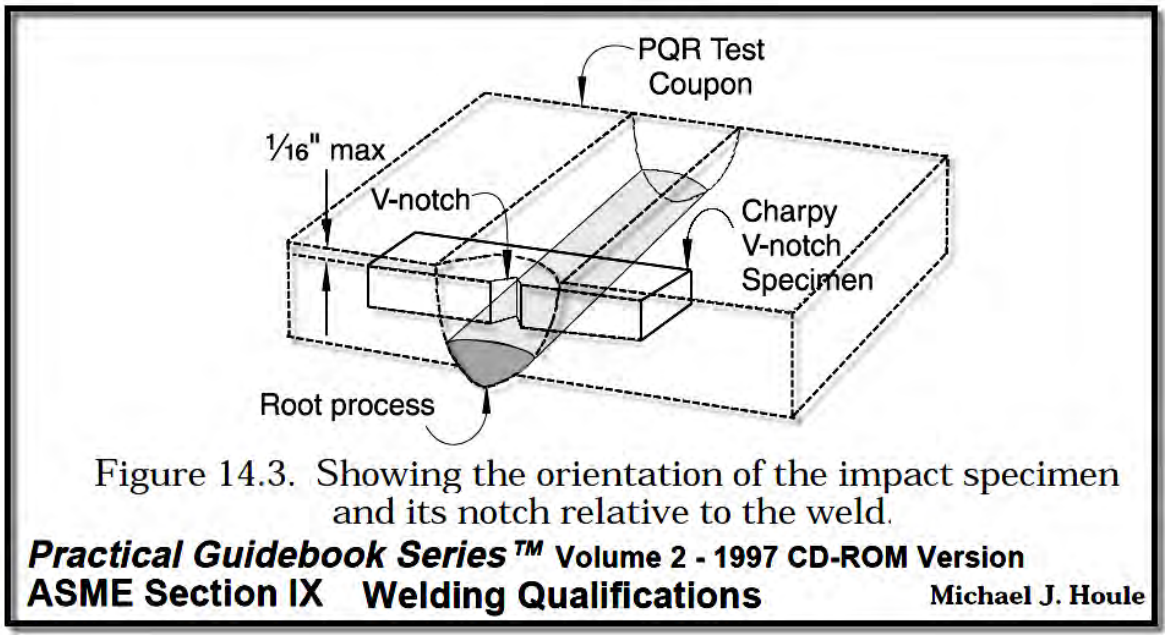
شکل ۵۴۶ : محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ مطابق ASME Sec. IX-2017



شکل ۵۴۷ : محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ



شکل ۵۴۸ : محل برش قطعه چارپی مورد نیاز برای تست ضربه از منطقه HAZ و Weld در API 5L-2013



شکل ۵۴۹ : محل و موقعیت برش قطعات مورد نیاز برای تست ضربه در جوش

(Fig.14.3) مثالی از پاراگراف (1) (g)-UG-84 -Para.- Div. 1 Sec. VIII ASME:

(1) هر مجموعه (Set) از قطعات تست ضربه جوش بایستی از میان جوش انتخاب شوند و یک شیار (notch) در فلز جوش آنها ایجاد گردد. موقعیت هر قطعه برای تست ضربه بایستی طوری انتخاب گردد که شیار (notch) عمود بر سطح فلز باشد و سطح و رویه‌ی قطعه تست ضربه نیز در حدود 1.5 mm زیر سطح فلز انتخاب گردد.

***- مطلب فوق در ارتباط با پاراگراف (b) ASME Section IX-2019-QW-200.2 بکار برده می شود. در این پاراگراف به صراحت قید شده است در جوشهایی که ترکیبی از چند فرایند جوشکاری می باشند، تستهای مکانیکی از جمله تست ضربه چنانچه ضرورت دارد باید شامل تمام فرآیندهای جوش باشند. لطفاً به پاراگراف (b) QW-200.2 دقت شود:

QW-200 GENERAL

QW-200.2 Each organization shall be required to prepare a procedure qualification record which is defined as follows:

(b) Contents of the PQR.

One or more combinations of welding processes, filler metal, and other variables may be used when welding a test coupon. The approximate thickness of weld metal deposited, excluding weld reinforcement, shall be recorded for each set of essential and, when required, supplementary essential variables. Weld metal deposited using each set of variables shall be included in the tension, bend, toughness, and other mechanical test specimens that are required.

شکل ۵۵۰ : پاراگراف ASME Section IX-2019-Para.- QW-200.2

*- پاراگراف ASME Section IX-2019-QW-200.2 (b)

هر سازنده یا پیمانکار باید ملزم به تهیه‌ی PQR به شرح زیر باشد:

(b)- محتویات PQR: (نکته‌ی مهم در تست کوپن های چند فرآیندی)

در زمان جوشکاری یک تست کوپن با یک یا ترکیبی از چند فرایند جوشکاری، فیلر متال، الکترود و متغیرهای زیادی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. ضخامت تقریبی فلز جوش رسوب یافته بغیر از ضخامت گرده جوش؛ باید برای هر مجموعه از متغیرهای اساسی و در صورت نیاز برای متغیرهای اساسی تکمیلی گزارش گردد. فلز جوش رسوب یافته‌ی مربوط به هر مجموعه از متغیرها باید مشمول تستهای کشش، خمش، ضربه و سایر تستهای مکانیکی مورد نیاز بر روی نمونه های تست باشد.

(۴)- شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) چیست ؟

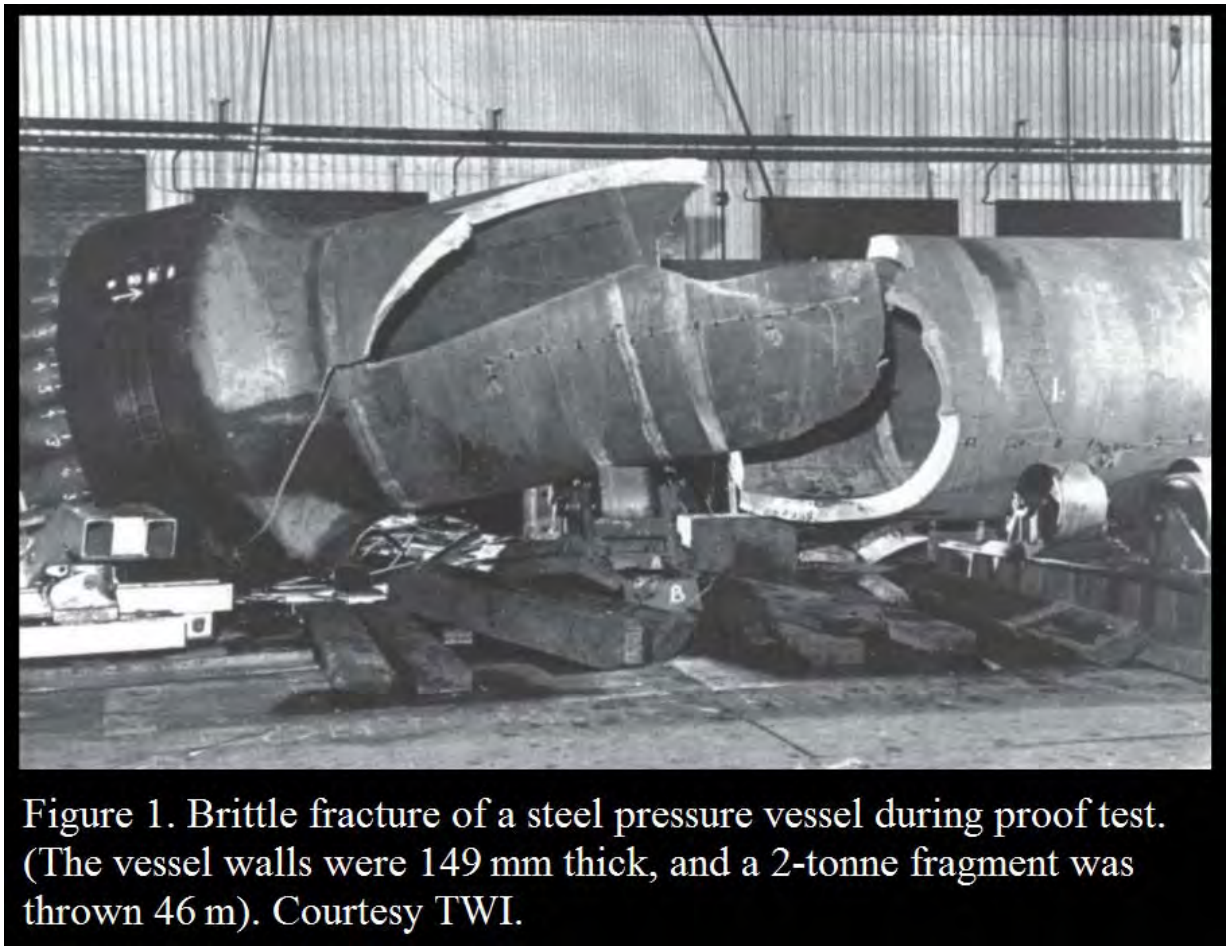
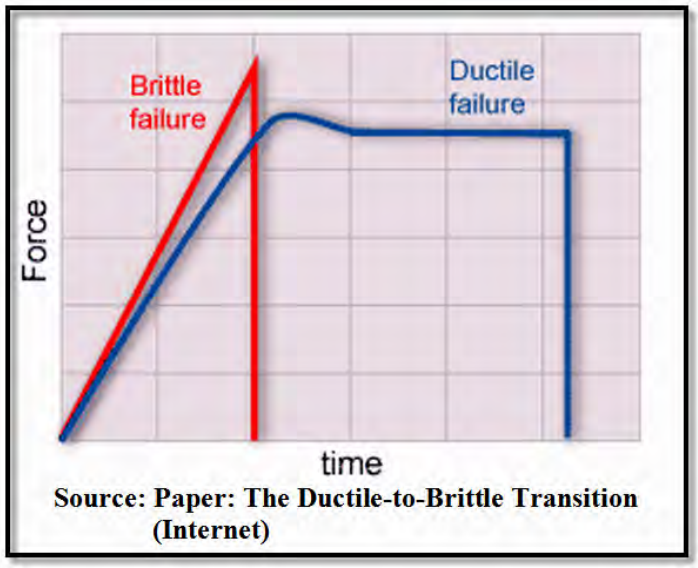


Figure 1. Brittle fracture of a steel pressure vessel during proof test. (The vessel walls were 149 mm thick, and a 2-tonne fragment was thrown 46 m). Courtesy TWI.

شکل ۵۵۱ : یک نمونه از شکست ترد، Brittle Fracture

برای تفهیم بهتر شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) لطفاً به نمودار زیر توجه فرمایید. همانطور که در نمودار مشخص می باشد شکست ترد ناگهانی است و تغییر شکل پلاستیک در فلز رخ نمیدهد. اما شکست نرم بعد از تغییر شکل پلاستیک در فلز رخ میدهد.



شکل ۵۵۲ : منحنی شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در تست ضربه

برای اینکه رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه در تست ضربه بهتر مشخص شود به شکل فوق که بصورت منحنی است توجه فرمایید. در این منحنی بوضوح رفتار متریال با خصوصیات نرم و شکل پذیر (Ductile) و رفتار متریال با خصوصیات ترد و شکننده (Brittle) در برابر سرعت ضربه بخوبی نشان داده شده است.

منحنی فوق "منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه" است .

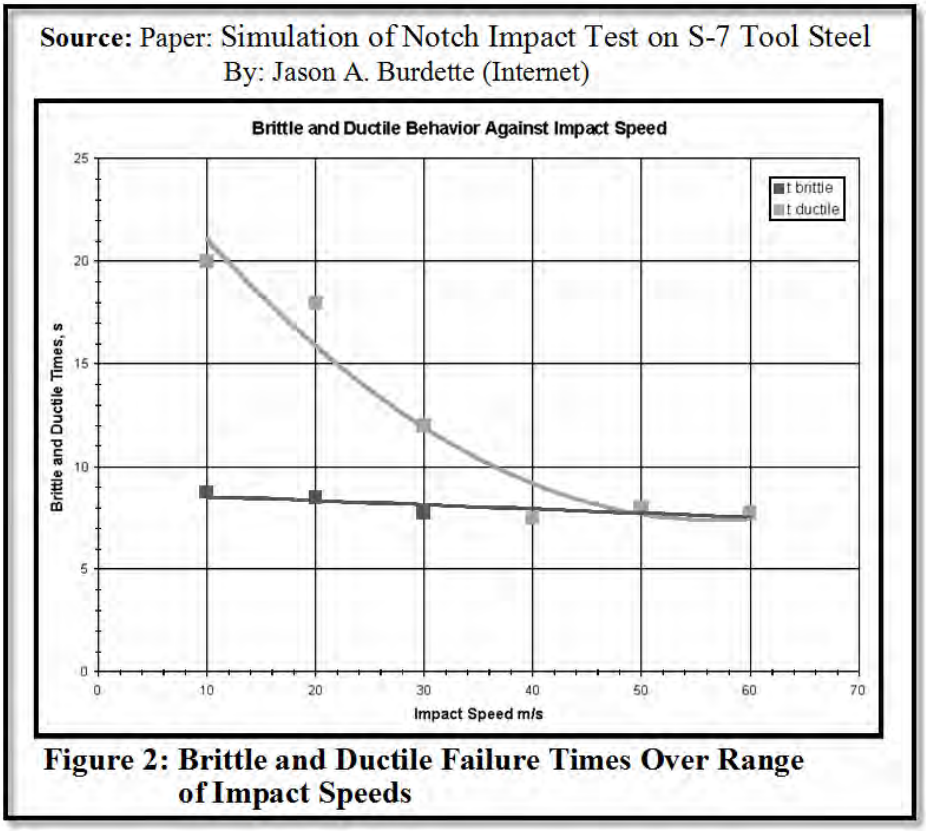
"سرعت بحرانی ضربه": سرعتی است که در آن شکست فلز از شکست ترد (Brittle) به شکست نرم (Ductile) تغییر می یابد. توجه داشته باشید که در سرعتهای پایین ضربه ($t_{brittle}$) زمان شکست ترد کمتر از زمان شکست نرم ($t_{ductile}$) است بطوریکه شکست ترد(Brittle) قبل از شکست نرم(Ductile) رخ میدهد.

در این مثال (شکل ۳۴۷) تقاطع دو منحنی بطور روشن مشخص نشده است. بنابراین سرعت بحرانی ضربه هم به وضوح مشخص نشده است.

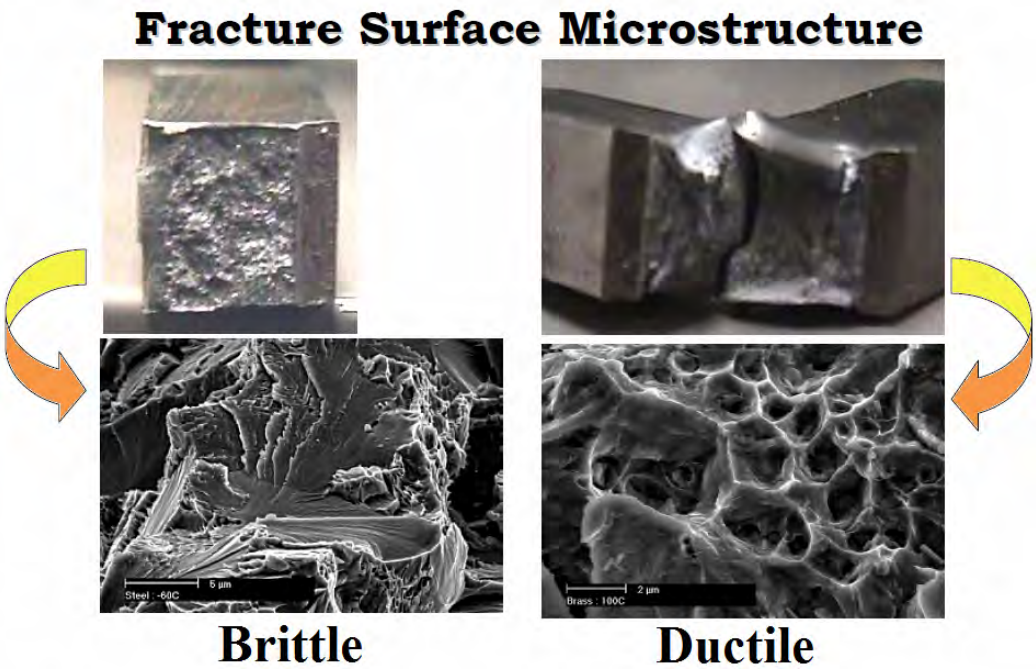
بنظر میرسد، این سرعت در حدود (50 m/s) باشد اما پراکندگی اطلاعات (داده ها) و همچنین همسطح شدن هر دو منحنی در سرعتهای بالاتر ضربه ، نتیجه گیری (۵۰ متر بر ثانیه) را بطور دقیق بدست نمی دهد.

نتیجه کلی:

نتیجه ای که از نمودار منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه بدست می آید این است که مواد نرم و شکل پذیر (Ductile) در سرعتهای بالای ضربه (تغییر شکلهای سریع و ناگهانی) رفتاری مشابه ماده ترد (Brittle) از خود نشان می دهند یعنی شکست آنها ناگهانی است.



شکل ۵۵۳ : منحنی رفتار شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile) در برابر سرعت ضربه



شکل ۵۵۴ : سطح میکروسکپی شکست ترد (Brittle) و شکست نرم (Ductile)

(۵)- استاندارد مرجع برای ارزیابی قبولی و یا مردودی تست ضربه کدام است ؟

توجه: برخی مواقع ممکن است در تست ضربه امکان استفاده از نمونه ها با ابعاد استاندارد نباشد، مانند زمانی که ضخامت قطعه کار از ۱۰ میلیمتر کوچک تر است یا زمانی که نمونه تست بیش از ۸۰ در صد انرژی دستگاه تست ضربه را جذب میکند در چنین شرایطی بایستی از نمونه های زیر سایز استاندارد (Subsize) استفاده شود.

در جدول A1.16 برای ابعاد نمونه های مختلف مقدار انرژی جذب شده نشان داده شده است و روش محاسبه آن به این صورت است که: "برای نمونه ها با اندازه های زیر سایز استاندارد بایستی مقدار انرژی جذب شده بوسیله اندازه استاندارد را ضربدر حاصل تقسیم Subsize در Full size کنیم"

حال سوال اینجاست، برای اندازه های زیر سایز استاندارد (Subsize) مقدار انرژی جذب شده چقدر است؟ برای جواب به این سوال بایست به جدول A1.16 از استاندارد ASME Section II-2019-Part-A-SA-20 مراجعه کرد.

جدول- ۲۳۲: معیار قابل قبول تست ضربه درابعاد زیر سایز استاندارد(Subsize) در Sec. II-A-A20-2019

SA-20/SA-20M — **TABLE A1.16 Charpy V-Notch Test Acceptance Criteria for Various Subsize Specimens[A]**

Full Size, 10 by 10 mm		¾ Size, 10 by 7.5 mm		⅔ Size, 10 by 6.7 mm		½ Size, 10 by 5 mm		⅓ Size, 10 by 3.3 mm		¼ Size, 10 by 2.5 mm	
ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]	ft-lbf	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	8	[11]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

[A] Interpolation shall be made for specimens with widths intermediate of those listed. Interpolated values shall be rounded to the nearest whole number as prescribed in Practice E29.

مثلاً برای (Full size) مقدار 54 ژول انرژی نیاز است برای (Subsize=3.3 mm) چقدر انرژی نیاز است؟

3.3 mm / 10 mm → 0.33 × 54 J → 17.8 ~ 18 J

[A] برای قطعات دارای عرضی میانه (نسبت به ابعاد موجود در جدول) می بایست درون یابی انجام شود. مقدار انرژی بدست آمده از طریق درون یابی باید مطابق استاندارد اجرایی ASTM E29 حتی المقدور بصورت یک عدد صحیح نوشته شود.

چنانچه برای تست ضربه از قطعه Subsize استفاده شود باید مطابق جدول UG-84.2 عمل نمود.

جدول- ۲۳۳: جدول UG-84.2 کاهش ضخامت همراه با کاهش دما است مطابق ASME Sec. VIII-Div. 1-2019

Table UG-84.2
Charpy Impact Test Temperature Reduction Below Minimum Design Metal Temperature

Actual Material Thickness [See UG-84(c)(5)(-b)] or Charpy Impact Specimen Width Along the Notch [Note (1)]	
Thickness, in. (mm)	Temperature Reduction, °F (°C)
0.394 (full-size standard bar) (10)	0 (0)
0.354 (9)	0 (0)
0.315 (8.00)	0 (0)
0.295 (¾ size bar) (7.5)	5 (3)
0.276 (7)	8 (4)
0.262 (⅔ size bar) (6.7)	10 (6)
0.236 (6)	15 (8)
0.197 (½ size bar) (5.00)	20 (11)
0.158 (4)	30 (17)
0.131 (⅓ size bar) (3.3)	35 (19)
0.118 (3.00)	40 (22)
0.099 (¼ size bar) (2.5)	50 (28)

GENERAL NOTE: For Table UCS-23 materials having a specified minimum tensile strength of less than 95,000 psi (655 MPa) when the subsize charpy impact width is less than 80% of the material thickness.

NOTE:
(1) Straight line interpolation for intermediate values is permitted.

یادداشت کلی: برای جدول UCS-23 موادی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از 95000 psi یا 655Mpa مشخص شده است، هنگامی که عرض نمونه subsize charpy impact کمتر از ۸۰ درصد ضخامت مواد است.

یادداشت ۱

درون یابی خط مستقیم برای مقادیر متوسط مجاز است.

***- جدول UG-84.2 چه می گوید؟

*- پاراگراف UG-84 (c) (5)(-b) – متریال با ضخامت کمتر از 10mm:

وقتی بزرگترین اندازه قابل تهیه برای نمونه های تست ضربه در امتداد شیار دارای عرضی معادل 80% درصد ضخامت اسمی متریال باشد بایستی تست ضربه چنین نمونه ای در دمایی که از حداقل دمای طراحی فلز بیشتر نباشد انجام شود و

وقتی بزرگترین نمونه‌ی قابل تهیه تست در امتداد شیار دارای عرضی معادل کمتر از 80% درصد ضخامت اسمی متریال باشد، برای متریال مندرج در جدول UCS-23 که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از (655 MPa) 95000Psi باشد تست ضربه باید در دمایی کمتر از حداقل دمای طراحی فلز انجام شود.

مقدار کاهش دما می بایست بر اساس جدول کاهش دما UG-84.2 باشد. برای تفهیم بیشتر این موضوع به مثالهای زیر دقت شود:

مثال-۱: ضخامت یک PQR یا ضخامت یک Plate برابر با 10 mm است. با توجه به مطالب گفته شده، چون قطعه‌ی مخصوص تست ضربه می بایست از 1.5 mm زیر سطح قطعه تهیه شود. قطعه‌ی مورد مثال ما ممکن است پس از ماشین کاری ضخامتش از 10 mm به 6 mm کاهش پیدا کند. چون قطعه‌ی آماده شده کمتر از 80% قطعه‌ی اصلی را دارا می باشد بنابراین به این قطعه (Subsize) گفته می شود. در چنین شرایطی اگر فرض شود که تست ضربه قرار بود در دمای (-45 ºC) انجام شود مطابق جدول UG-84.2 می بایستی دما کاهش یابد، حال برای بدست آوردن مقدار کاهش دما باید به جدول رجوع شود.

با رجوع به جدول UG-84.2 مشخص می شود چنانچه ضخامت به 6 mm برسد می بایست 8 درجه سانتیگراد کاهش دما اعمال گردد یعنی تست ضربه به جای (-45 ºC) می بایست در دمای (-45 -8 = -53 ºC) انجام شود.

مثال-۲: اگر ضخامت یک PQR یا ضخامت یک Plate کمتر از 10 mm باشد، مثلاً ضخامت 6 mm داشته باشد و تست ضربه می بایست در دمای (-35 ºC) انجام شود. چنانچه بعد از ماشینکاری ضخامت قطعه 3 mm شود.

***- حال تست ضربه باید در چه دمایی انجام شود؟

برای پاسخ می بایست اول به پاراگراف [UG-84 (c) (5) (-b)] و سپس به جدول UG-84.2 مراجعه شود. اما ماحصل این بررسی به این صورت است که اگر در جدول ضخامت 3 mm ملاحظه شود مقدار دمای کاهش در این ضخامت برابر است با (22ºC) اما باید دقت شود که قطعه‌ی اصلی 10 mm نمی باشد و دارای ضخامت 6 mm است. پس می بایست عدد روبروی ضخامت 6 mm را از عدد روبروی 3 mm اول کم کنیم سپس عدد بدست آمده را بصورت عدد منفی (کاهش دهنده Reduction) با دمای تست ضربه جمع کنیم بصورت زیر:

$$(22 - 8 = 14) \rightarrow (-35 - 14 = -49) \rightarrow \text{IMPACT Test Temperature} = -49\ ^{\circ}\text{C}$$

بنابراین اینطور نتیجه گیری می شود که وقتی ضخامت قطعه کار از 80% ضخامت Full Size یا 10 mm کوچک تر است یا زمانی که نمونه تست بیش از 80% انرژی دستگاه تست ضربه را جذب میکند در چنین شرایطی بایستی از نمونه های زیر سایز استاندارد (Subsize) استفاده شود و وقتی از (Subsize) استفاده می شود با توجه به ضخامت قطعه می بایست دمای تست را مطابق جدول UG-84.2 کاهش داد و در نهایت با توجه به ابعاد ضخامت قطعه (Subsize) و با استفاده از فرمول محاسبه، مقدار ژول مورد نیاز مشخص شود که فرمول محاسبه به شرح زیر است:

حال چرا با کاهش ضخامت می بایست دمای تست را کاهش داد احتمالاً بدلیل اینکه هر چه ضخامت کمتر شود قطعه‌ی تست انعطاف پذیرتر می شود به همین خاطر برای اینکه شرایط را یکسان کنند دمای تست را کاهش می دهند یا به اصطلاح شرایط تست را سخت تر می کنند.

$$(\text{مقدار انرژی مورد نیاز برای Sub-size}) \rightarrow (\text{مقدار انرژی مورد نیاز برای Full-size}) \times \frac{\text{ابعاد Sub-size}}{\text{ابعاد Full-size}}$$

***- مثالی برای نحوه محاسبه‌ی مقدار ژول مورد نیاز برای (Subsize)

در مثال فوق اگر متریال مورد تست SA-516 Gr. 70 باشد. مطابق Figure UG-84.1M با توجه به اینکه مقدار استحکام تسلیم متریال SA-516 Gr. 70 برابر 260 MPa می باشد و ضخامت قطعه 6 mm است پس مقدار ژول لازم برای میانگین سه قطعه 20 ژول است که با توجه به فرمول فوق داریم :

TABLE 2
TENSILE REQUIREMENTS

SA-516/SA-516M

	Grade			
	55 [380]	60 [415]	65 [450]	70 [485]
Tensile strength, ksi [MPa]	55–75 [380–515]	60–80 [415–550]	65–85 [450–585]	70–90 [485–620]
Yield strength, min, ksi [MPa][A]	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, % (B)	23	21	19	17
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % (B)	27	25	23	21

$$\rightarrow \frac{6\ \text{mm}}{10\ \text{mm}} \times 20\ \text{J} \rightarrow 12\ \text{J}$$

برای میانگین قطعات تست ضربه (Subsize) مقدار 12 ژول انرژی می بایست جذب کند.

یادداشتهای عمومی (مربوط به Figure UG-84.1M) مربوط به شکل ۵۵۶:

(a) – درون یابی مابین استحکام های تسلیم نشان داده شده در شکل مذکور مجاز است.

(b) – حداقل انرژی تست ضربه برای یک قطعه نباید کمتر از $^{2}/_{3}$ میانگین انرژی ضربه برای سه نمونه (قطعه) باشد. میزان میانگین انرژی ضربه برای سه قطعه آزمایش ممکن است به سمت نزدیکترین عدد انرژی گِرد شود.

(c) – متریال تولید شده و مطابق با SA-320, SA-333, SA-334, SA-350, SA-352, SA-420 تست ضربه شده است. متریال مطابق با SA/AS 1548 (L نشانه‌ی تست ضربه است) متریال های SA-437, SA-540 (بجزء متریال های ساخته شده در جدول 2 یادداشت 4 در SA-540 قرار دارند) و متریال SA-765 که میزان انرژی مناسب را ندارد. به پاراگراف .UCS-66(g) نگاه کنید.

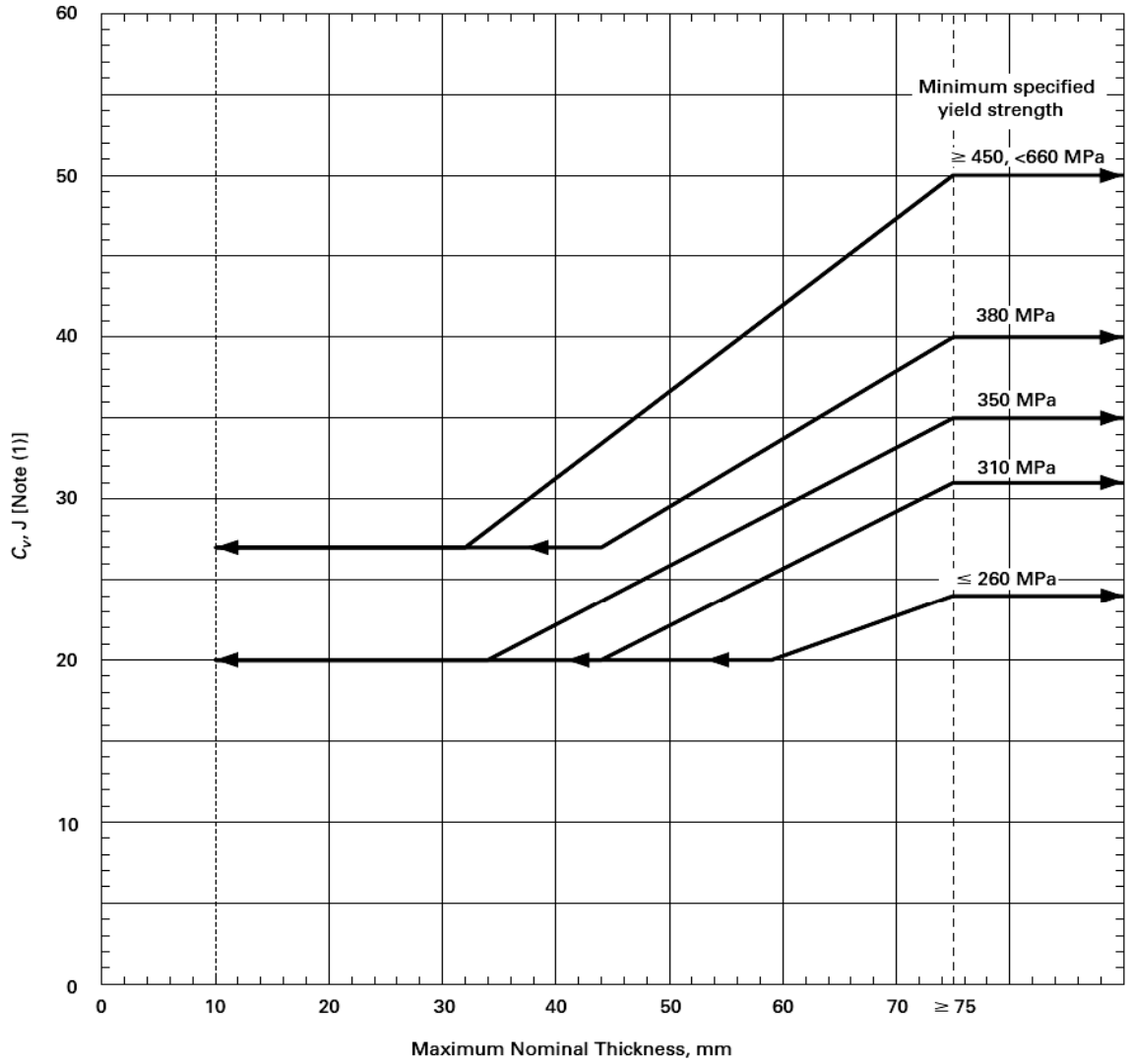
(d) – برای متریال هایی که دارای حداقل استحکام کششی 655 MPa و یا بیشتر باشد. پاراگراف UG-84(c)(4)(-b) ببینید.

یادداشت (1): میانگین (منظور) سه قطعه است.

شکل ۵۵۵ : نمونه ایی از دستگاه تست ضربه

* - بررسی نتایج تست ضربه مطابق با ASME Sec.VIII-Div. 1-2019- Figure UG-84.1M

Figure UG-84.1M
Charpy V-Notch Impact Test Requirements for Full-Size Specimens for Carbon and Low Alloy Steels, Having a Specified Minimum Tensile Strength of Less Than 655 MPa, Listed in Table UCS-23



GENERAL NOTES:
(a) Interpolation between yield strengths shown is permitted.
(b) The minimum impact energy for one specimen shall not be less than $^2/_3$ of the average energy required for three specimens. The average impact energy value of the three specimens may be rounded to the nearest J.
(c) Material produced and impact tested in accordance with SA-320, SA-333, SA-334, SA-350, SA-352, SA-420, impact tested SA/AS 1548 (*L* impact designations), SA-437, SA-540 (except for materials produced under Table 2, Note 4 in SA-540), and SA-765 do not have to satisfy these energy values. See UCS-66(g).
(d) For materials having a specified minimum tensile strength of 655 MPa or more, see UG-84(c)(4)(-b).

NOTE:
(1) Average of three specimens.

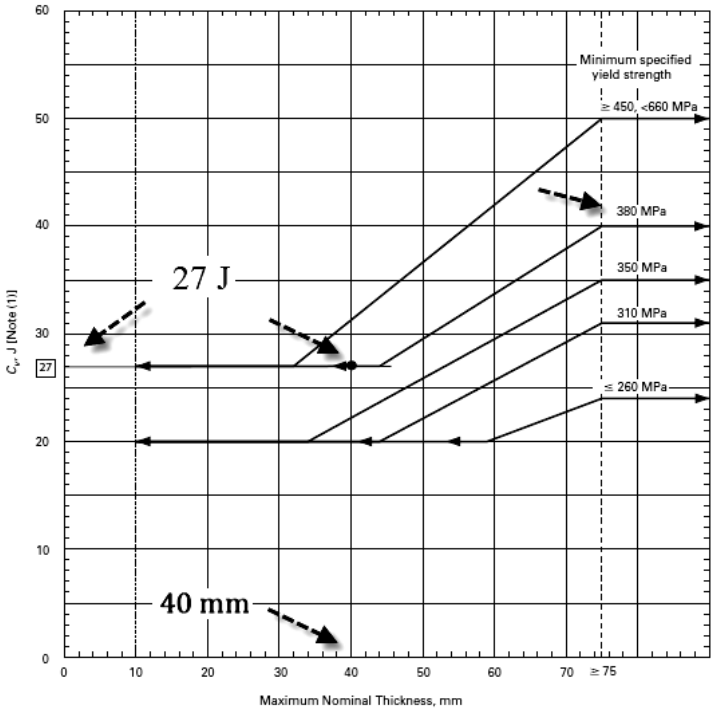
شکل ۵۵۶ : الزامات نتیجه تست ضربه در ASME Sec.VIII-Div. 1-2019-Figure UG-84.1M

***- وقتی به Figure UG-84.1M دقت شود واضح است پارامترهایی همچون پارامتر ضخامت و حداقل استحکام تسلیم متریال در مقدار ژول لازم، تأثیر گذار می باشند اما باید در نظر داشت تست ضربه در حداقل دمایی که مشخص شده انجام

شود و نتیجه تست بدست آمده در واقع تست در دمای پایین تر را ساپورت نمی کند. هر چند که ممکن است دمای تست در نتیجه تست تأثیری نداشته باشد. به مثالهای زیر دقت فرمایید.

TABLE 2 Tensile Requirements — SA-203/SA-203M

	Grades A and D		Grades B and E		Grade F	
	ksi	[MPa]	ksi	[MPa]	ksi	[MPa]
Tensile strength						
2 in. [50 mm] and under	65–85	[450–585]	70–90	[485–620]	80–100	[550–690]
Over 2 in. [50 mm]	65–85	[450–585]	70–90	[485–620]	75–95	[515–655]
Yield strength, min						
2 in. [50 mm] and under	37	[255]	40	[275]	55	[380]
Over 2 in. [50 mm]	37	[255]	40	[275]	50	[345]



مثال-۱:

متریال: SA-203 Gr. F

ضخامت: 40 mm

حداقل استحکام تسلیم: 380 MPa

دمای تست: -30 ºC

مقدار انرژی لازم برای میانگین سه قطعه: 27 J

مثال-۲:

متریال: SA-203 Gr. F

ضخامت: 40 mm

حداقل استحکام تسلیم: 380 MPa

دمای تست: -50 ºC

مقدار انرژی لازم برای میانگین سه قطعه: 27 J

شکل ۵۵۷ : مقایسه نتیجه تست در دو دمای متفاوت

توجه: با بررسی دو مثال فوق می توان نتیجه گرفت که: نتیجه‌ی تست ضربه برای یک متریال با یک ضخامت اما در دو دمای تست مختلف (یکی در دمای 30- ºC و دیگری در دمای 50-ºC) نشان می دهد که در دو دمای متفاوت، مقدار ژول قابل قبول برای نتیجه‌ی تست میانگین سه قطعه 27 ژول می باشد. یعنی در دو دما برابر است.

سوال: آیا دمای تست تأثیری ندارد یا بدلیل اینکه ناچیز است در نظر گرفته نمی شود؟ مطابق پاراگراف (2) (b) UG-84

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(b) Test Procedures

(2) Unless permitted by Table UG-84.4, impact test temperature shall not be warmer than the minimum design metal temperature [see UG-20(b)]. The test temperature may be colder than the minimum specified in the material specification of Section II.

شکل ۵۵۸ : نقش دما در تست ضربه ASME Sec.VIII-Div. 1-2019-UG-84-(b)(2)

* - اختلاف دمایی مجاز در تست ضربه

*- پاراگراف UG-84 (b) *(Test Procedures)* : دستورالعملهای تست

(2)- مگر آنچه در جدول Table UG-84.4 مجاز شناخته شده است، دمای تست ضربه نباید گرمتر از حداقل دمای طراحی فلز مبنا باشد.{پاراگراف UG-20(b) را ببینید}. دمای تست (ضربه) ممکن است از دمای مشخص شده در مشخصات فنی بخش دوم از استاندارد ASME Sec. II سردتر باشد.

توجه: بنابراین مطابق پاراگراف UG-84 (b) (2) می توان اینطور نتیجه گرفت که تست ضربه‌ی یک PQR نباید گرمتر از حداقل دمای طراحی فلز باشد. **منظور چیست؟**

یعنی اگر یک PQR دمای تست ضربه اش ºC 30- بود، این PQR تست ضربه در دمای ºC 50- را تأیید نمی کند.

همانطور که در پاراگراف UG-84 (b) (2) گفته شد، جدول UG-84.4 میزان محدود اختلاف دمایی را با توجه به حداقل استحکام تسلیم متریالها مجاز دانسته است.

جدول- ۲۳۴: اختلاف دمای قابل قبول بر اساس جدول ASME Sec.VIII-Div. 1-2019-UG-84.4

Table UG-84.4
Impact Test Temperature Differential

Minimum Specified Yield Strength, ksi (MPa)	Temperature Difference, °F (°C) [Note (1)]
≤40 (280)	10 (6)
≤55 (380)	5 (3)
>55 (380)	0 (0)

NOTE:
(1) Impact test temperature may be warmer than the minimum design temperature by the amount shown.

***- **جدول UG-84.4 : تفاوت دمای تست ضربه**

در این جدول مطابق یادداشت (1) : دمای تست ضربه ممکن است گرمتر از حداقل دمای طراحی باشد البته به مقدار نشان داده شده در این جدول، که این مقدار بستگی به حداقل استحکام تسلیم متریال ها دارد. مثلاً برای متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 40 ksi (280 MPa) ≤ باشد می تواند اختلاف دمایی 6ºC گرمتر داشته باشد، مثلا اگر تست ضربه PQR چنین متریالی در دمای 30ºC- تأیید شده باشد، می تواند جوشهایی را تا دمای 36ºC- نیز پشتیبانی (Support) نماید و همچنین برای متریال هایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 55 ksi (380 MPa) ≤ باشد 3ºC می تواند می تواند اختلاف دمایی3ºC گرمتر داشته باشد، مثلا اگر تست ضربه PQR چنین متریالی در دمای 30ºC- تأیید شده باشد، می تواند جوشهایی را تا دمای 33ºC- نیز پشتیبانی (Support) نماید اما می بایست دقت شود که برای متریالهایی که حداقل استحکام تسلیم آنها 55 ksi (380 MPa) < باشد هیچگونه اختلاف دمایی نمی توانند داشته باشند. به عبارتی طبق جدول، اختلاف دمایی آنها صفر است.

***- البته دقت شود که در تیتر بالای Figure UG-84.1M چهار موضوع مطرح شده که بسیار مهم می باشند:

۱- این نمودار مربوط به فولادهای کربنی **(Carbon Steels)** و فولادهای کم آلیاژ **(Low Alloy Steels)** می باشد.

۲- مقدار ژول بدست آمده مربوط به نمونه های Full-Size است.

۳- این نمودار مربوط به فولادهای می باشد که حداقل استحکام کششی آنها بیشتر از **655 MPa (95 ksi)** نباشد.

۴- متریال هایی که این نمودار آنها را پوشش می دهد در **Table UCS-23** لیست شده اند.

۵- معافیت های تست ضربه.

نتیجه: از مباحث گفته شده در فوق می توان چنین نتیجه گرفت که ملاک قبولی تست ضربه یک متریال، مقدار جذب انرژی است که طبق استاندارد برای آن متریال تعیین شده است یعنی در هر دمایی که تست ضربه بر روی آن متریال انجام شود می بایست آن مقدار انرژی را جذب کند تا اطمینان حاصل شود که شکست ترد برای آن متریال در آن دما اتفاق نمی افتد.

❋ - تست مجدد ضربه در مخازن تحت فشار

UG-84 CHARPY IMPACT TESTS

(c) Test Specimens

(6) When the average value of the three specimens equals or exceeds the minimum value permitted for a single specimen and the value for more than one specimen is below the required average value, or when the value for one specimen is below the minimum value permitted for a single specimen, a retest of three additional specimens shall be made. The value for each of these retest specimens shall equal or exceed the required average value.

When an erratic result is caused by a defective specimen or there is uncertainty in test procedure, a retest will be allowed. When the option of (2)(-a) above is used for the initial test and the acceptance value of 75 ft-lbf (100 J) minimum is not attained, retest using full size (10 mm × 10 mm) specimens will be allowed.

شکل ۵۵۹ : پاراگراف ASME Sec. VIII-Div.1-2019-UG-84(c)(6)

❋- UG-84 (c)(6) – وقتی میانگین مقدار تست ضربه سه نمونه با مقدار حداقل مجاز تعیین شده برای یک نمونه‌ی تکی برابر و یا بیشتر باشد و مقدار انرژی دو نمونه یا بیشتر، کمتر از مقدار میانگین مورد نیاز باشد یا وقتی مقدار انرژی یکی از نمونه ها کمتر از حداقل مقدار مجاز برای یک نمونه‌ی تکی باشد، بایستی از سه نمونه دیگر تست ضربه مجدد (Retest) به عمل آید. مقدار هر یک از نمونه های تست مجدد باید معادل یا بیشتر از رقم میانگین مورد نیاز باشد.

هنگامی که توسط یک نمونه معیوب نتیجه غیرمعقول ایجاد شود، یا عدم اطمینان در روند آزمایش وجود داشته باشد، آزمایش مجدد مجاز خواهد بود. اگر گزینه (2)(-a) فوق برای آزمایش اولیه استفاده شود و مقدار پذیرش حداقل 75 ft - lbf (100 J) به دست نیامد ، دو باره با استفاده از نمونه های کامل (10 mm × 10 mm) آزمایش مجدد مجاز خواهد بود.

توجه: برای تکرار تست به پاراگراف ASME Sec. IX-2019-QW-202.1 دقت شود.

QW-202 TYPE OF TESTS REQUIRED

QW-202.1 Mechanical Tests. The type and number of test specimens that shall be tested to qualify a groove weld procedure are given in QW-451, and shall be removed in a manner similar to that shown in Figures QW-463.1(a) through QW-463.1(f). If any test specimen required by QW-451 fails to meet the applicable acceptance criteria, the test coupon shall be considered as failed.

When it can be determined that the cause of failure is not related to welding parameters, another test coupon may be welded using identical welding parameters.

Alternatively, if adequate material of the original test coupon exists, additional test specimens may be removed as close as practicable to the original specimen location to replace the failed test specimens.

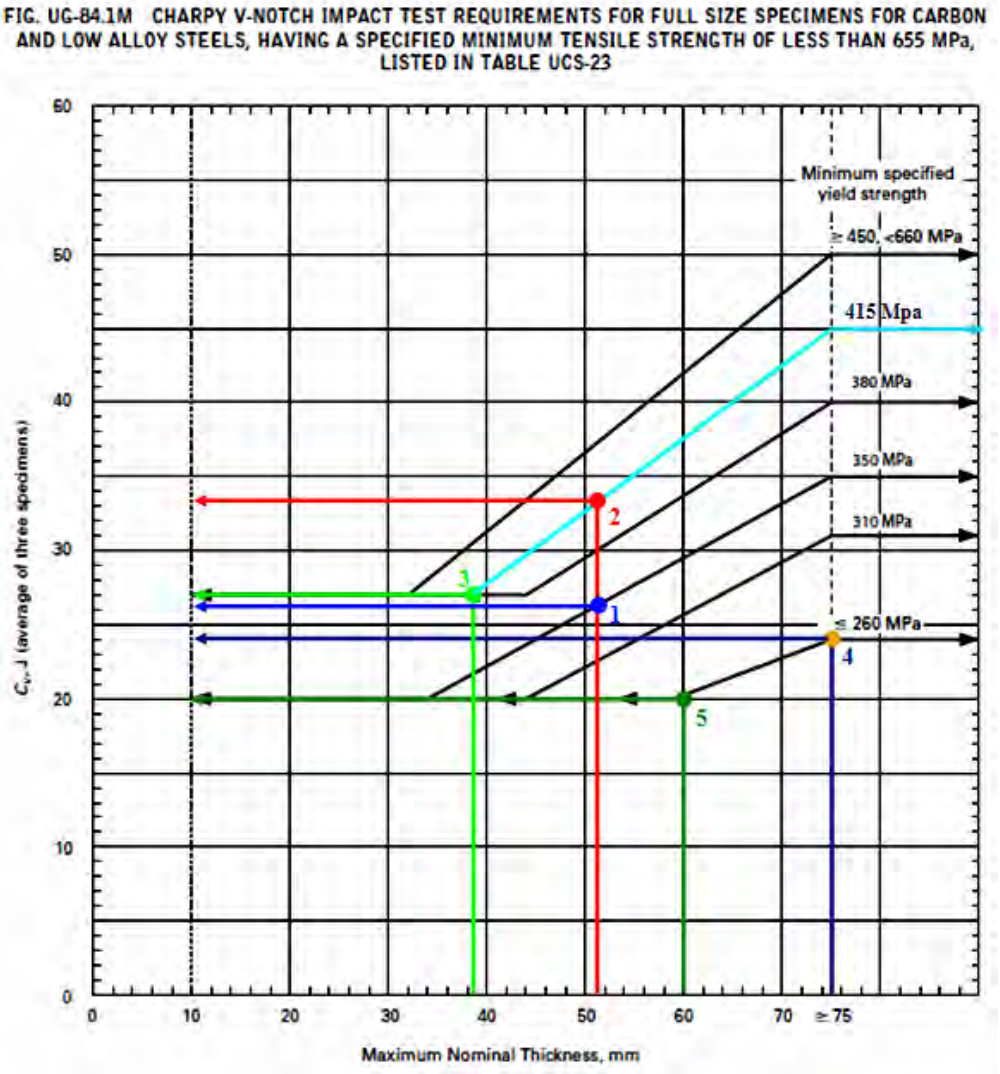
شکل ۵۶۰ : پاراگراف ASME SECtion IX-2019-QW-202.1-Mechanical Tests

❋- پاراگراف QW-202.1 (Mechanical Tests) : تستهای مکانیکی

نوع و تعداد نمونه های آزمایشی که بایستی برای تأیید یک دستورالعمل جوش شیاری (Groove Weld) آزمایش شوند در QW-451 بیان شده است. این نمونه ها بایستی همانند آنچه در شکل QW-463.1 (a) تا شکل QW-463.1 (f) نشان داده شده اند، برداشته شوند. چنانچه هر نمونه آزمایش که بوسیله‌ی QW-451 مورد نیاز می باشد مطابق معیارهای پذیرش نباشد باید مردود در نظر گرفته شود. وقتی بتوان مشخص نمود علت شکست (مردود شدن) مربوط به پارامترهای جوشکاری نمی باشد ممکن است یک قطعه تست دیگر با همان پارامترهای یکسان و همانند جوشکاری گردد.

بعنوان یک راهکار جایگزین دیگر، چنانچه از قطعه‌ی اصلی تست (Test Coupon) به مقدر کافی نمونه موجود است، ممکن است نمونه های اضافی مورد نیاز تست را تا جایی که امکان دارد از محل اصلی نمونه گیری برداشته و جایگزین نمونه های مردود شده، نمود.

* - بررسی نتایج تست ضربه در WPS & PQR مطابق با ASME Sec.VIII Div.1



شکل ۵۶۱ : الزامات نتیجه تست ضربه در ASME Sec.VIII Para. UG-84.1M

در WPS ها معمولاً محدوده ای از حداقل و حداکثر ضخامت ها مشخص شده است که با انجام تست ضربه این محدوده (Range) ضخامت ها پشتیبانی (Support) می شوند. بنابراین، مقدار انرژی جذب شده لازم برای حداکثر ضخامت تعیین شده در WPS بایستی مطابق با نمودار UG-84.1M باشد. برای اینکه روش استفاده از این نمودار به خوبی توضیح داده شود ۵ مثال از کتاب CASTI Guide ASME Sec.IX Chapter 14 در زیر آورده شده است :

برای تعیین نتیجه می توان با رجوع به نمودار UG-84.1M (شکل ۵۶۱) قبولی یا مردودی نتیجه تست را مشخص نمود. به عبارتی دیگر، با استفاده از نمودار UG-84.1M می توان مشخص نمود آیا نتیجه تست ضربه (مقدار انرژی جذب شده) برای حداکثر ضخامت قید شده در WPS مورد نظر کافی می باشد یا خیر؟ برای مثال، وقتی نتیجه تست ضربه **۲۰ ژول** باشد ولی مطابق نمودار UG-84.1M برای حداکثر ضخامت تعیین شده در WPS مقدار **۲۴ ژول** انرژی لازم می باشد پس نتیجه می گیریم در حداکثر ضخامت WPS باید تجدید نظرشود و آن را کاهش داد ولی چنانچه رعایت آن حداکثر

ضخامت، الزامی باشد بایستی از متریال دیگری با استحکام بیشتر استفاده نمود تا طبق نمودار UG-84.1M نتیجه مطلوب به دست آید.

حال برای تفهیم بهتر این موضوع، به کتاب CASTI Guide ASME Sec. IX مراجعه می کنیم و با استفاده از چند مثال، به بررسی نتایج آزمایش می پردازیم:

جدول- ۲۳۵: مثالهایی برای بررسی نتایج تست ضربه

مثال	جنس متریال	استحکام تسلیم ksi [MPa]	محدوده مجاز ضخامت فلز در WPS	ضخامت فلز نمونه ای که PQR از آن تهیه شده است.	معیار پذیرش
۱	SA-537 CLASS I نرمالیزه شده	۵۰ [۳۴۵]	میلیمتر ۱۶ - ۵۰/۸	میلیمتر ۲۵/۴	ژول ۲۶
	بر روی محور افقی جدول از نقطه۵۰/۸ میلیمترخطی به موازات محور عمودی جدول می کشیم تا منحنی تنش تسلیم (۳۵۰MPa) راقطع نماید (نقطه ۱ در نمودار UG-84.1M) چنانچه از این نقطه به موازات محور افقی خطی رسم کنیم این خط محور عمودی را در۲۶ ژول قطع میکند. بنا بر این مقدار انرژی جذب شده در تست ضربه باید حداقل ۲۶ ژول باشد.				
۲	SA-537 CLASS 2 کوینچ و تمپر شده	۶۰ [۴۱۵]	میلیمتر ۱۶ - ۵۰/۸	میلیمتر ۲۵/۴	ژول ۳۳
	بر روی محور افقی جدول از نقطه۵۰/۸ میلیمترخطی به موازات محور عمودی جدول می کشیم تا منحنی تنش تسلیم (۴۱۵MPa) را قطع نماید (نقطه ۲ در نمودار UG-84.1M) چنانچه از این نقطه به موازات محور افقی خطی رسم کنیم این خط محور عمودی را در۳۳ ژول قطع میکند. بنا بر این مقدار انرژی جذب شده در تست ضربه باید حداقل ۳۳ ژول باشد.				
۳	SA-537 CLASS 2 کوینچ و تمپر شده	۶۰ [۴۱۵]	میلیمتر ۱۶ - ۳۸	میلیمتر ۱۹	ژول ۲۷
	استفاده کننده از کد در مثال ۲ نتوانست به حداقل انرژی جذب شده یعنی ۳۳ ژول نائل آید . بنابراین حداکثر(ماکزیمم) ضخامت (Tb) در WPS را به ۳۸ میلیمتر کاهش مي دهيم و از نمونه اي با ضخامت ۱۹ میلیمتر PQR تهيه مي كنيم و با استفاده از نمودار UG-84.1M مقدار انرژي جذب شده در تست ضربه برابر با ۲۷ ژول بدست می آید. (نقطه ۳ در نمودارUG-84.1M)				
۴	SA-516 Gr.70	۳۸ [۲۶۰]	میلیمتر ۱۶ - ۲۵۴	میلیمتر ۱۹۰/۵	ژول ۲۴
	با استفاده از خط (۲۶۰MPa) در UG-84.1M برای ضخامت ۲۵۴ میلیمتر در WPS . حداقل انرژی جذب شده در تست ضربه باید ۲۴ ژول باشد (نقطه ۴ در نمودارUG-84.1M)				
۵	SA-516 Gr.70	۳۸ [۲۶۰]	میلیمتر ۱۶ - ۶۰	میلیمتر ۳۰	ژول ۲۰
	استفاده کننده از کد در مثال ۴ موفق به جذب حداقل انرژی ۲۴ ژول نشد، بنابراین حد اکثر (ماکزیمم) ضخامت در WPS را به ۶۰ میلیمتر کاهش داده و از نمونه ای با ضخامت ۳۰ میلیمتر تست PQR انجام می شود. حداقل انرژی جذب شده برای این فولاد تا ضخامت ۶۰ میلیمتر مطابق نمودار (UG-84.1M برابر با ۲۰ ژول خواهد بود (نقطه ۵ روی نمودار UG-84.1M				

*- تست ضربه در متریالهای آستنیتی UHA-51

***- پاراگراف UHA-51 (IMPACT TESTS) : تستهای ضربه

تستهای ضربه، همانطور که در (a) شرح داده شده است، باید بر روی متریالهایی که در جدول UHA-23 لیست شده اند، برای تمامی ترکیبی از متریالها و حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) بجز معافیت هایی که در پاراگراف های UHA-51(d), (e), (f), (g), (h), or (i) ذکر شده اند، تست ضربه انجام شود.

(a) – تست ضربه برای متریال *Base Metal* ، منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش *HAZ* و از فلز جوش *Weld Metal* نیاز است.

(1)- برای تست ضربه می بایست ست های سه تایی تهیه شود. هر ست (Set) شامل سه قطعه است که در مجموع ۹ قطعه می شوند. ۳ قطعه از فلز پایه (*Base Metal*) و ۳ قطعه از فلز جوش (*Weld Metal*) و ۳ قطعه از منطقه *HAZ*

UHA-51 IMPACT TESTS

Impact tests, as prescribed in (a), shall be performed on materials listed in Table UHA-23 for all combinations of materials and minimum design metal temperatures (MDMTs) except as exempted in (d), (e), (f), (g), (h), or (i). Impact testing is required for UNS S17400 materials. Impact tests are not required where the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch less than 0.099 in. (2.5 mm).

(a) Required Impact Testing of Base Metal, Heat-Affected Zones, and Weld Metal

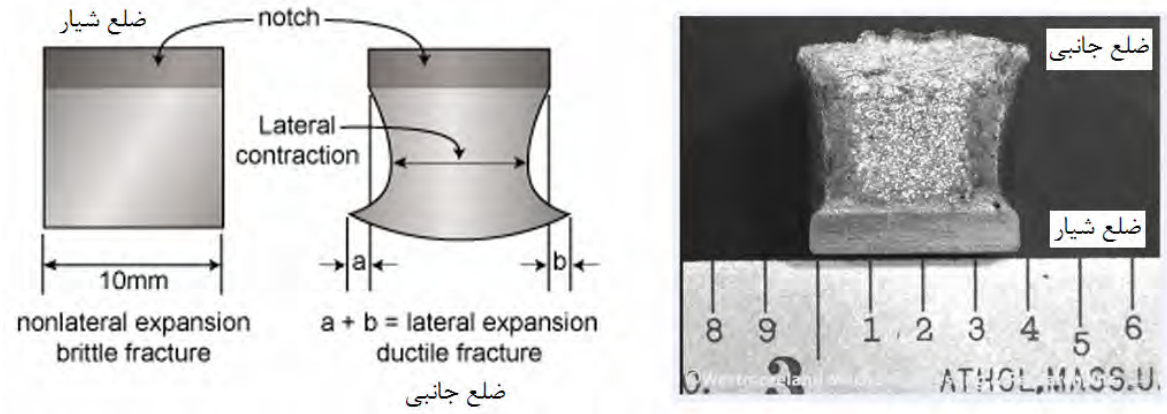
(1) Impact test shall be made from sets of three specimens. A set shall be tested from the base metal, a set shall be tested from the heat affected zone (HAZ), and a set shall be tested from the weld metal. Specimens shall be subjected to the same thermal treatments [79] as the part or vessel that the specimens represent. Test procedures, size, location, and orientation of the specimens shall be the same as required in UG-84.

79 Thermal treatments of materials are not intended to include warming to temperatures not exceeding 600°F (315°C), thermal cutting, or welding.

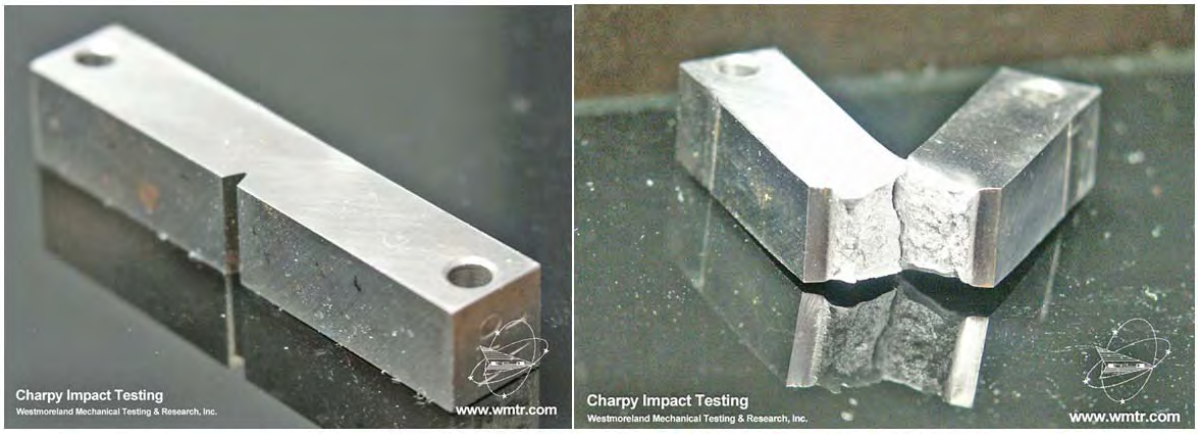
شکل ۵۶۲ : تست ضربه ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-Para. UHA-51 (a) (1)

(2)- هنگامی که دمای MDMT ۳۲۰- درجه فارنهایت (۱۹۶- درجه سانتیگراد) و گرمتر باشد ، تست ضربه باید در دمای MDMT یا سردتر باید انجام شود و الزامات زیر باید برآورده شود:

(a-) هر یک از سه نمونه تست شده در هر مجموعه (set مجموعه سه تایی) باید دارای یک ضلع جانبی در مقابل ضلع شیار باشد که ابعاد آن برای دمای MDMT ۳۲۰- درجه فارنهایت (۱۹۶- درجه سانتیگراد) و گرمتر کمتر از ۰/۰۱۵ اینچ (۰/۳۸ میلیمتر) نباشد. توضیح: در جمله بالا؛ ضلع جانبی در مقابل ضلع شیار به چه منظور است؟ منظور قسمت شیار یا Notch و قسمت کشیده شده یا Lateral expansion در تست ضربه است.



شکل ۵۶۳ : قسمت شیار یا Notch و قسمت کشیده شده یا Lateral expansion در تست ضربه



شکل ۵۶۴ : قطعه‌ی تست ضربه قبل و بعد از ضربه

در ارزیابی نتیجه تست ضربه فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژ؛ ملاک مقدار انرژی جذب شده برحسب ژول است در صورتیکه در متریالهای فولادهای زنگ نزن آستنیتی ملاک مقدار انبساط جانبی قطعه‌ی تست ضربه است که نباید از ۰/۳۸ میلیمتر کمتر باشد.

طریقه محاسبه مقدار انبساط جانبی در تست ضربه:

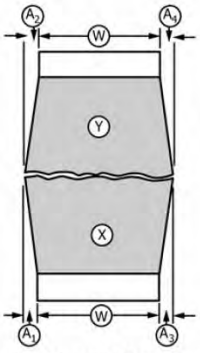


FIG. 6 Halves of Broken Charpy V-Notch Impact Specimen Illustrating the Measurement of Lateral Expansion, Dimensions A_1, A_2, A_3, A_4 and Original Width, Dimension W

E23 – 16b

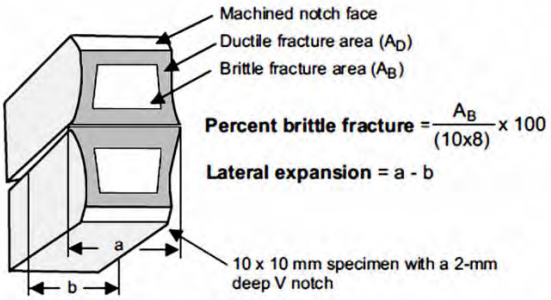


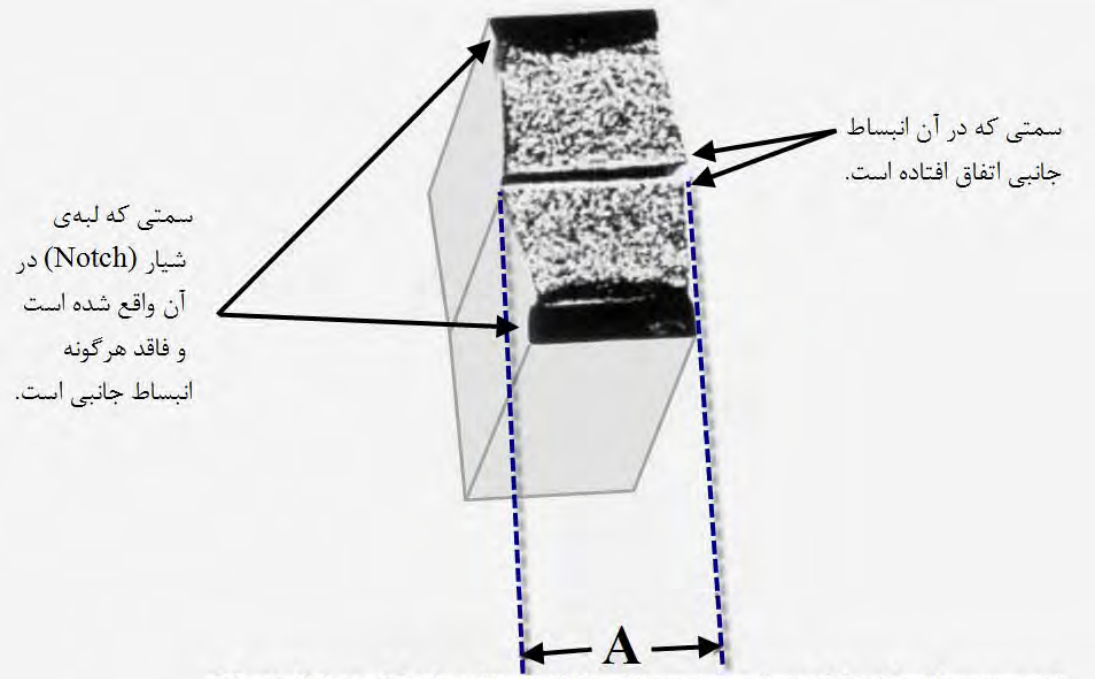
Figure 2: Schematic fracture appearance of a Charpy impact test specimen after breakage and definition of percent brittle fracture and lateral expansion.
https://www.kobelco-welding.jp/education-center/abc/ABC_2008-04.html

شکل ۵۶۵ : طریقه محاسبه میزان Lateral expansion

- مقدار انبساط جانبی در استاندارد ASTM-E23-2016b مطابق شکل فوق برابر است با $W+A_1+A_3$
- مقدار انبساط جانبی در مدرک شرکت Kobelco ژاپن مطابق شکل فوق برابر است با a-b

البته باید توجه داشت که میزان کش آمدگی یا همان Lateral expansion را می توان بوسیله گیج (Guage) اندازه گیری کرد مطابق شکل زیر:

شکل ۵۶۶ : طریقه بدست آوردن میزان Lateral expansion با استفاده از Lateral Expansion Gauge



شکل ۵۶۷ : طریقه محاسبه میزان Lateral expansion در استاندارد ASTM A370-2019

- نمونه ایی از نتایج مقدار Lateral expansion مربوط به تست ضربه در مدرک PQR
- متریال مورد تست، استنلس استیل با P-No. 8
- دمای تست ضربه -190 ºC
- حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه برابر یا بیشتر از 0.38 mm باشد.

جدول- ۲۳۶: نمونه ایی از نتایج مقدار Lateral expansion مربوط به تست ضربه در مدرک PQR

TOUGHNESS / IMPACT TESTS (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion (mm)			Average (mm)	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
W1, 2, 3	WM	55*5*10	-190	0.41	0.45	0.43	0.43					ACC
H1, 2, 3	HAZ	55*5*10	-190	0.55	0.49	0.58	0.54					ACC
B1, 2, 3	BM	55*5*10	-190	0.29	0.44	0.54	0.42					Rej

توضیح در باره مثال فوق: میزان قابل قبول انبساط جانبی مطابق زیر:

Lateral expansion in (Temp. ≥ -196ºC→≥ 0.38mm) and (Temp. < -196ºC→≥ 0.53mm)

الف) در سه قطعه‌ی *B1, 2, 3* چونکه حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه بیشتر از 0.38 mm می باشد. اما یکی از این قطعات از مقدار 0.38 mm کمتر ولی طبق استاندارد UHA-51(a) (2) (-b) از مقدار 0.25 mm بیشتر است، بنابراین می توان برای این تست مردود شناخته شده است، سه نمونه اضافی تست مجدد انجام داد.

(-b) هنگامی که MDMT برابر با ۳۲۰- درجه فارنهایت (۱۹۶- درجه سانتیگراد) و گرمتر است ، و میزان انبساط جانبی برای یک نمونه از یک مجموعه (set مجموعه سه تایی) کمتر از ۰/۰۱۵ اینچ (۰/۳۸ میلیمتر) اما کمتر از ۰/۰۱۰ اینچ (۰/۲۵ میلی متر) نباشد ممکن است یک آزمایش مجدد از سه نمونه اضافی انجام شود که هر یک از آنها باید برابر یا بیشتر از مقدار میانگین ۰/۰۱۵ اینچ (۰/۳۸ میلیمتر) باشد. چنین امتحان مجدد فقط در صورتی مجاز می باشد که میانگین ارزش هر سه نمونه برابر یا بیشتر از مقدار میانگین ۰/۰۱۵ اینچ (۰/۳۸ میلیمتر) باشد. اگر مقادیر مورد نیاز در آزمایش به دست نیامده یا مقادیر آزمون اولیه کمتر از حداقل مورد نیاز برای آزمایش مجدد باشد ، ممکن است متریال دوباره تحت

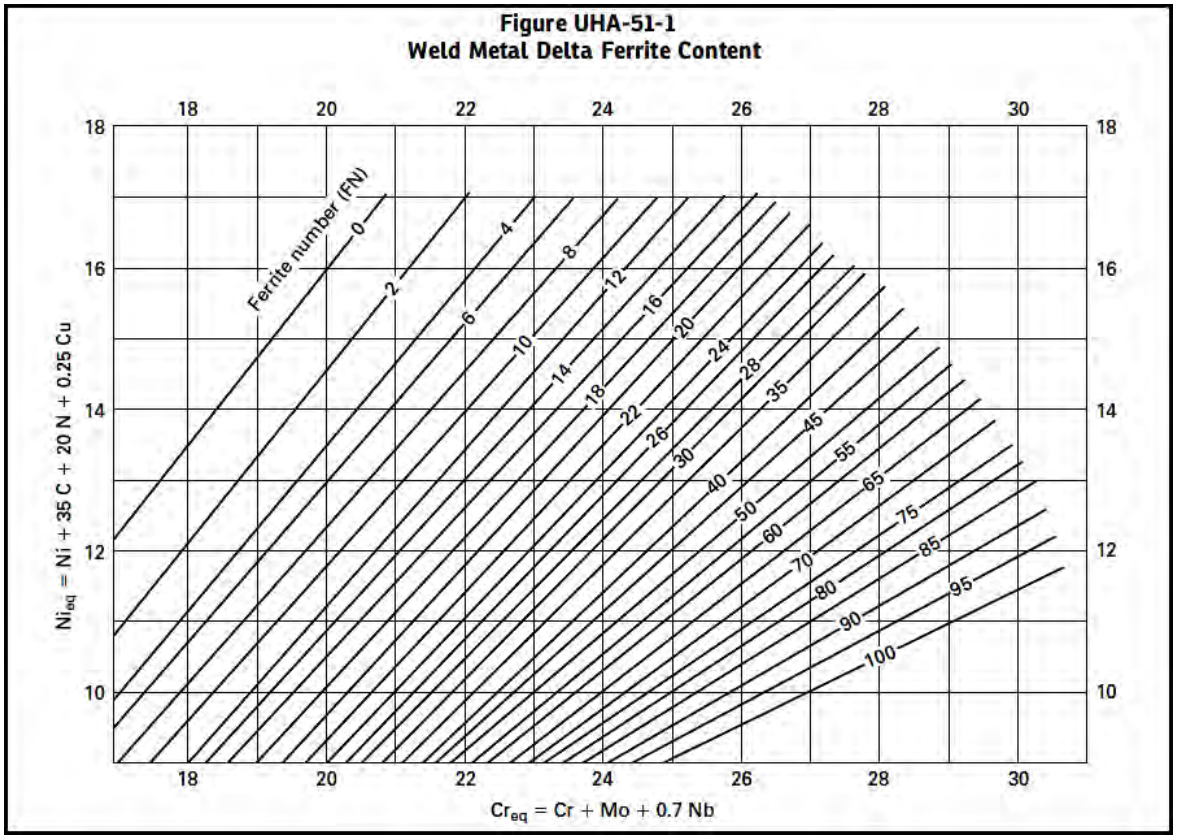
عملیات حرارتی قرار گیرد. بعد از عملیات حرارتی مجدد ، مجموعه های جدید (set مجموعه سه تایی) از نمونه ها ساخته شود و مورد آزمایش مجدد قرار گیرند. تمام نمونه ها باید مقدار انبساط جانبی ۰/۰۱۵ اینچ (۰/۳۸ میلیمتر) در حداقل را داشته باشند.

(3)- هنگامی که MDMT از ۳۲۰- درجه فارنهایت (۱۹۶- درجه سانتیگراد) سردتر باشد ، فرآیندهای جوشکاری تولید باید به جوشکاری های (SMAW)، (GMAW)، (SAW)، (PAW) و (GTAW) محدود شود. هر پاتیل مذاب (Heat) ، دسته (Lot) یا دسته ای (Batch) از فلزات پرکننده و ترکیبی از فلزات پرکننده و فلاکس باید قبل از استفاده مطابق (a -) (4) (f) تا (c -) (4) (f) مورد آزمایش قرار گیرند. معافیت آزمایشات قبل از استفاده طبق (e -) (4) (f) و (f) (d -) (4) مجاز نیست.

تست چقرمگی شیاری (Notch toughness testing) باید مطابق آنچه در (a-) یا (b-) که در زیر مشخص شده است، متناسب با آنها انجام شود.

(a-) در صورت استفاده از فلز جوش نوع 316L یا فلز پرکننده Type 308L که با فرآیند GTAW یا GMAW جوش داده شده است.

(1-) فلز رسوب شده‌ی جوش از هر پاتیل مذاب (Heat) فلز پرکننده نوع 316L دارای یک عدد فریت (FN) بزرگتر از ۱۰ نباشد و فلز رسوب شده‌ی جوش از هر پاتیل مذاب (Heat) فلز پرکننده نوع 308L باید دارای یک عدد فریت (FN)در محدوده‌ی ۴ تا ۱۴ باشد، آنچه توسط فریتسکوپ (ferritescope) یا گیج ماگنای تنظیم شده؛ مطابق با AWS A4.2 اندازه گیری شده باشد، یا با استفاده از تست ترکیب شیمیایی جوش مطابق با شکل UHA-51-1 تعیین می شود.



شکل ۵۶۸ : نمودار UHA-51-1 که مربوط می شود به فلز جوش حاوی دلتا فریت

*- یادداشتهای عمومی مربوط به نمودار UHA-51-1

(a) – محتوای واقعی نیتروژن (ازت) ترجیح داده می شود. اگر این در دسترس نباشد ، از مقدار نیتروژن قابل استفاده زیر باید استفاده می شود:

(1)- برای فرآیند جوشکاری (GMAW) ۰/۰۸ درصد؛ به جزء وقتی که از الکترودهای FCAW خود محافظ استفاده شود این مقدار ۰/۱۲ درصد می باشد.

(2)- جوشهای انجام شده با فرآیندهای دیگر این میزان ۰/۰۶ درصد می باشد.

(b) – این نمودار با نمودار 1992 - WRC یکسان است ، با این تفاوت که خطوط حالت جامد سازی برای سهولت استفاده برداشته شده است.

(-2) تست ضربه باید در دمای ۳۲۰- درجه فارنهایت (۱۹۶- درجه سانتیگراد) در سه مجموعه (سه تایی) از سه نمونه انجام شود: یک مجموعه (set مجموعه سه تایی) از فلز پایه ، یک مجموعه (set مجموعه سه تایی) از فلز جوش ، و دیگری مجموعه (set مجموعه سه تایی) از منطقه‌ی متأثر از حرارت جوش (HAZ)

(-3) هر یک از سه نمونه از هر مجموعه (set مجموعه سه تایی) تست باید دارای انبساط جانبی در مقابل شیار حداقل از ۰/۰۲۱ اینچ باشد (۰/۵۳ میلی متر).

UHA-51 IMPACT TESTS

(b) Required Impact Testing for Welding Procedure Qualifications. For welded construction, the Welding Procedure Qualification shall include impact tests of welds in accordance with UG-84(h) and with the requirements of (a), when any of the components[80] of the welded joint are required to be impact tested by the rules of this Division.

80 Either base metal or weld metal.

شکل ۵۶۹ : پاراگراف (b) ASME Sec. VIII-Div. 1-2019-UHA-51

(b) – ارزیابی صلاحیت روش جوشکاری که تست ضربه لازم داشته باشد. برای ساخت و سازهای جوش داده شده ، صلاحیت روش جوشکاری باید شامل تست ضربه جوش مطابق با UG-84 (h) و با الزامات (a) باشد ، درصورتی که هر یک از اجزای اتصالات جوش داده شده مورد نیاز باشد باید بوسیله قوانین این بخش تست ضربه انجام شود.

یادداشت [80] هر کدام که باشد چه فلز مبنا باشد و یا فلز جوش

*- معافیتهای تست ضربه در مخازن تحت فشار کدامند؟

در برخی مواقع انجام تست ضربه الزامی نمی باشد. مطابق پاراگرافهای UHA-51(d), (e), (f), or (g) برای فلز پایه (Base Metal) و منطقه HAZ و یا فلز جوش (Weld Metal) و همچنین برای مخازنی که بدنه آنها، تحت نام Production نیاز به تست ضربه داشته باشند. همچنین وقتی مخزن در شرایط سرویس تحت تنش کم (Low Stress) باشد معافیتهایی وجود دارد که در زیر توضیح داده شده است.

*- پاراگراف UHA-51 (d) (*Exemptions from Impact Testing for Base Metals and HAZs.*) :

معافیتهای تست ضربه برای فلز پایه و مناطق HAZ

برای متریالهایی که در جدول UHA-23 قید شده است، تست ضربه برای فلز پایه (Base Metal) الزامی نمی باشد یا همچنین برای ترکیبی از فلز پایه و منطقه HAZ (البته چنانچه جوشکاری داشته باشند) و حداقل دمای طراحی (MDMT's) که به شرح زیر باشد؛ تست ضربه الزامی نمی باشد بجزء اصلاحاتی که در پاراگراف UHA-51(c) قید شده.

(1)- برای فولادهای زنگ نزن" آستنیتی کُروم- نیکلی " مطابق زیر:

(a-) وقتی کربن آنها از 0.10% بیشتر نباشد تا حداقل دمای طراحی فلز (MDMT's) در دمای (-196°C) و گرمتر نیاز به تست ضربه ندارند.

(b-) چنانچه درصد کربن این متریالها از 0.10% بیشتر باشد و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -55°F (-48°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(c-) ریخته گری هایی (Castings) که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای (-29°C) -20°F و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(2)- برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی " کُروم – منگنز – نیکل " سری200 مطابق زیر:

(a-) وقتی کربن آنها در حداقل دمای طراحی فلز (MDMT's) در دمای (-196ºC) -320ºF و گرمتر از 0.10% بیشتر نباشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(b-) چنانچه درصد کربن این متریالها از 0.10% بیشتر باشد و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای -55°F (-48°C) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(c-) ریخته گری هایی (Castings) که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها در دمای (-29ºC) -20ºF و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(3)- متریالهای مشروحه زیر در هر شکل ساخت که حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها (-29ºC) -20ºF و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(a-) فولادهای فریتی - آستنیتی (Duplex) که ضخامت اسمی آنها 10 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(b-) فولادهای زنگ نزن کُروم - فریتی که ضخامت اسمی آنها 3.2 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(c-) فولادهای زنگ نزن کُروم - مارتنزیتی که ضخامت اسمی آنها 6 mm و کمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

کربن شامل (Carbon content)، در پاراگرافهای (1) و (2) بالا استفاده شده باید بوسیله‌ی خریدار مشخص شود البته نباید از مقدار مشخص شده در مشخصات فنی متریال بیشتر باشد.

*- پاراگراف UHA-51(e) (*Exemptions from Impact Testing for Welding Procedure Qualifications*) : معافیت ازانجام تست ضربه برای ارزیابی های کیفی دستورالعمل جوشکاری :

در PQR تست ضربه برای ترکیبی از فلز جوش(Weld Metal) و حداقل دمای طراحی (MDMT's) که در زیر قید شده اند الزامی نمی باشد به استثناء اصلاحیه ای که در پاراگراف UHA-51(c) ذکر شده است.

(1)- برای فولادهای زنگ نزن آستنیتی کُروم – نیکلی که درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% نباشد و بدون بکار بردن فیلر متال جوشکاری شده باشند در حداقل دمای طراحی (-104ºC) -155ºF و گرمتر نیاز به تست ضربه ندارند.

(2)- برای فلز جوش (Weld Metal) آستنیتی که مطابق شرایط زیر باشد تست ضربه الزامی نمی باشد.

(a-) مقدار درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% باشد و بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA5.4, SFA5.9, SFA5.11 SFA5.14 SFA5.22 جوشکاری شده باشند و حداقل دمای طراحی (MDMT's) آنها (-104ºC) و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(b-) مقدار درصد کربن آنها بیشتر از 0.10% باشد و بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA5.4, SFA5.9, SFA5.11 SFA5.14 جوشکاری شده باشد و حداقل دمای طراحی آن (-48ºC) -55ºF و گرمتر باشد نیاز به تست ضربه ندارند.

(3)- وقتی که فلز پایه (Base Metal) با آنالیز شیمیایی فلز جوش یکسان باشد مطابق UHA-51(d)(3) از تست ضربه معاف می گردد، فلز جوش (Weld Metal) حاصل شده از آن نیز به شرح زیر در (MDMT's) حداقل دمای طراحی - 20ºF (-29ºC) و گرمتر از تست ضربه معاف می باشد.

(a-) فولادهای آستنیتی - فریتی (Duplex)

(b-) فولادهای زنگ نزن کُروم – فریتی

(c-) فولادهای زنگ نزن کُروم – مارتنزیتی

کربن شامل (Carbon content)، در پاراگراف (2) بالا برای فلز جوش تولید شده با افزودن فیلر متال است.

*- پاراگراف UHA-51(f) – تست ضربه برای متریال مصرف شونده (الکترود ،راد، فیلر) فولادهای زنگ نزن آستنیتی با حداقل دمای طراحی (MDMT's) کمتر از (منظور سردتر از) [(-104ºF (-155ºF] الزامی است. برای تمامی جوشهای تولید شده در حداقل دمای طراحی (MDMT's) کمتر از (-104ºF (-155ºF- تمام شرایط زیر باید رضایت بخش باشند:

(1)- فرآیندهای عملیات جوشکاری باید محدود به SMAW, SAW, GTAW,GMAW & PAW باشد.

(2)- وقتیکه WPS های قابل کاربردی بوسیله PQR هایی تأیید می شوند که تست ضربه آنها مطابق با الزامات پاراگراف UHA-51(a) انجام شده باشند یا وقتی PQR های قابل کاربردی بوسیله سایر شرایط این قسمت (Division) ، از تست ضربه معاف شده باشد.

(3)- وقتیکه مقدار کربن فلز جوش (خواه بوسیله افزودن فیلر متال و خواه بدون فیلر متال تولید شده باشد.) بیشتر از 0.10% نباشد.

(4)- فلز جوش (Weld Metal) هایی که بوسیله فیلر متالهایی همچون SFA5.4 SFA5.9, SFA5.11, SFA5.14 و SFA5.22 تولید شده باشند مطابق با اصلاحات زیر:

(a-) اگر هر بسته تولیدی (Lot) الکترود یا هر شماره ذوب (Heat) الکترود یا فیلر مصرفی (Consumable) مورد استفاده در فرآیند های SMAW, GMAW قبل از شروع عملیات جوشکاری در حداقل دمای طراحی (MDMTs) یا پایین تر از آن مورد تست ضربه قرار گرفته باشند نیاز به تست ضربه (Production) ندارند. تست کوپنها (قطعات تست) باید مطابق با استاندارد ASME Sec II C- SFA5.4 Para.-A9.3.5 تهیه شوند. معیار پذیرش آنها باید مطابق با پاراگراف UHA-51(a) باشد.

(b-) هر شماره ذوب از فیلر متال و هر بسته (batch) از فلاکس که بوسیله فرآیند SAW مورد استفاده قرار میگیرد باید قبل از استفاده در Production درحداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا سردتر از آن مورد تست ضربه قرار گیرد. نمونه های تست باید مطابق ASME Sec II C- SFA5.4 Para.-A9.3.5 تهیه شوند. معیار پذیرش آنها باید مطابق با پاراگراف UHA-51(a) باشد.

(c-) بکار بردن ترکیبی بیش از یک فرآیند یا بیش از یک شماره ذوب یا Lot یا بسته (batch) از متریال جوشکاری در یک تست کوپن (قطعه تست) مورد قبول نمی باشد. تست قبل از استفاده مطابق با الزامات پاراگراف UHA-51(a) ممکن است بوسیله تولید کنندهٔ مواد مصرفی جوشکاری انجام شود مشروط بر اینکه گزارشهای تستهای کارخانه ای معتبر همراه مواد مصرفی جوشکاری موجود باشد.

(d-) فلزات پرکننده (فیلر متالهای) زیر ممکن است بدون انجام تست قبل از استفاده از هر شماره ذوب یا Lot یا بسته (batch) مورد استفاده قرار بگیرند مشروط بر اینکه در تست ضربهٔ انجام شده مطابق UG-84(h) و در حداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا کمتر از آن، از همان نوع فلز پرکننده کارخانه سازنده استفاده شده باشد.

ENiCrFe-2, ENiCrFe-3, ENiCrMo-3, ENiCrMo-4, ENiCrMo-6, ERNiCr-3, ERNiCrMo-3, ERNiCrMo-4 → SFA 5.4 E310-15 ~ 16

(e-) فلزات پرکننده (فیلر متالهای) زیر ممکن است بدون انجام تست قبل از استفاده از هر شماره ذوب یا بسته (batch) مورد استفاده قرار بگیرند مشروط بر اینکه در تست ضربهٔ انجام شده مطابق UG-84(h) و در حداقل دمای طراحی (MDMTs) و یا کمتر از آن انجام شوند. فیلر متالهای مذکور شامل ER308L, ER316L و فیلر ER310 هستند که با فرآیند های GTAW و یا PAW بکار رفته باشند.

*- پاراگراف UHA-51(g) – معافیت از تست ضربه بعلت تنش پایین (Low Stress) :

تست ضربه برای متریالهای موجود در جدول UHA-23 مورد نیاز نمی باشد مگر مطابق با پاراگراف UHA-51(c) ، در مخازن تحت فشار نسبت تنش طراحی در حالت کشش به تنش کششی مجاز کمتر از 0.35 باشد. این معافیت همچنین در مورد روشهای جوشکاری و جوشهای Production نیز اعمال میگردد.

*- پاراگراف UHA-51(h) – تستهای ضربه (*Production*) مخازن

(1)- چنانچه آزمایش ضربه برای تأیید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (WPQ) ضروری باشد، تست ضربه (*Production*) بایستی مطابق الزامات UG-84(i) بر روی قطعه ایی از مخازن در حال ساخت از متریال استنلس استیل دوفازی duplex ، استنلس استیل فریتی و استنلس استیل مارتنزیتی انجام گیرد مگر اینکه بوسیله‌ی قوانین و شرایط این بخش معاف شده باشد.

(2)- مطابق با الزامات UG-84(i) انجام تست ضربه (*Production*) بر روی قطعه ایی از مخزن در حال ساخت از متریال استنلس استیل آستنیتی ضروری می باشد مگر اینکه مطابق شرایط (a-) و (b-) که در زیر ذکر شده اند معاف شده باشد.

(a-) تست ضربه (*Production*) برای مخازن ساخته شده که حداقل دمای طراحی فلز (MDMTs) آنها (-104 ºC) و گرمتر باشد معاف شده است بشرطی که الزامات مربوط به معافیت از تست ضربه برای تأیید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری (WPQ: Weld Procedure Qualification) که در پاراگراف (e) ذکر شده است رعایت گردند.

(b-) تست ضربه (*Production*) برای مخازن ساخته شده که حداقل دمای طراحی فلز(MDMTs) آنها (-104 ºC) و سردتر باشد بشرط اینکه سردتر از (-196 ºC) نباشد معاف شده است بشرطی که الزامات ذکر شده در پاراگراف (f) بدقت رعایت شده باشد.

(c-) در حداقل دمای طراحی فلز(MDMTs) سردتر از (-196 ºC) ، تست ضربه (*Production*) برای مخازن ساخته شده یا تست های شکست بر اساس استاندارد ASTM E1820 J_{IC} بایستی مطابق الزامات (3)(a) انجام شوند.

*- پاراگراف UHA-51(i) – تست ضربه اتصالات جوشکاری شده فولادهای زنگ نزن آستنیتی بدون استفاده از فیلر متال (*Autogenous Welds*) : برای جوشهای انجام شده در مخازن فولادی زنگ نزن آستنیتی، وقتیکه هر دو شرط ذیل فراهم باشد تست ضربه نیاز نمی باشد:

(1)- متریال بعد از جوشکاری به روش Solution آنیل شده باشد.

(2)- MDMT سردتر از (-196ºC) -320ºF نباشد.

■- تست ضربه در Piping مطابق ASME B31.3-2018

شکل- ۵۷۰ : نمایی از Piping در پالایشگاه

متریال هایی که بر اساس دمای سرویس نیاز به انجام تست ضربه دارند بطور مفصل در Chapter III Materials در استاندارد ASME B31.3 توضیح داده شده است.

***- پاراگراف 323 – الزامات عمومی

*- پاراگراف 323.2.2 (Lower Temperature Limits, Listed Materials) :

Chapter III Materials

323 GENERAL REQUIREMENTS

323.2.2 Lower Temperature Limits, Listed Materials. Listed materials shall be tested as described in Table 323.2.2 except as exempted by (d) through (j). See Appendix F, para. F323.2.2.

(a) The allowable stress or component rating at any temperature colder than the minimum shown in Table A-1, Table A-1M, or Figure 323.2.2A shall not exceed the stress value or rating at the minimum temperature in Table A-1, Table A-1M, or the component standard.

(b) The stress ratio is used in Figure 323.2.2B to determine the allowable reduction in the impact test exemption temperature. The stress ratio is defined as the maximum of the following:

(1) circumferential pressure stress for the condition under consideration (based on minimum pipe wall thickness less allowances) divided by the basic allowable stress at the condition under consideration.

(2) for piping components with pressure ratings, the pressure for the condition under consideration divided by the pressure rating at the condition under consideration.

(3) combined stress due to pressure, dead loads, live loads, and displacement strain for the condition under consideration divided by the basic allowable stress at the condition under consideration. In calculating this combined stress, the forces and moments in the piping system for these combined sustained loads and displacement strains shall be calculated using nominal dimensions, and the stresses shall be calculated using eqs. (23a) through (23d) with all of the stress indices taken as 1.0 ($I_a = I_i\ I_o = I_t = 1.0$) and using section properties based on the nominal dimensions less corrosion, erosion, and mechanical allowances. Also see Appendix F, para. F323.2.2.

شکل ۵۷۱ : پاراگراف 323.2.2 از استاندارد ASME B31.3-2018

محدوده دماهای پایین تر، متریال های لیست شده. متریالهای لیست شده باید همانطور که در جدول 323.2.2 شرح داده شده تست شوند. به استثناء مواردیکه توسط آیتم های (d) تا (j) معاف شده باشند.

. به Appendix F پاراگراف F323.2.2 نگاه کنید.

(a) – تنش مجاز یا Rating اجزاء تشکیل دهنده‌ی (Component) در هر درجه حرارتی سردتر (کمتر) از درجه حرارت نشان داده شده در جدول A-1 و جدول A-1M یا شکل Figure 323.2.2A نباید از مقدار تنش مجاز یا Rating اجزاء تشکیل دهنده‌ی (Component) مربوط به حداقل درجه حرارت مندرج در جدول A-1 و جدول A-1M یا استاندارد اجزاء تشکیل دهنده‌ی (Component) تجاوز نماید.

(b) – برای تعیین مقدار کاهش مجاز درجه حرارت معافیت تست ضربه باید، در شکل Figure 323.2.2B از عبارت Stress ratio (نسبت تنش) استفاده شده است. نسبت تنش (Stress ratio) به مثابه (ماکزیمم) موارد زیر شده است.

(1)- تنش فشار محیطی برای شرایط مورد نظر (بر اساس حداقل ضخامت دیواره لوله کمتر از آنچه اجازه داده شده) تقسیم بر تنش اجازه داده شده‌ی اساسی در شرایط تحت ملاحظه.

(2)- برای اجزاء تشکیل دهنده‌ی پایپینگ که دارای Pressure ratings هستند فشار در شرایط مورد ملاحظه تقسیم بر Pressure ratings در شرایط تحت ملاحظه.

(3)- تنش ترکیبی ناشی از فشار، بارهای مرده، بارهای زنده و نیروی جابجایی، در شرایط تحت ملاحظه بر تنش مجاز اساسی در شرایط تحت ملاحظه تقسیم می شود. در محاسبه این تنش ترکیبی ، نیروها و گشتاورهای موجود در سیستم لوله کشی برای این بارهای متحمل شده و نیروهای جابجایی، با بکار بردن اندازه های اسمی و تنش ها با بکار بردن معادلات (23a) تا (23d) با فرض کردن تمام شاخص های تنش داده شده برابر با ($Ia = Ii\ Io = It = 1.0$) 1.0 و با بکار بردن خواص مقطع (Section properties) براساس ابعاد اسمی که آنچه از نظر خوردگی، سایش و مکانیکی مجاز شناخته شده است از آن کم شده محاسبه گردد. همچنین به پاراگراف F323.2.2 از Appendix F نگاه کنید.

(c) – کاهش حداقل درجه حرارت معافیت تست ضربه تنها زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که همه‌ی موارد زیر بکار برده شود:

(1)- پایپینگ در سرویسهای سیالات درجه حرارت بالا (Elevated Temp. Fluid Service) باشد.

(2)- تنش های موضعی حاصل از بارهای ناگهانی (shock loading)، خمش های حرارتی (Thermal bowing)، (بدلیل ازدیاد طول لوله) و اختلاف میزان انبساط بین فلزات غیر همجنس،(ناشی از حرارت) (برای مثال جوشکاری فولادهای آستنیتی به فولادهای فریتی) کمتر از 10% درصد تنش های مجاز اساسی در شرایط تحت ملاحظه باشد.

(3)- پایپینگ در برابر بارهای تعمیرات و نگهداری محافظت شده باشد. بطور مثال برای یک ولو با قطر کم از یک (valve wheel wrench) (ولوهایی که برای باز و بسته کردن دارای دسته یا فرمانی هستند) استفاده شود.

شکل ۵۷۲ : نمونه هایی از ولوهایی که برای باز و بسته کردن دارای دسته یا فرمانی هستند

(d) – اگر حداقل درجه طراحی گرمتر یا برابر درجه حرارت لیست شده در ستون حداقل درجه حرارت جدول A-1 یا جدول A-1M باشد، تست ضربه‌ی فلز مبنا نیاز نمی باشد به استثناء مواردیکه در جدول 323.2.2 Box A-4(a) برای فولادهای ضد زنگ آستنیتی آورده شده است. در بعضی حالات لازم است یا تست ضربه شوند یا آنطور که در جدول 323.2.2 Box (6) آورده شده تست شوند. حتی زمانیکه لازم نیست فلز مبنا تست شود. برای فولادها به (f) یا برای سایر متریال به جدول 323.2.2 Box A-6(b) نگاه کنید.

(e) – برای فولادهای کربنی که در ستون حداقل درجه حرارت آنها (.Min. Temp) در جداول A-1 یا A-1M حرفی تخصیص یافته، حداقل درجه حرارت توسط منحنی ها و یادداشتها شکل 323.2.2 A تعیین می شوند. اگر محل تقاطع خط حداقل درجه حرارت طراحی و ضخامت بر روی یا بالای منحنی قرار گرفت الزامات معافیت تست ضربه شرح داده شده در (d) بکار برده می شود.

(f) – برای متریالهای فولادی، اگر لازم است فلز مبنا تست ضربه شود و یا اگر حداقل درجه حرارت طراحی سردتر (کمتر) از(20°F−) 29 ºC- باشد جوشها منجمله جوشهای انجام شده در تولید لوله های درز دار یا سه راهی هایی (Tees) که توسط جوشکاری ساخته شده اند باید تست ضربه شوند به استثناء جوشهایی که در تولید لوله های فولادی ضد زنگ آستنیتی که مقدار کربن آنها از 0.10% درصد تجاوز نمی نمایند و در شرایط Solution heat treated تهیه شده اند یا دارای شروط مندرج در جدول 323.2.2 Box A-3(b) و A-4(b) باشند. برای تست ضربه جوشهای Production به جدول Table 323.2.2, Note (2) نگاه کنید.

*- یادداشتهای مربوط به جدول Table 323.2.2

(1)- فولادهای کربنی زیر مشمول محدودیتهای مندرج در Box B-2 می شوند. جوشهای لب به لب ورقهای مطابق ASTM A36, A283, and A1011 و لوله ها مطابق ASTM A134 که از این ورقها ساخته شده اند، فولادهای ساختمانی شده داده شده مطابق با ASTM A992 و لوله های مطابق ASTM A53 Type F و API 5L-A25

(2)- تستهای ضربه که مطابق با الزامات جدول 323.3.1 به عنوان بخشی از صلاحیت ارزیابی روش جوشکاری (PQR) انجام می شود ، همه الزامات پاراگراف 323.2.2 را برآورده می کند ، و لازم نیست برای جوشهای Production تکرار شود.

(3)- به پاراگرافهای .Paras 323.2.2(g) تا (i) نگاه کنید.

(4)- زمانیکه حداکثر پهنای قابل دستیابی نمونه تست چارپی در امتداد شیار کمتر از (.0.098 in) 2.5 mm باشد، تست ضربه نیاز نمی باشد. در چنین شرایطی و در جاییکه نسبت تنش Stress ratio تعریف شده در پاراگراف 323.2.2(b) بزرگتر از 0.3 است حداقل درجه طراحی نباید سردتر از زیر (55°F−) 48°C− یا حداقل درجه حرارت ذکر شده برای متریال در جداول A-1 یا A-1M باشد. همچنین به پاراگراف 323.2.2(g) نگاه کنید.

(5)- زمانیکه حداکثر پهنای قابل دستیابی نمونه تست چارپی در امتداد شیار کمتر از (.0.098 in) 2.5 mm باشد،

(6)- برای فولادهای ضد زنگ آستنیتی اگر حداقل درجه طراحی بیشتر یا معادل (155°F−) 104°C− باشد، و نسبت تنش Stress ratio آنچنان که در پاراگراف 323.2.2(b) تعریف شده است، 0.3 یا کمتر باشد، تست ضربه نیاز نمی باشد، همچنین به پاراگراف 323.2.2(g) نگاه کنید.

(7)- تستها ممکن است شامل تستهای ازدیاد طول کششی tensile elongation ، استحکام کششی با شیار تیز sharp-notch tensile strength ، (که باید با تست کششی فاقد شیار مقایسه گردد) یا سایر تستها باشد که در حداقل درجه حرارت طراحی یا کمتر از آن انجام می شود. همچنین به پاراگراف 323.3.4 نگاه کنید.

*- جدول 323.2.2 الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات

جدول- ۲۳۷: جدول 323.2.2 الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات

متریال لیست شده		**الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات** **این الزامات تست های چقرمگی علاوه بر تست ها ئی می باشد که توسط مشخصات متریال الزامی می باشند**					**Table 323.2.2**
	ردیف	**نوع متریال**	**ستون A** حداقل درجه حرارت طراحی در، یا بالا تر از حداقل درجه حرارت مندرج در جدول های (A-۱ or A-۱M) یا شکل (۳۲۳.۲.۲A) یا آنطور که در پاراگراف (۳۲۳,۲,۲h) شرح داده شده			**ستون B** حداقل درجه حرارت طراحی سردتر (کمتر) از حداقل درجه حرارت مندرج درجدول های (A-۱ or A-۱M) یا شکل (۳۲۳.۲.۲A) یا آنطور که در پاراگراف (۳۲۳,۲,۲h) شرح داده شده	
	۱	چدن خاکستری	A-1	بدون الزامات اضافی		B-1	بدون الزامات اضافی
	۲	چدن مالیبل و چدن داکتیل، فولاد کربن استیل طبق یادداشت (۱)	A-2	بدون الزامات اضافی		B-2	متریال طراحی شده در ردیف Box2 نباید مورد استفاده قرار گیرد.
			(a)	فلز مبنا	(b) فلز جوش و ناحیهٔ متاثر از جوش (HAZ) یادداشت ۲		
	۳	سایر فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژی و آلیاژ متوسط، فولاد فریتی، مارتنزیتی، فولاد زنگ نزن دوبلکس (دو فازی)	A-3(a)	بدون الزامات اضافی	A-3(b) اگر حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارنهایت یا (۲۹-) درجه سانتیگراد باشد فلز جوش رسوب یافته طبق پاراگراف (۳۲۳.۳) باید مورد تست ضربه قرار گیرد به استثناء مواردی که در یادداشتهای (۳) و (۴) قید گردیده و همچنین به استثناء موارد زیر: برای متریال های لیست شده برای منحنی های C و D از شکل (۳۲۳.۲.۲A) که متریال جوشکاری مصرف شونده مربوطه توسط تست ضربه در حداقل درجه حرارت طراحی یا کمتر از آن مطابق مشخصات فنی (AWS) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته باشند تست اضافی نیاز نمی باشد.	B-3 به استثناء مواردی که در یادداشتهای (۳) و (۴) قید گردیده ، فلزات مبنا را که طبق مشخصات (ASTM) در پاراگراف (۳۲۳.۳.۲) لیست شده اند باید مورد عملیات حرارتی قرار گرفته و سپس فلز مبنا، فلز جوش رسوب یافته و ناحیهٔ متاثر از حرارت جوش (HAZ) طبق پاراگراف (۳۲۳,۳) مورد تست ضربه قرار گیرند (به یادداشت (۲)نگاه کنید) وقتیکه حداقل درجه حرارت طراحی فلزات در زیر منحنی مربوطه شان باشد همانطور که یادداشتهای (۲) و (۳) از شکل (۳۲۳.۲.۲A) مجاز می دانند، فلز جوش وناحیهٔ متاثر از حرارت جوش (HAZ) باید مورد تست ضربه قرار گیرند(به یادداشت (۲) نگاه کنید)
	۴	فولاد زنگ نزن آستنیتی	A-4(a) اگر: (۱)- مقدار کربن بیشتر از (۰,۱٪)درصد باشد یا (۲)- متریال مورد عملیات حرارتی انحلالی قرار نگرفته باشد تست ضربه طبق پاراگراف (۳۲۳,۳) در حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارنهات یا (۲۹-) درجه سانتیگراد انجام می گیرد به استثناء موارد قید شده در یادداشتهای (۵) و (۶).	A-4(b) اگر حداقل درجه حرارت طراحی کمتر از (۲۰-) درجه فارنهایت یا (۲۹-) درجه سانتیگراد باشد فلز جوش رسوب یافته باید طبق پاراگراف (۳۲۳,۳) مورد تست ضربه قرار گیرد به استثناء موارد قید شده در یادداشتهای (۵) و (۶) از پاراگراف (۳۲۳,۲,۲).	B-4 فلز مبنا و جوش رسوب یافته باید طبق پاراگراف (۳۲۳,۳) مورد تست ضربه قرار گیرند (به یادداشتهای (۲)(۵) و (۶) نگاه کنید)
	۵	چدن داکتیل آستنیتی، ASTM A 571	A-5(a)	بدون الزامات اضافی	A-5(b) جوشکاری مجاز نمی باشد.	B-5 فلز مبنا باید طبق پاراگراف (۳۲۳,۳) مورد تست ضربه قرار گیرد. درجه حرارتهای کمتر از (۱۹۶-) درجه سانتیگراد یا (۳۲۰-) درجه فارنهات را بکار نبرید. جوشکاری مجاز نمی باشد.
	۶	آلومینیوم، مس، نیکل و آلیاژهای آنها، تیتانیوم غیر آلیاژی	A-6(a)	بدون الزامات اضافی	A-6(b) الزامات اضافی وجود ندارد مگر اینکه ترکیب شیمیایی فلز پر کننده خارج از محدودهٔ ترکیب فلز مبنا باشد که در این صورت طبق ستون (B-۶) تست باید انجام گردد.	B-6 طراح باید بوسیلهٔ تستهای (به یادداشت (۷) نگاه کنید) مناسب مطمئن گردد که فلز مبنا، فلز جوش رسوب یافته و ناحیهٔ متاثر از حرارت جوش (HAZ) برای حداقل درجهٔ طراحی مناسب می باشند
متریال لیست نشده	۷	متریالی که در لیست قرار ندارد باید با مشخصات فنی شناخته شده ای مطابقت داشته باشد و جائی که ترکیب، عملیات حرارتی و شکل محصول قابل مقایسه با متریالی باشد که در لیست قرار دارد، الزامات مربوط به متریالی را که در لیست قرار دارد باید برآورده نماید. سایر متریالهائی که در لیست قرار ندارند چنانچه در مقطع قابل کاربرد در ستون (B) مورد نیاز باشد بسته به نوع متریال باید مورد ارزیابی کیفی و تایید گیرد.					

جدول- ۲۳۸: جدول 323.2.2 الزامات تستهای چقرمگی در درجه حرارت پایین برای فلزات

Table 323.2.2 Requirements for Low Temperature Toughness Tests for Metals

These Toughness Test Requirements Are in Addition to Tests Required by the Material Specification

	Type of Material	Column A Design Minimum Temperature at or Warmer Than Minimum Temperature in Table A-1, Table A-1M, or Figure 323.2.2A or as Described in Para. 323.2.2(h)		Column B Design Minimum Temperature Colder Than Minimum Temperature in Table A-1, Table A-1M, or Figure 323.2.2A or as Described in Para. 323.2.2(h)
Listed Materials	**1** Gray iron	**A-1** No additional requirements		**B-1** No additional requirements
	2 Malleable and ductile iron; carbon steel in accordance with Note (1)	**A-2** No additional requirements		**B-2** Materials designated in Box 2 shall not be used.
		(a) Base Metal	**(b) Weld Metal and Heat Affected Zone (HAZ) [Note (2)]**	
	3 Other carbon steels; low and intermediate alloy steels; and ferritic, martensitic, and duplex stainless steels	**A-3** (a) No additional requirements	**A-3** (b) Weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3 if design minimum temperature <−29°C (−20°F), except as provided in Notes (3) and (4), and except as follows: for materials listed for Curves C and D of Figure 323.2.2A, where corresponding welding consumables are qualified by impact testing at the design minimum temperature or lower in accordance with the applicable AWS specification, additional testing is not required.	**B-3** Except as provided in Notes (3) and (4), heat treat base metal in accordance with applicable ASTM specification listed in para. 323.3.2; then impact test base metal, weld deposits, and HAZ in accordance with para. 323.3 [see Note (2)]. When materials are used at temperature below the assigned curve as permitted by Notes (2) and (3) of Figure 323.2.2A, weld deposits and HAZ shall be impact tested [see Note (2)].
	4 Austenitic stainless steels	**A-4** (a) If (1) carbon content by analysis >0.1% or (2) material is not in solution heat treated condition, then impact test in accordance with para. 323.3 for design minimum temperature <−29°C (−20°F) except as provided in Notes (5) and (6)	**A-4** (b) Weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3 if design minimum temperature <−29°C (−20°F) except as provided in para. 323.2.2 and in Notes (5) and (6)	**B-4** Base metal and weld metal deposits shall be impact tested in accordance with para. 323.3. See Notes (2), (5), and (6).
	5 Austenitic ductile iron, ASTM A571	**A-5** (a) No additional requirements	**A-5** (b) Welding is not permitted	**B-5** Base metal shall be impact tested in accordance with para. 323.3. Do not use <−196°C (−320°F). Welding is not permitted.
	6 Aluminum, copper, nickel, and their alloys; unalloyed titanium	**A-6** (a) No additional requirements	**A-6** (b) No additional requirements unless filler metal composition is outside the range for base metal composition; then test in accordance with item B-6	**B-6** Designer shall be assured by suitable tests [see Note (7)] that base metal, weld deposits, and HAZ are suitable at the design minimum temperature
Unlisted Materials	**7** An unlisted material shall conform to a published specification. Where composition, heat treatment, and product form are comparable to those of a listed material, requirements for the corresponding listed material shall be met. Other unlisted materials shall be qualified as required in the applicable section of column B.			

NOTES:

(1) Carbon steels conforming to the following are subject to the limitations in Box B-2: plates in accordance with ASTM A36, A283, and A1011; pipe in accordance with ASTM A134 when made from these plates; structural shapes in accordance with ASTM A992; and pipe in accordance with ASTM A53 Type F and API 5L Gr. A25 butt weld.

(2) Impact tests that meet the requirements of Table 323.3.1, which are performed as part of the weld procedure qualification, will satisfy all requirements of para. 323.2.2, and need not be repeated for production welds.

(3) See paras. 323.2.2(g) through (i).

(4) Impact tests are not required when the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch of less than 2.5 mm (0.098 in.). Under these conditions, and where the stress ratio defined in para. 323.2.2(b) is greater than 0.3, the design minimum temperature shall not be colder than the lower of −48°C (−55°F) or the minimum temperature for the material in Table A-1 or Table A-1M. See also para. 323.2.2(g).

(5) Impact tests are not required when the maximum obtainable Charpy specimen has a width along the notch of less than 2.5 mm (0.098 in.).

(6) For austenitic stainless steels, impact testing is not required if the design minimum temperature is warmer than or equal to −104°C (−155°F), and the stress ratio as defined in para. 323.2.2(b) is 0.3 or less. See also para. 323.2.2(g).

(7) Tests may include tensile elongation, sharp-notch tensile strength (to be compared with unnotched tensile strength), or other tests, conducted at or colder than design minimum temperature. See also para. 323.3.4.

(g) – برای فولادها، اگر نسبت تنش Stress ratio تعریف شده در پاراگراف 323.2.2(b) برابر یا کمتر از 0.3 باشد و حداقل درجه طراحی معادل یا گرمتر از (155°F−) 104°C− باشد و زمانیکه آیتم (c) بکار برده می شود، تست ضربه برای متریال منجمله جوشها نیاز نمی باشد،

(h) – برای فولادهای کربنی، کم آلیاژی و آلیاژی متوسط (منجمله جوشها) که بوسیله تست ضربه ارزیابی کیفی شده اند، و زمانیکه آیتم (c) بکار برده می شود، حداقل درجه حرارت جداول A-1 یا A-1M یا شکل 323.2.2A می تواند بوسیله‌ی کاهش درجه حرارت تمهید شده در شکل 323.2.2B تا درجه حرارتی نه سردتر از (55°F−) 48°C− کاهش یابد.

برای جوشهای فولادهای کربنی، کم آلیاژی و آلیاژی متوسط که باید مطابق جدول 323.2.2, Box A - 3 (b) تست ضربه شوند کاهش درجه حرارت از شکل 323.2.2B باید نسبت به (20°F−) 29°C− بکار برده شود.

(i) – برای فولادهای کربنی، کم آلیاژی و آلیاژی متوسط (منجمله جوشها) که بوسیله تست ضربه ارزیابی کیفی شده اند، و زمانیکه آیتم (c) بکار برده می شود، حداقل درجه حرارت طراحی مجاز، می تواند بوسیله‌ی کاهش درجه حرارت شکل 323.2.2B تا درجه حرارتی نه سردتر از (155°F−) 104°C− کاهش یابد.

(j) – برای ترکیبی از فلز جوشها و حداقل درجه حرارتهای طراحی در زیر، تست ضربه نیاز نمی باشد:

(1)- برای فولادهای ضد زنگ آستنیتی که مقدار کربن آنها از 0.10% درصد تجاوز ننموده و بدون فیلر متال جوش شده اند، که حداقل درجه حرارتهای طراحی آنها (155°F−) 104°C− و گرمتر باشد.

(2)- برای فلزهای جوش آستنیتی

(a-) که مقدار کربن آنها از 0.10% درصد تجاوز ننموده و توسط فیلر متالهای منطبق با مشخصات AWS A5.4, A5.9, A5.11, A5.14, or A5.22 جوشکاری شده اند و حداقل درجه حرارت طراحی آنها (155°F−) 104°C− و گرمتر باشد و یا:

(b-) که مقدار کربن آنها از 0.10% درصد تجاوز نماید و توسط فیلر متالهای منطبق با مشخصات AWS A5.4, A5.9, A5.11, A5.14, or A5.22 جوشکاری شده اند و حداقل درجه حرارت طراحی آنها (55°F−) 48°C− و گرمتر باشد

*- پاراگراف 323.2.3 (Temperature Limits, Unlisted Materials) :

محدوده‌ی درجه حرارت متریالهای لیست نشده:

متریالهای لیست نشده که توسط پاراگراف 323.1.2 پذیرفته شده اند، برای سرویس در تمامی درجه حرارتهای محدوده‌ی تعیین شده از حداقل درجه حرارت طراحی تا حداکثر درجه حرارت طراحی باید ارزیابی کیفی شوند.

*- پاراگراف 323.2.4 (Verification of Serviceability) :

تصدیق قابلیت در سرویس قرار دادن (بکار گرفتن در سرویس):

(a) – زمانیکه باید از متریال لیست نشده استفاده گردد، یا زمانیکه از متریال لیست شده در بالاتر از درجه حرارتی که مقدار تنش آنها در Appendix A آمده استفاده گردد، طراح مسئول است که صحیح بودن تنش های مجاز و سایر محدودهای بکار رفته در طراحی و همچنین صحت بکار بردن متریال منجمله مأخذ اطلاعات تنش و معین کردن حدود درجه حرارت را اثبات نماید.

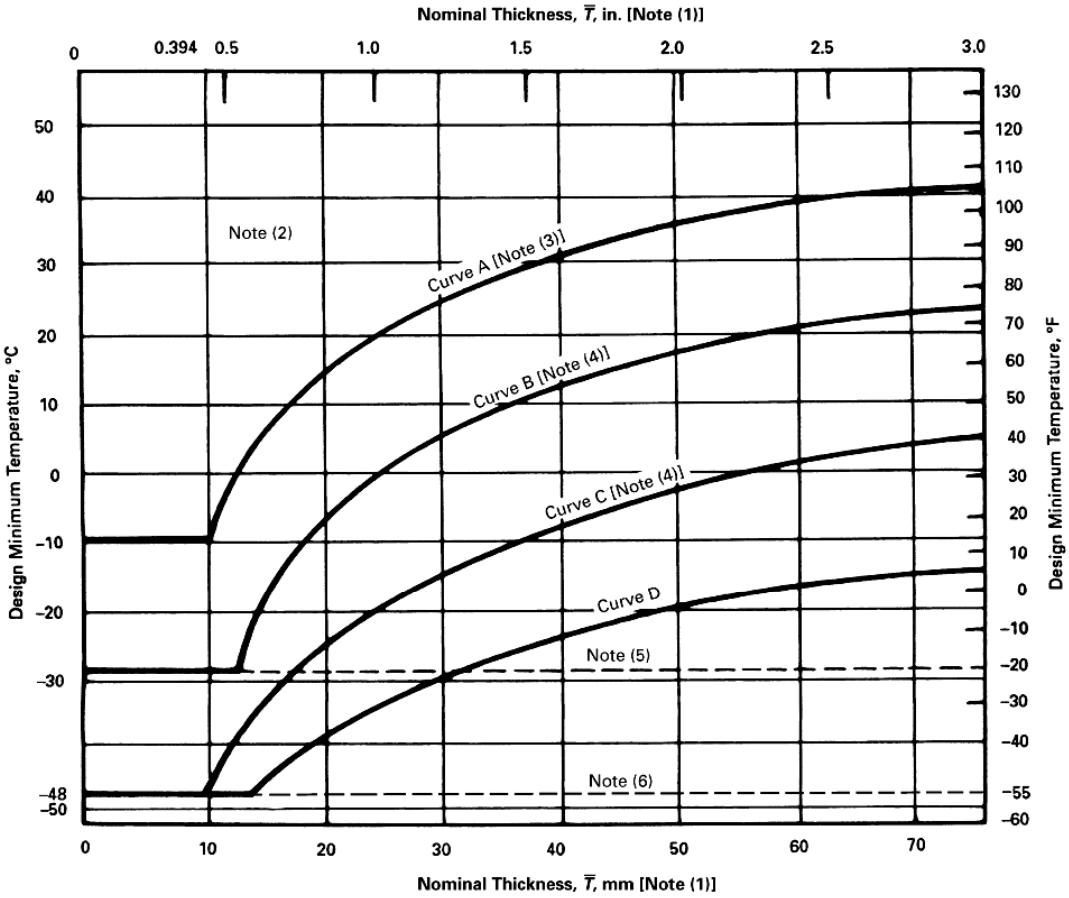
(b) – اطلاعات برای گسترش حدود طراحی باید از یک برنامه علمی صحیح که بر طبق تکنولوژی شناخته شده برای هم متریال و هم شرایط سرویس مورد نظر اجرا شده نهیه شود. فاکتورهایی که باید مورد ملاحظه قرار گیرند شامل:

(1)- قابلیت اجرائی و قابل اعتماد بودن اطلاعات مخصوص برای حمایت های محدوده‌ی حرارتی

(2)- مقاومت متریال در برابر اثرات زیانبار سیال سرویس (fluid service) و محیط در سرتاسر محدوده‌ی حرارتی.

(3)- تعیین تنش های مجاز بر طبق پاراگراف 302.3

Figure 323.2.2A Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials (See Table A-1 or Table A-1M for Designated Curve for a Listed Material; see Table 323.2.2A for Tabular Values)



NOTES:

(1) For blind flanges and blanks made from materials with a letter designation in the Min. Temp. column of Table A-1 or Table A-1M, $\overline{T}$ shall be $\frac{1}{4}$ of the total thickness, where the total thickness is the thickness of the blind flange or blank including the thickness of the facing(s), if applicable.

(2) Any carbon steel material may be used to a minimum temperature of −29°C (−20°F) for Category D Fluid Service.

(3) X Grades of API 5L, and ASTM A381 materials, may be used in accordance with Curve B if normalized or quenched and tempered.

(4) The following materials may be used in accordance with Curve D if normalized:
- *(a)* ASTM A516 plate, all grades
- *(b)* ASTM A671 pipe made from A516 plate, all grades
- *(c)* ASTM A672 pipe made from A516 plate, all grades

(5) A welding procedure for the manufacture of pipe or components shall include impact testing of welds and HAZ for any design minimum temperature below −29°C (−20°F), except as provided in Table 323.2.2, A-3(b).

(6) Impact testing in accordance with para. 323.3 is required for any design minimum temperature below −48°C (−55°F), except as permitted by Note (3) in Table 323.2.2.

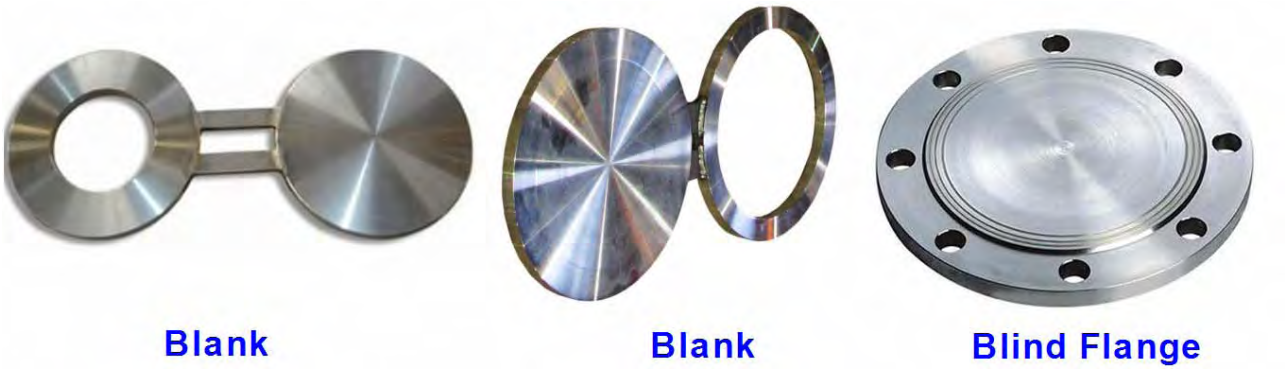
شکل- ۵۷۳ : Fig. 323.2.2A حداقل درجه حرارت برای فولادهای کربنی بدون تست ضربه

*- Figure 323.2.2A حداقل درجه حرارت برای فولادهای کربنی بدون تست ضربه

نگاه کنید به جداول A-1 یا A-1M برای منحنی مشخص شده برای متریال لیست شده، برای ارقام جدولی به جدول 323.2.2A نگاه کنید.

- یادداشتهای شکل Fig. 323.2.2A

(1)- برای درپوش فلنجها (Blind flanges) و مسدود کننده‌ی بین فلنجها (Blanks) های ساخته شده از متریالهایی که در ستون حداقل درجه حرارت در جداول A-1 یا A-1M با یک حرف مشخص شده اند T باید ¼ مجموع ضخامت باشد. مجموع ضخامت عبارت است از ضخامت فلنج کور (blind flanges) و Blank منجمله برآمدگی Face آنها اگر داشته باشند.



شکل- ۵۷۴ : شکلهایی از برای فلنج های کور (blind flanges) و Blank ها

(2)- هر متریال فولاد کربنی می تواند تا حداقل درجه حرارت (−20°F) −29°C برای (fluid service) های گروه D استفاده شوند.

(3)- متریالهای ASTM A381 و API 5L گریدهای X اگر نرمالیزه و یا کوئینچ و سپس تمپر شده باشند می توانند مطابق منحنی B مورد استفاده قرار گیرند.

(4)- متریالهای زیر چنانچه نرمالیزه شده باشند می توانند مطابق منحنی D مورد استفاده قرار گیرند.

(a) – تمام گریدهای ورق ASTM A516

(b) – تمام گریدهای لوله های ASTM A671 ساخته شده از ورقهای ASTM A516

(c) – تمام گریدهای لوله های ASTM A672 ساخته شده از ورقهای ASTM A516

(5)- یک دستورالعمل روش جوشکاری (WPS) برای تولید لوله یا اجزاء تشکیل دهنده، باید شامل تست ضربه‌ی جوشها و HAZ برای هر حداقل درجه حرارت طراحی زیر (−20°F) −29°C باشد، به استثناء مواردی که در جدول A-3(b) 323.2.2 آورده شده.

(6)- برای حداقل درجه حرارت طراحی زیر (−55°F) −48°C تست ضربه مطابق با پاراگراف 323.3 لازم است به استثناء مواردی که مطابق (3) Note در جدول 323.2.2 مجاز دانسته شده.

*- توضیحاتی برای روشن شدن طرز استفاده از شکل Figure 323.2.2A

در شکل Fig 323.2.2A ، نمودار حداقل دمای بدون نیاز به تست ضربه (Impact) برای کربن استیل ها مشخص شده است. در این نمودار ستون عمودی مربوط به حداقل دما و ستون افقی مربوط به ضخامت است. در این نمودار چهارمنحنی (Curve) تحت عنوانهای A, B, C & D وجود دارد که هر منحنی (Curve) نماینده یک گروه از متریالها است. چنانچه محل تلاقی ضخامت و حداقل دمای طراحی در زیر منحنی (Curve) واقع شود آن متریال با آن ضخامت و در آن دما نیاز به تست ضربه (Impact) دارد.

سوال: هر منحنی (Curve) نماینده کدام متریالهاست؟ برای اینکه بدانیم متریال مورد نظر متعلق به کدامیک از منحنی ها می باشد، به جدول Table A-1 که در انتهای استاندارد B31.3 است رجوع میکنیم. در جداول Table A-1 or A-1M

حداقل دمای متریال به دو شکل عددی مانند 20- ºF یا حروفی مانند B یا A نشان داده شده است که این حروف لاتین نمایانگر منحنی (Curve) متریال ها هستند که در شکل 323.2.2A قابل مشاهده می باشند مانند موارد زیر:

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A106 Gr. A منحنی B است.

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A672 Gr. A50 منحنی B است.

*- حداقل دمای مربوط به متریال A333 Gr. 6 دمای (-50ºF) -45ºC است

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A671 Gr. CC60 منحنی C است.

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A671 Gr. CD70 منحنی D است.

نمونه ایی از جداول Table A-1 or A-1M از استاندارد ASME B31.3-2018 که حداقل دمای مشخص شده برحسب فارینهایت و سانتیگراد مربوط به متریالها را نشان می دهد که بعضاً بصورت حرف انگلیسی که نماینده منحنی نمودار متریال و بعضاً عدد است که حداقل دمای آن متریال می باشد را در این جداول دید.

مثال: با استفاده از جدول A-1M حداقل و حداکثر دمای متریالهای A53 Gr. A, A420 Gr. WPL6 را مشخص نمایید.

با بررسی جدول Table A-1M حداقل و حداکثر دمای استفاده از متریالهای فوق به شرح زیر است:

*- متریال A53 Gr. A حداقل 7– ºC و حداکثر 204 ºC

*- متریال A420 Gr. WPL6 حداقل 46– ºC و حداکثر 538 ºC

جدول- ۲۳۹: نمونه ای از پیدا کردن حداقل و حداکثر دما از جدول ASME B31.3-2018 -Table-A-1M

Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Cond./ Temper	Size, mm	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., ºC (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., ºC
6	Carbon steel	Pipe & tube	A53	A	K02504	...	...	1	(2)(8a)	–7	331	207	204
112	Carbon steel	Forgings & fittings	A420	WPL6	K03006	...	...	1	(57)	–46	414	241	538

توجه: بعضی از متریالها؛ حداقل دمای آنها با یکی از حروف انگلیسی A, B, C & D مشخص شده که نمایانگر Curve مربوط به آن متریال است. مانند متریالهای زیر:

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A139 Gr. A منحنی A است.

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A671 Gr. CC60 منحنی C است.

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A671 Gr. CB60 منحنی B است.

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A691 Gr. CMSH 70 منحنی D است.

جدول- ۲۴۰: حداقل دمای متریالها که با Curve مشخص شده در جدول ASME B31.3-2018 -Table-A-1M

Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric) (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Cond./ Temper	Size, mm	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., ºC (6)	Min. Tensile Str., MPa	Min. Yield Str., MPa	Max. Use Temp., ºC
7	Carbon steel	Pipe & tube	A139	A	...	...	...	1	(2)(8b)	A	331	207	149
23	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CC60	K02100	...	...	1	(2)(57)(67)	C	414	221	538
24	Carbon steel	Pipe & tube	A671	CB60	K02401	...	...	1	(2)(57)(67)	B	414	221	593
59	Carbon steel	Pipe & tube	A691	CMSH-70	K12437	...	≤64	1	(2)(67)	D	483	345	371

بنابراین مطابق مثالهای فوق می توانیم با مراجعه به جداول A-1 و یا A-1M حداقل دمای متریال را بدست بیاوریم که یا بصورت عددی است یا هم بصورت حرف انگلیسی یعنی A, B, C, D که هر کدام نماینده یک (Curve) است.

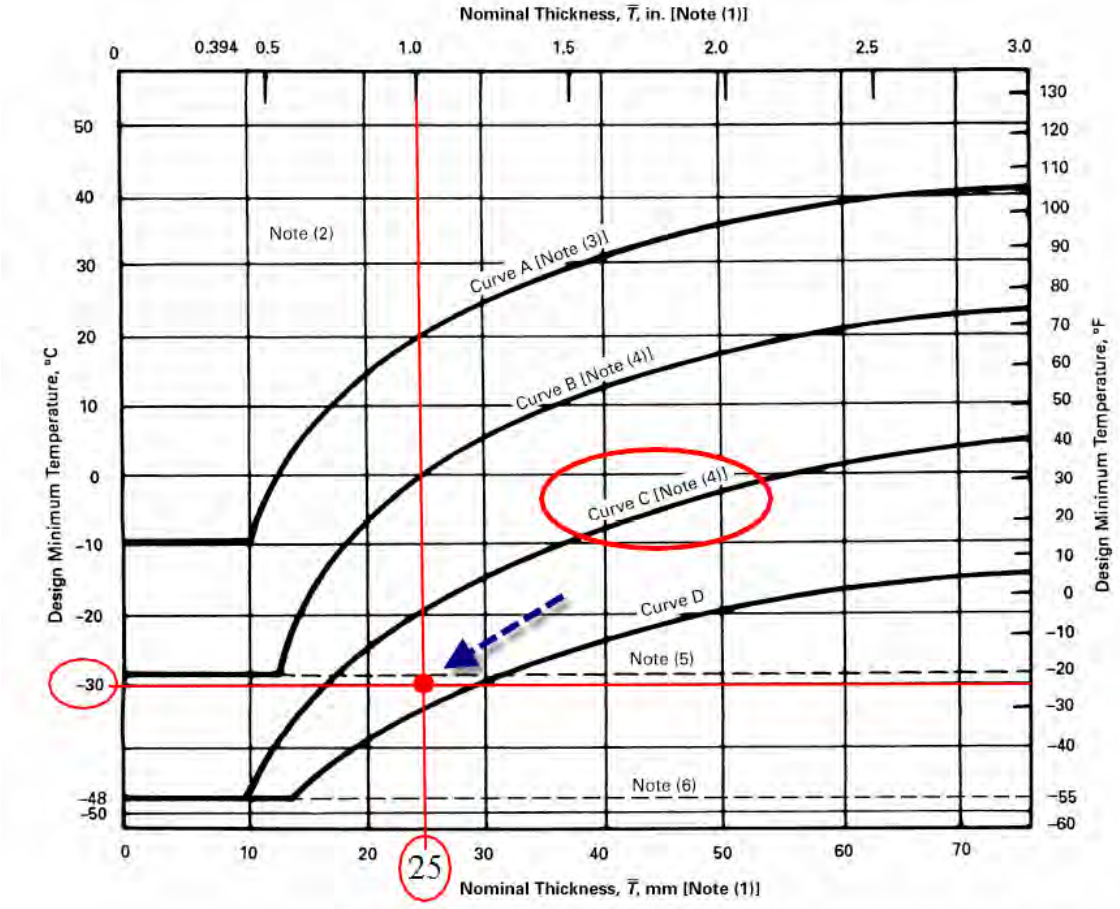
حال طریقه استفاده از این مشخصه ها:

اگر از متریالهایی که در جداول A-1 و یا A-1M برای حداقل دمای آنها عدد مشخص شده باشد بخواهیم از آن متریال در دمایی پایین تر از آن دما استفاده کنیم می بایست حتما تست ضربه گرفته شود و چنانچه نتایج مورد تایید بود ما مجاز به استفاده از آن متریال در دمایی پایین تر از حداقل دمای مشخص شده برای آن متریال هستیم.

مثال-۱: حداقل دمای مشخص شده برای متریال A420 Gr. WPL6 در جداول A-1 و A-1M دمای 46 ºC− است. حال چنانچه از این متریال بخواهیم در دمای 55 ºC− استفاده کنیم زمانی مجاز هستیم که این متریال تست ضربه در دمای 55 ºC− پاس کرده باشد. در غیر اینصورت مجاز نیستیم.

مثال-۲: در جدول A-1M در ستون حداقل دما برای متریال A671 Gr. CC60 حرف C قید شده است که مربوط می شود به منحنی (Curve C) در شکل Fig 323.2.2A . حال برای اینکه در این حالت مشخص شود که آیا نیاز به تست ضربه می باشد یا خیر؛ لازم است حداقل دمای طراحی و ضخامت متریال مشخص شود. سپس بر روی نمودار با رسم خطوط مربوط به ضخامت و حداقل دمای طراحی محل تقاطع این خطوط مشخص می شود. حال چنانچه محل تقاطع این خطوط روی خط یا بالای خط منحنی (Curve C) بود به تست ضربه نیاز نمی باشد. اما چنانچه محل تقاطع این خطوط زیر خط منحنی (Curve C) بود به تست ضربه نیاز می باشد. حال به مثال زیر توجه شود:

*- منحنی (Curve) مربوط به متریال A671 Gr. CC60 منحنی C است. ضخامت متریال 25 mm و حداقل دمای طراحی 30 ºC− ؛آیا نیاز به تست ضربه می باشد یا خیر؟ برای بدست آوردن جواب باید اطلاعات را روی جدول رسم کنیم.



نتیجه: با رسم خطوط مربوط به ضخامت که 25 mm و حداقل دمای طراحی که 30 ºC− بود، مشخص می شود که محل تقاطع این خطوط در زیر خط منحنی (Curve C) قرار می گیرد. در نتیجه چنانچه بخواهیم از این متریال با این ضخامت در این دما استفاده کنیم می بایست تست ضربه گرفته شود و اگر نتایج تست ضربه مطابق با استاندارد مورد تایید بود در آن صورت ما مجاز به استفاده از این متریال با این ضخامت و در این دما می شویم.

توجه ویژه: استاندارد ASME B31.3 برای راحتی استفاده کننده از کُد جدولی تهیه شده که با استفاده از آن دیگر نیاز به استفاده از نمودار شکل Fig 323.2.2A نمی باشد. آن جدول در واقع جدول Table 323.2.2A می باشد. حال **مثال ۲** را با این جدول بررسی می کنیم:

جدول- ۲۴۱: نمایی از جدول 323.2.2A

Table 323.2.2A Tabular Values for Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials (See Figure 323.2.2A for Curves)

Nominal Thickness, T [Note (1)]		Lowest Exemption Temperature							
		Curve A [Note (2)]		Curve B [Note (3)]		Curve C [Note (3)]		Curve D	
mm	in.	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
6.4	0.25	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
7.9	0.3125	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
9.5	0.375	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
10.0	0.394	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
11.1	0.4375	−6.7	20	−28.9	−20	−41.7	−43	−48.3	−55
12.7	0.5	−1.1	30	−28.9	−20	−37.8	−36	−48.3	−55
14.3	0.5625	2.8	37	−21.7	−7	−35.0	−31	−45.6	−50
15.9	0.625	6.1	43	−16.7	2	−32.2	−26	−43.9	−47
17.5	0.6875	8.9	48	−12.8	9	−29.4	−21	−41.7	−43
19.1	0.75	11.7	53	−9.4	15	−27.2	−17	−40.0	−40
20.6	0.8125	14.4	58	−6.7	20	−25.0	−13	−38.3	−37
22.2	0.875	16.7	62	−3.9	25	−23.3	−10	−36.7	−34
23.8	0.9375	18.3	65	−1.7	29	−21.7	−7	−35.6	−32
25.4	1.0	20.0	68	0.6	33	−19.4	−3	−34.4	−30

در این جدول مشخص شده است که برای متریالی که نماینده حداقل دمای آن منحنی C می باشد و ضخامت آن متریال 25.4 میلیمتر می باشد تا دمای 19.4 ºC− نیاز به تست ضربه ندارد. حال با یک مقایسه ساده بین ضخامت متریال ما که 25 mm بود و حداقل دمای طراحی مورد نظر ما که 30 ºC− بود با این دما که 19.4 ºC− در ضخامت 25.4 mm می باشد مشخص می شود که حداقل دمای طراحی ما چونکه پایین تر از این دما می باشد بنابراین نیاز به تست ضربه دارد.

توجه: این عدد 25.4 mm در واقع تبدیل اینچ به میلیمتر است که در بیشتر استانداردها برای سهولت استفاده تبدیل ها بصورت روند اعلام می شوند مثلا 1 in. را همان 25 mm عنوان می شود نه 25.4 mm.

****

****- ادامه مبحث تست ضربه در استاندارد ASME B31.3-2018

*- پاراگراف 323.3 (Impact Testing Methods and Acceptance Criteria) :

روشها و معیار و ضوابط پذیرش تست ضربه

*- پاراگراف 323.3.1 (General) :

کلیات؛ زمانیکه بواسطه‌ی شرایطی در هر جایی از این کُد، جدول 323.2.2 یا طراحی مهندسی تست ضربه لازم شمرده شود، این امر باید مطابق با جدول 323.3.1 و با استفاده از روشهای تست و ضوابط پذیرش شرح داده شده در پاراگرافهای 323.3.2 تا و 323.3.5 انجام شود.

❋- پاراگراف 323.3.2 (Procedure) :

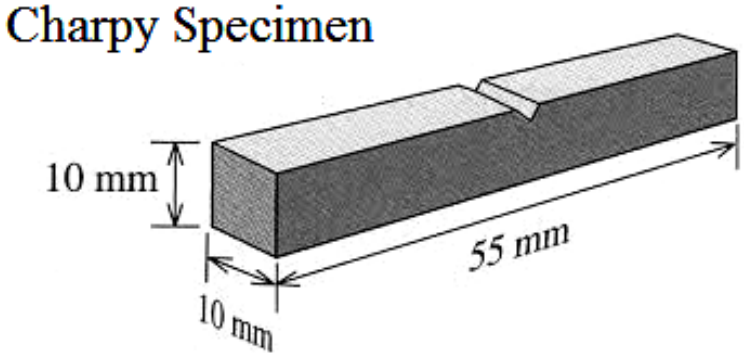
روش؛ تست ضربه‌ی هر محصول از متریال (منجمله جوشهای اجزاء تشکیل دهنده) باید با استفاده از روشها و دستگاه ها مطابق با ASTM A370 انجام شود. برای اشکالی از متریال که بوسیله‌ی مشخصات ASTM لیست شده در زیر معرفی شده اند تست های ضربه نیز باید مطابق با همان الزامات انجام شود. وقتی که بیت الزامات ویژه این کُد و الزامات آن مشخصات ناسازگاری وجود داشته باشد، الزامات این کُد باید ترجیح داده شود.

Product Form	ASTM Spec. No.
Pipe	A333
Tube	A334
Fittings	A420
Forgings	A350
Castings	A352
Bolting	A320
Plate	A20

یادداشتهای کلی عمومی: عنوانهای استانداردهای مورد ارجاع لیست نشده در فهرست مشخصات برای Appendix A عبارتند از A20 الزامات طراحی ورقهای فولادی برای مخازن تحت فشار و A370 روشها و تعاریف برای تست مکانیکی محصولات فولادی

❋- پاراگراف 323.3.3 (Test Specimens) :

نمونه های تست؛ هر ست از نمونه های تست ضربه باید از سه نمونه‌ی میله ایی تشکیل شود. تمامی تست های ضربه باید با استفاده از نمونه های میله ای استاندارد با شیاری شکل و مقطع مربع با طول ضلع 10 mm انجام شود.



شکل- ۵۷۵ : ابعاد یک نمونه از تست ضربه چارپی

مگر اینکه شکل متریال یا ضخامت آن اجازه ندهد. تست های ضربه چارپی می تواند بر روی نمونه هایی از متریال با ضخامت کامل که ناهمواری های سطوح آن توسط ماشینکاری تا بر طرف شده اند انجام شود. بعنوان جایگزینی ضخامت این نمونه ها می تواند کاهش یابد تا بزرگترین اندازه‌ی ممکن نمونه های تست چارپی (10 mm) بدست آید. به جدول 323.3.4 نگاه کنید.

❋- پاراگراف 323.3.4 (Test Temperatures) :

درجه حرارت تست، برای همه‌ی تست های ضربه‌ی چارپی، ضوابط درجه حرارت در (a) یا (b) باید مشاهده گردد. نمونه های تست همچنین انبرکهای جابجایی آنها باید به مدت زمان کافی سرد شوند تا به درجه حرارت تست برسند.

(a) - برای متریالهای با ضخامت معادل یا بزرگتر از 10 mm (0.394 in.) : در جاییکه بزرگترین پهنای قابل دستیابی نمونه‌ی تست چارپی در امتداد شیار حداقل 8 mm (0.315 in.) است تست ضربه ایی که بر روی چنین نمونه ای انجام می شود باید در درجه حرارتی نه بیشتر از حداقل درجه حرارت طراحی انجام شود. جاییکه بزرگترین پهنای قابل دستیابی نمونه‌ی تست چارپی در امتداد شیار کمتر از 8 mm (0.315 in.) باشد تست ضربه ایی که بر روی چنین نمونه ای انجام می شود باید در درجه حرارتی پایین تر از حداقل درجه حرارت طراحی انجام شود که مقدار این کاهش در جدول 323.3.4 برای هر عرضی از نمونه نشان داده شده است.

**-توجه: مطابق بند 323.3.1(b)6 از جدول نمونه تست ضربه باید بفاصله‌ی 1.5 mm زیر سطح نمونه تهیه شود.

مثال-۱: وقتی متریال مورد نظر ضخامتی بیشتر از 10 mm (0.394 in.) داشته باشد.

- ضخامت متریال 20 mm
- حداقل درجه حرارت طراحی -25 ºC
- ابعاد نمونه های تهیه شده جهت تست ضربه‌ی چارپی 10 mm × 10 mm × 55 mm
- دمای انجام تست ضربه -25 ºC

مثال-۲: وقتی متریال مورد نظر ضخامتی برابر با 10 mm (0.394 in.) داشته باشد.

- ضخامت متریال 10 mm
- حداقل درجه حرارت طراحی -30 ºC
- ابعاد نمونه های تهیه شده جهت تست ضربه‌ی چارپی 7 mm × 10 mm × 55 mm
- دمای انجام تست ضربه با توجه به جدول 323.3.4 چون ضخامت کمتر از 8 mm (0.315 in.) شده است در نتیجه می بایست به اندازه‌ی عددی که در جدول 323.3.4 روبروی عدد 7 قید شده که عدد 4.4 است دما کاهش یابد.

-25 ºC – 4.4 = -29.4 ºC

- دمای انجام تست ضربه برای نمونه های Subsize (یعنی نمونه های کمتر از 8mm) برابر است با عدد -29.4 ºC

(b) – برای متریالهای با ضخامت کمتر از 10 mm (0.394 in.) : در جاییکه بزرگترین پهنای قابل دستیابی نمونه‌ی تست چارپی در امتداد شیار حداقل 80% ضخامت متریال باشد تست ضربه چارپی چنین نمونه ای باید در درجه حرارتی نه بیشتر از حداقل درجه حرارت طراحی انجام شود. جاییکه بزرگترین پهنای قابل دستیابی نمونه‌ی تست چارپی در امتداد شیار کمتر از 80% ضخامت متریال باشد تست ضربه باید در درجه حرارتی پایین تر از حداقل درجه حرارت طراحی انجام شود. مقدار این کاهش معادل است با اختلاف بین (عطف به جدول 323.3.4) مقدار کاهش درجه حرارت مربوط به ضخامت واقعی متریال و مقدار کاهش درجه حرارت مربوط به پهنای واقعی نمونه ایی که تست می شود.

مثال-۳: وقتی متریال ضخامتی کمتر از 10 mm داشته باشد اما نمونه تست 80% ضخامت متریال را دارد.

- ضخامت متریال 9 mm
- حداقل درجه حرارت طراحی -20 ºC
- ابعاد نمونه های تهیه شده جهت تست ضربه‌ی چارپی 7.5 mm × 10 mm × 55 mm
- دمای انجام تست ضربه -20 ºC (زیرا 7.5 mm مقدار 80% ضخامت 9 mm را دارد.)

مثال-۴: وقتی متریال ضخامتی کمتر از 10 mm داشته باشد اما نمونه تست 80% ضخامت متریال را ندارد.

*- ضخامت متریال 6 mm

*- حداقل درجه حرارت طراحی -30 ºC

*- ابعاد نمونه های تهیه شده جهت تست ضربه‌ی چارپی 3 mm × 10 mm × 55 mm

*- دمای انجام تست ضربه با توجه به جدول 323.3.4 چون ضخامت نمونه کمتر از 80% ضخامت اصلی شده است در نتیجه می بایست به اندازه‌ی عددی که در جدول 323.3.4 روبروی عدد 3 قید شده یعنی عدد 22.2 است دما کاهش یابد. اما باید توجه داشت که قطعه‌ی اصلی 10 mm نبود بلکه 6 mm بود در نتیجه دمای روبروی ضخامت 3 mm را از دمای دمای روبروی ضخامت 6 mm کم می کنیم تا به دمای کاهش واقعی برسیم بنابراین داریم:

- بنابراین؛ مقدار کاهش دمای روبروی عدد 6 mm به میزان 8.3 درجه است که این مقدار کاهش دما را از مقدار کاهش دمایی که روبروی عدد 3 mm مشخص شده کم می کنیم؛

22.2-8.3 = 13.9

حال دمای تست ضربه که -30 ºC بود را به میزان 13.9 ºC درجه کاهش می دهیم مطابق زیر:

-30 ºC – 13.9 ºC = -43.9 ºC

*- دمای انجام تست ضربه -43.9 ºC (زیرا 3 mm مقدار 80% ضخامت 6 mm را ندارد.)

جدول- ۲۴۲: نمایی از جدول 323.3.4 کاهش دمای تست ضربه چارپی

Table 323.3.4 Charpy Impact Test Temperature Reduction

Actual Material Thickness [See Para. 323.3.4(b)] or Charpy Impact Specimen Width Along the Notch [Note (1)]		Temperature Reduction Below Design Minimum Temperature	
mm	in.	°C	°F
10 (full size standard bar)	0.394	0	0
9	0.354	0	0
8	0.315	0	0
7.5 (¾ size bar)	0.295	2.8	5
7	0.276	4.4	8
6.67 (⅔ size bar)	0.262	5.6	10
6	0.236	8.3	15
5 (½ size bar)	0.197	11.1	20
4	0.157	16.7	30
3.33 (⅓ size bar)	0.131	19.4	35
3	0.118	22.2	40
2.5 (¼ size bar)	0.098	27.8	50

GENERAL NOTE: These temperature reduction criteria do not apply when Table 323.3.5 specifies lateral expansion for minimum required values.

NOTE: (1) Straight-line interpolation for intermediate values is permitted.

یادداشت کلی عمومی: این معیارهای کاهش دما وقتی مطابق جدول 323.3.5 مقدار lateral expansion انبساط جانبی را برای حداقل مورد نیاز تعیین می کند کاربرد ندارند.

یادداشت: (1) درون یابی مستقیم برای مقادیر میانی مجاز می باشد.

❋- پاراگراف 323.3.5 (Acceptance Criteria) :

❋- پاراگراف 323.3.5 - ملاک پذیرش

(a) – **الزامات حداقل انرژی جذب شده**: به استثناء متریال بکار رفته در پیچ مهره ها، الزامات حداقل انرژی جذب شده برای فولادهای کربنی و کم آلیاژی که حداقل استحکام کششی آنها کمتر از (95 Ksi) 656 MPa باشد باید مطابق با ارقام نشان داده شده در جدول 323.3.5 باشد.

(b) – **الزامات انبساط جانبی**: میزان انبساط جانبی در طرف مقابل شیار در نمونه های تست سایر فولادهای کربنی و کم آلیاژی که حداقل استحکام کششی آنها معادل یا بیشتر از (95 Ksi) 656 MPa می باشد و تمام متریال هایی که برای پیچ مهره بکار برده می شوند و تمام فولادهای پر آلیاژ با مشخصه P No. 6, 7, 8, 10H & 10I نباید در هر اندازه کمتر از (0.015in.) 0.38mm باشد. انبساط جانبی عبارت است از اضافه پهنای نمونه‌ی تست شکسته شده نسبت به نمونه‌ی تست قبل از شکسته شدن در وجهی از نمونه که تحت ضربه قرار گرفته و در امتداد شیار است. (برای توضیحات بیشتر به استاندارد ASTM A370 مراجعه فرمایید)

(c) – **الزامات تست ضربه جوش:** وقتی دو فلز پایه که ملاک پذیرش تست ضربه آنها متفاوت باشد و بوسیله جوشکاری به همدیگر متصل گردیده اند، ملاک پذیرش تست ضربه باید با الزامات فلزی که حداقل استحکام کششی آن به حداقل استحکام کششی فلز جوش نزدیکتر باشد مطابقت داشته باشد.

❋❋- توضیح: در اتصالات جوشی دو متریال با استحکام کششی مختلف، همانطور که برای انتخاب الکترود مطابق پاراگراف 328.3 (a) در چنین اتصالاتی ملاک استحکام کششی متریال ضعیف تر است در اینجا هم در تست ضربه مقدار ژول انرژی لازم طبق جدول (Table 323.3.5) در دو متریال با استحکام کششی مختلف، ملاک متریال ضعیف تر است.

(d) – **الزامات تست مجدد ضربه چارپی:**

(1)- برای مواردی که انرژی جذب (*For Absorbed Energy Criteria*) **شده ملاک است:** وقتی میانگین ارقام تست ضربه سه نمونه با مقدار حداقل مجاز تعیین شده برای یک نمونه تکی برابر یا بیشتر باشد و رقم دو نمونه یا بیشتر، کمتر از مقدار میانگین مورد نیاز باشد یا وقتی مقدار یکی از نمونه ها کمتر از حداقل مقدار مجاز برای یک نمونه تکی باشد باید سه نمونه دیگر تست ضربه (Retest) به عمل آید. رقم هر یک از نمونه های تست مجدد (Retest) باید معادل یا بیشتر از رقم میانگین مورد لزوم باشد.

نمونه مثال تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

❋- حداقل استحکام کششی متریال مورد تست ضربه برابر است با 80 Ksi

❋- دمای تست ضربه -46 ^{o}C

❋- حداقل مقدار انرژی میانگین ارقام تست ضربه برای سه نمونه طبق جدول 323.3.5 برابر با 27 J است.

❋- حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 برابر با 20 J است.

جدول- ۲۴۳: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)												
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion(mm)			Average	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
WW	WM	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.34	N/A	25	22	27	25	Rej
HH	HAZ	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.19	N/A	42	35	40	39	ACC
BB	BM	55*5*10	-46	N/A	N/A	0.17	N/A	15	35	38	29	Rej

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی *WW* اولاً- حداقل مقدار انرژی میانگین سه قطعه (25 J) از حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی (20 J) بیشتر است. ثانیاً- دو قطعه از سه قطعه دارای انرژی کمتری نسبت به حداقل مقدار انرژی میانگین سه قطعه (27 J) دارا هستند. بنابراین قطعات فلز جوش می بایست مجدداً تست ضربه شوند.

ب) در سه قطعه‌ی *BB* یکی از قطعات انرژی جذب شده اش از حداقل مقدار انرژی لازم برای یک نمونه تکی (20 J) کمتر است. بنابراین قطعات فلز جوش می بایست مجدداً تست ضربه شوند.

(2)- برای مواردی که انبساط جانبی (*For Lateral Expansion Criterion*) **ملاک است:** اگر مقدار انبساط جانبی برای یک نمونه در یک دسته‌ی سه تایی زیر 0.38 mm باشد ولی نباید زیر 0.25 mm باشد و چنانچه میانگین مقدار سه نمونه برابر یا بیشتر از 0.38 mm گردد ممکن است سه نمونه اضافی دیگر آزمایش مجدد شوند و هر یک از آنها (هر کدام از سه نمونه) بایستی برابر یا بیشتر از حداقل مقدار 0.38 mm باشد.

در خصوص متریالهایی که عملیات حرارتی شده اند چنانچه مقدارهای مورد نیاز در آزمایش مجدد بدست نیامده باشد یا چنانچه مقادیر خواسته شده در تست اولیه کمتر از حداقل مقدار مجاز برای تست مجدد می باشد؛ متریال ممکن است مجدد عملیات حرارتی و تست مجدد گردد. پس از عملیات حرارتی بایستی یک مجموعه شامل سه نمونه تهیه و تست مجدد گردد. برای معیار پذیرش، انبساط جانبی هر یک از نمونه ها بایستی حداقل برابر یا بیشتر از حداقل مقدار0.38 mm باشد.

نمونه مثال تست مجدد برای مواردی که انبساط جانبی ملاک است مطابق جدول 323.3.5

- متریال مورد تست، استنلس استیل با P-No. 8
- دمای تست ضربه -120 ºC
- حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه برابر یا بیشتر از 0.38 mm باشد.

جدول- ۲۴۴: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که انرژی جذب شده ملاک است مطابق جدول 323.3.5

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)												
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (˚C)	lateral expansion (mm)			Average (mm)	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
W1, 2, 3	WM	55*5*10	-120	0.41	0.45	0.43	0.43					ACC
H1, 2, 3	HAZ	55*5*10	-120	0.55	0.49	0.58	0.54					ACC
B1, 2, 3	BM	55*5*10	-120	0.27	0.44	0.54	0.42					Rej

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی *B1, 2, 3* چونکه حداقل میانگین مقدار انبساط جانبی برای سه نمونه بیشتر از 0.38 mm می باشد. اما یکی از این قطعات از مقدار 0.38 mm کمتر ولی طبق استاندارد از مقدار 0.25 mm بیشتر است، بنابراین می توان برای این تست سه نمونه اضافی تست مجدد انجام داد.

(3)- برای نتایج تست غیر معقول: وقتی بعلت یک نمونه‌ی معیوب یا بعلت وجود یک دستورالعمل نامناسب یک نتیجه غیر معقول بدست می آید؛ انجام تست مجدد مجاز می باشد.

نمونه مثال تست مجدد برای مواردی که نتایج غیر معقول را نشان دهد مطابق جدول 323.3.5

- حداقل استحکام کششی متریال مورد تست ضربه برابر است با 70 Ksi
- دمای تست ضربه -38 ºC
- حداقل مقدار انرژی میانگین ارقام تست ضربه برای سه نمونه طبق جدول 323.3.5 برابر با 20 J است.
- حداقل مقدار انرژی برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 برابر با 16 J است.

جدول- ۲۴۵: نمونه‌ی تست مجدد برای مواردی که نتایج غیر معقول را نشان دهد مطابق جدول 323.3.5

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170)												
Specimen No.	Notch Location	Specimen Size(mm)	Test Temp. (°C)	lateral expansion (mm)			Average (mm)	Absorbed Energy (J)			Ave. (J)	Result Acc/Rej
WW1, 2, 3	WM	55*5*10	-38					48	55	67	57	ACC
HH1, 2, 3	HAZ	55*5*10	-38					67	75	63	68	ACC
BB1, 2, 3	BM	55*5*10	-38					405	58	77	180	Rej

توضیح در باره مثال فوق:

الف) در سه قطعه‌ی *BB1, 2, 3* با توجه به حداقل مقدار انرژی نمونه های مربوط به Base Metal برای یک نمونه تکی طبق جدول 323.3.5 مقدار (16 J) است اما نتایج بدست آمده برای سه قطعه؛ سه عدد را نشان می دهد که یکی از آنها هیچ سنخیتی با آن دو عدد دیگر ندارد. سه عدد مورد نظر بترتیب 405, 58, 77 می باشند که عدد 405 یک نتیجه‌ی غیر معقول است و برای این تست درخواست تست مجدد می شود.

توجه برای تهیه‌ی قطعات جهت تست مجدد به این پاراگراف از استاندارد ASME Sec. IX-2019 دقت شود:

❋- پاراگراف QW-202.1-Mechanical Tests- تستهای مکانیکی

نوع و تعداد نمونه های آزمایشی که بایستی برای تایید یک دستورالعمل جوش شیاری (Groove Weld) آزمایش شوند در QW-451 بیان شده است. این نمونه ها بایستی همانند آنچه در شکلهای QW-463.1 (a) تا QW-463.1 (f) نشان داده شده اند، برداشته شوند. چنانچه هر نمونه آزمایش که بوسیله‌ی QW-451 مورد نیاز می باشد مطابق معیارهای پذیرش نباشد باید مردود در نظر گرفته شود. وقتی بتوان مشخص نمود علت شکست (مردود شدن) مربوط به پارامترهای جوشکاری نمی باشد ممکن است یک قطعه تست دیگر با همان پارامترهای یکسان و همانند جوشکاری گردد.

بعنوان یک راهکار جایگزین دیگر؛ چنانچه از قطعه‌ی اصلی تست (Test Coupon) به مقدار کافی موجود است، ممکن است نمونه های اضافی مورد نیاز تست را تا جایی که امکان دارد از محل اصلی نمونه گیری برداشته و جایگزین نمونه های مردود شده، نمود.

❋- جدول 323.3.5 Minimum Required Charpy V-Notch Impact Values

جدول 323.3.5 به دو بخش تقسیم شده است:

(a)- مربوط به فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژی می باشد.

(b)- مربوط به فولادهای زنگ نزن استنلس استیل با P-No. 8 و فولادهای پر آلیاژ P No. 6, 7, 10H & 10I و همچنین متریالها با حداقل استحکام کششی 656 MPa (95 Ksi) و بیشتر می باشد.

یادداشتهای جدول 323.3.5 : شکل ۲۴۲

(1)- برای تست های مجدد (Retest) به پاراگراف323.3.5.(d) نگاه کنید.

(2)- انرژی جذب شده در این جدول برای نمونه های با ابعاد استاندارد (Full Size) می باشد. برای نمونه های زیر استاندارد (Subsize) این ارقام باید در نسبت عرض نمونه واقعی به عرض نمونه با ابعاد کامل (10mm) ضرب شود. (مثال: چنانچه نمونه کامل بایستی 18J انرژی جذب نماید ولی ابعاد نمونه موجود 3mm است و زیر سایز استاندارد می باشد، مقدار انرژی جذب شده بوسیله این نمونه باید (5.4J = 0.3×18 = 3÷10) باشد.)

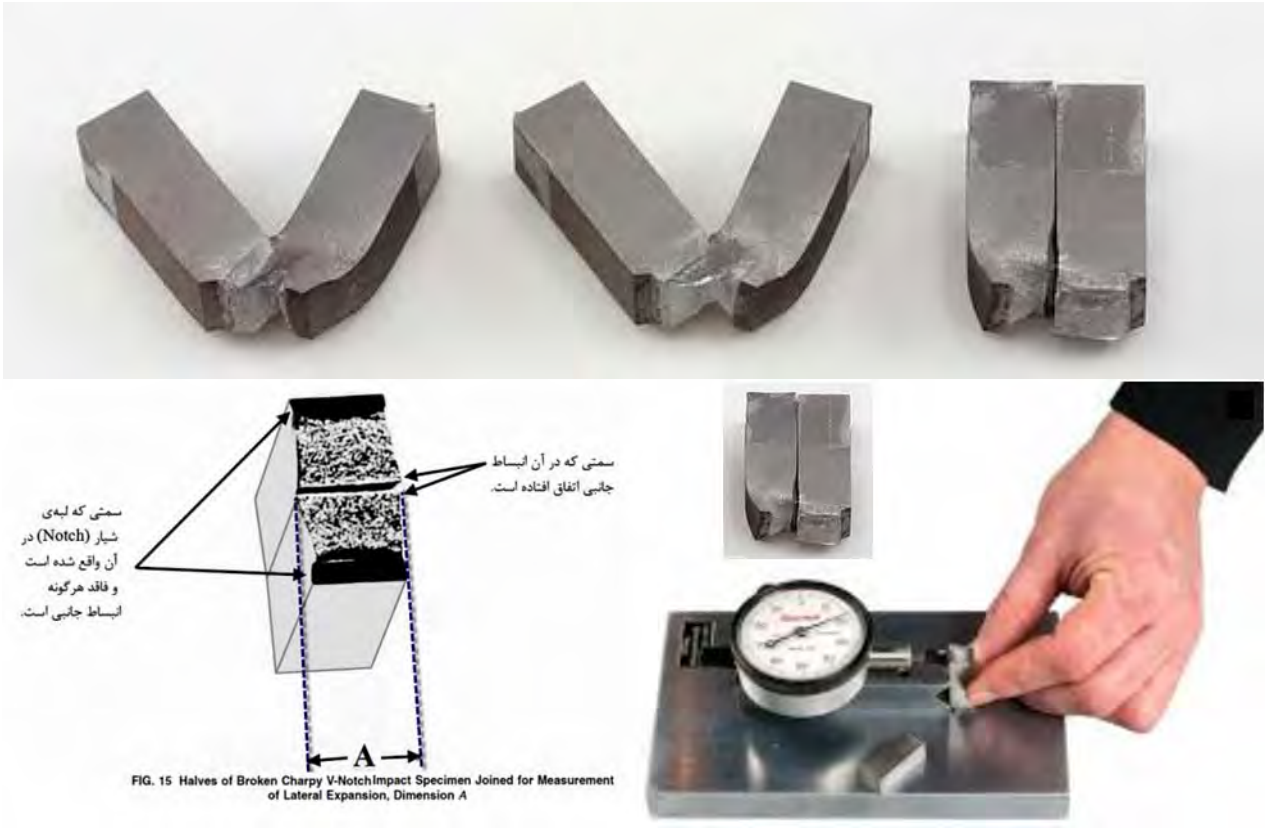
(3)- برای پیچ و مهره هایی که سطح استحکام آنها در اندازه های M52 و کمتر می باشد، ممکن است الزامات تست ضربه ذکر شده در استاندارد ASTM A320 بکار برده شود. برای پیچ و مهره های بالا تر از M52 الزامات این جدول بکار برده می شود.

جدول- ۲۴۶: معیار پذیرش تست ضربه در جدول 323.3.5 در ASME B31.3-2018

Table 323.3.5 Minimum Required Charpy V-Notch Impact Values

Specified Minimum Tensile Strength	Number of Specimens [Note (1)]	Energy [Note (2)]			
		Fully Deoxidized Steels		Other Than Fully Deoxidized Steels	
		Joules	ft-lbf	Joules	ft-lbf
(a) Carbon and Low Alloy Steels					
448 MPa (65 ksi) and less	Average for 3 specimens	18	13	14	10
	Minimum for 1 specimen	14	10	10	7
Over 448 to 517 MPa (75 ksi)	Average for 3 specimens	20	15	18	13
	Minimum for 1 specimen	16	12	14	10
Over 517 but not incl. 656 MPa (95 ksi)	Average for 3 specimens	27	20	...	...
	Minimum for 1 specimen	20	15	...	...
		Lateral Expansion			
656 MPa and over [Note (3)]	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			
(b) Steels in P-Nos. 6, 7, 8, 10H, and 10I	Minimum for 3 specimens	0.38 mm (0.015 in.)			

NOTES:
(1) See para. 323.3.5(d) for permissible retests.
(2) Energy values in this Table are for standard size specimens. For subsize specimens, these values shall be multiplied by the ratio of the actual specimen width to that of a full-size specimen, 10 mm (0.394 in.).
(3) For bolting of this strength level in nominal sizes M 52 (2 in.) and under, the impact requirements of ASTM A320 may be applied. For bolting over M 52, requirements of this Table shall apply.



شکل- ۵۷۶ : طریقه بدست آوردن میزان Lateral expansion با استفاده از Lateral Expansion Gauge

*- جدول 323.2.2A : ضریب مقادیر حداقل درجه حرارت بدون تست ضربه برای متریالهای فولاد کربنی (برای منحنی ها به شکل 323.2.2A نگاه کنید.)

جدول- ۲۴۷: ضریب مقادیر حداقل درجه حرارت بدون تست ضربه برای متریالهای فولاد کربنی

Table 323.2.2A Tabular Values for Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials (See Figure 323.2.2A for Curves)

Nominal Thickness, $\overline{T}$ [Note (1)]		Lowest Exemption Temperature							
		Curve A [Note (2)]		Curve B [Note (3)]		Curve C [Note (3)]		Curve D	
mm	in.	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
6.4	0.25	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
7.9	0.3125	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
9.5	0.375	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
10.0	0.394	−9.4	15	−28.9	−20	−48.3	−55	−48.3	−55
11.1	0.4375	−6.7	20	−28.9	−20	−41.7	−43	−48.3	−55
12.7	0.5	−1.1	30	−28.9	−20	−37.8	−36	−48.3	−55
14.3	0.5625	2.8	37	−21.7	−7	−35.0	−31	−45.6	−50
15.9	0.625	6.1	43	−16.7	2	−32.2	−26	−43.9	−47
17.5	0.6875	8.9	48	−12.8	9	−29.4	−21	−41.7	−43
19.1	0.75	11.7	53	−9.4	15	−27.2	−17	−40.0	−40
20.6	0.8125	14.4	58	−6.7	20	−25.0	−13	−38.3	−37
22.2	0.875	16.7	62	−3.9	25	−23.3	−10	−36.7	−34
23.8	0.9375	18.3	65	−1.7	29	−21.7	−7	−35.6	−32
25.4	1.0	20.0	68	0.6	33	−19.4	−3	−34.4	−30
27.0	1.0625	22.2	72	2.2	36	−18.3	−1	−33.3	−28
28.6	1.125	23.9	75	3.9	39	−16.7	2	−32.2	−26
30.2	1.1875	25.0	77	5.6	42	−15.6	4	−30.6	−23
31.8	1.25	26.7	80	6.7	44	−14.4	6	−29.4	−21
33.3	1.3125	27.8	82	7.8	46	−13.3	8	−28.3	−19
34.9	1.375	28.9	84	8.9	48	−12.2	10	−27.8	−18
36.5	1.4375	30.0	86	9.4	49	−11.1	12	−26.7	−16
38.1	1.5	31.1	88	10.6	51	−10.0	14	−25.6	−14
39.7	1.5625	32.2	90	11.7	53	−8.9	16	−25.0	−13
41.3	1.625	33.3	92	12.8	55	−8.3	17	−23.9	−11
42.9	1.6875	33.9	93	13.9	57	−7.2	19	−23.3	−10
44.5	1.75	34.4	94	14.4	58	−6.7	20	−22.2	−8
46.0	1.8125	35.6	96	15.0	59	−5.6	22	−21.7	−7
47.6	1.875	36.1	97	16.1	61	−5.0	23	−21.1	−6
49.2	1.9375	36.7	98	16.7	62	−4.4	24	−20.6	−5
50.8	2.0	37.2	99	17.2	63	−3.3	26	−20.0	−4
52.4	2.0625	37.8	100	17.8	64	−2.8	27	−19.4	−3
54.0	2.125	38.3	101	18.3	65	−2.2	28	−18.9	−2
55.6	2.1875	38.9	102	18.9	66	−1.7	29	−18.3	−1
57.2	2.25	38.9	102	19.4	67	−1.1	30	−17.8	0
58.7	2.3125	39.4	103	20.0	68	−0.6	31	−17.2	1
60.3	2.375	40.0	104	20.6	69	0.0	32	−16.7	2
61.9	2.4375	40.6	105	21.1	70	0.6	33	−16.1	3
63.5	2.5	40.6	105	21.7	71	1.1	34	−15.6	4
65.1	2.5625	41.1	106	21.7	71	1.7	35	−15.0	5
66.7	2.625	41.7	107	22.8	73	2.2	36	−14.4	6
68.3	2.6875	41.7	107	22.8	73	2.8	37	−13.9	7
69.9	2.75	42.2	108	23.3	74	3.3	38	−13.3	8
71.4	2.8125	42.2	108	23.9	75	3.9	39	−13.3	8
73.0	2.875	42.8	109	24.4	76	4.4	40	−12.8	9
74.6	2.9375	42.8	109	25.0	77	4.4	40	−12.2	10
76.2	3.0	43.3	110	25.0	77	5.0	41	−11.7	11

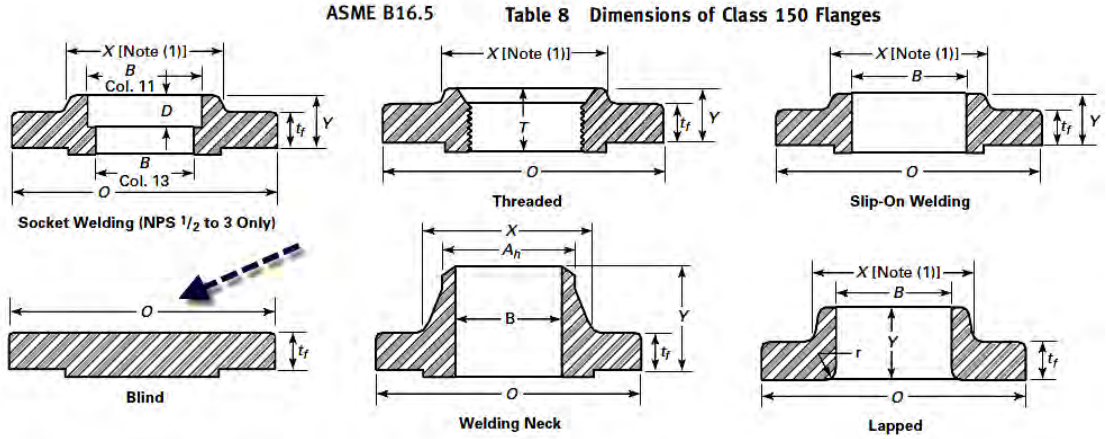
Table 323.2.2A Tabular Values for Minimum Temperatures Without Impact Testing for Carbon Steel Materials (See Figure 323.2.2A for Curves) (Cont'd)

NOTES:
(1) For blind flanges and blanks made from materials with a letter designation in the Min. Temp. column of Table A-1 or Table A-1M, $\overline{T}$ shall be ¼ of the total thickness, where the total thickness is the thickness of the blind flange or blank including the thickness of the facing(s), if applicable.
(2) X Grades of API 5L, and ASTM A381 materials, may be used in accordance with Curve B if normalized or quenched and tempered.
(3) The following materials may be used in accordance with Curve D if normalized:
(a) ASTM A516 plate, all grades
(b) ASTM A671 pipe made from A516 plate, all grades
(c) ASTM A672 pipe made from A516 plate, all grades

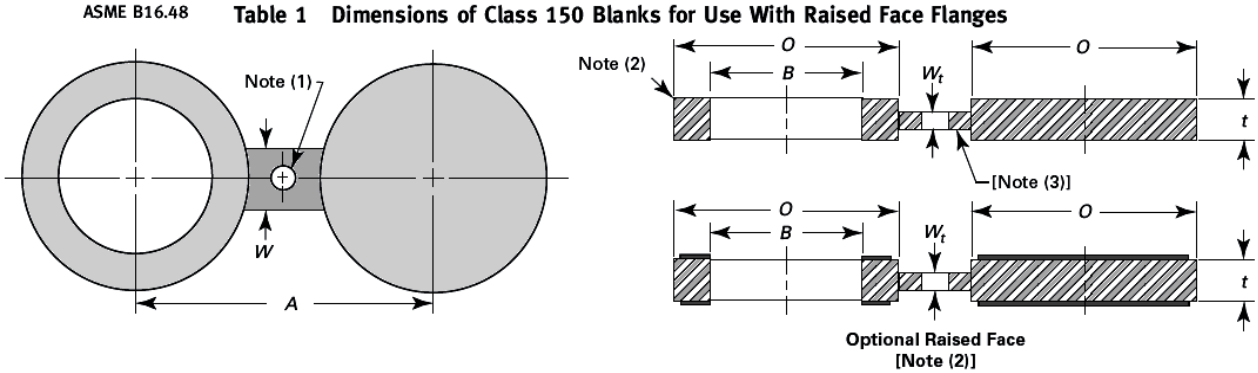
*- یادداشتهای جدول 323.2.2A

(1)- برای درپوش فلنجها (Blind flanges) و مسدود کننده‌ی بین فلنجها (Blanks) های ساخته شده از متریالهایی که در ستون حداقل درجه حرارت در جداول A-1 یا A-1M با یک حرف مشخص شده اند T باید ¼ مجموع ضخامت باشد. مجموع ضخامت عبارت است از ضخامت فلنج کور (blind flanges) و Blank منجمله برآمدگی Face آنها اگر داشته باشند.

Blind Flange. A flange used to close the end of a pipe. It produces a blind end which is also known as a dead end.



Blank Flange. A flange that is not drilled but is otherwise complete.



شکل ۵۷۷ : شکلهایی از برای فلنج های کور (blind flanges) و Blank ها

(2)- متریالهای ASTM A381 و API 5L گریدهای X اگر نرمالیزه و یا کوئینچ و سپس تمپر شده باشند می توانند مطابق منحنی B مورد استفاده قرار گیرند.

(3)- متریالهای زیر چنانچه نرمالیزه شده باشند می توانند مطابق منحنی D مورد استفاده قرار گیرند.

(a) – تمام گریدهای ورق ASTM A516

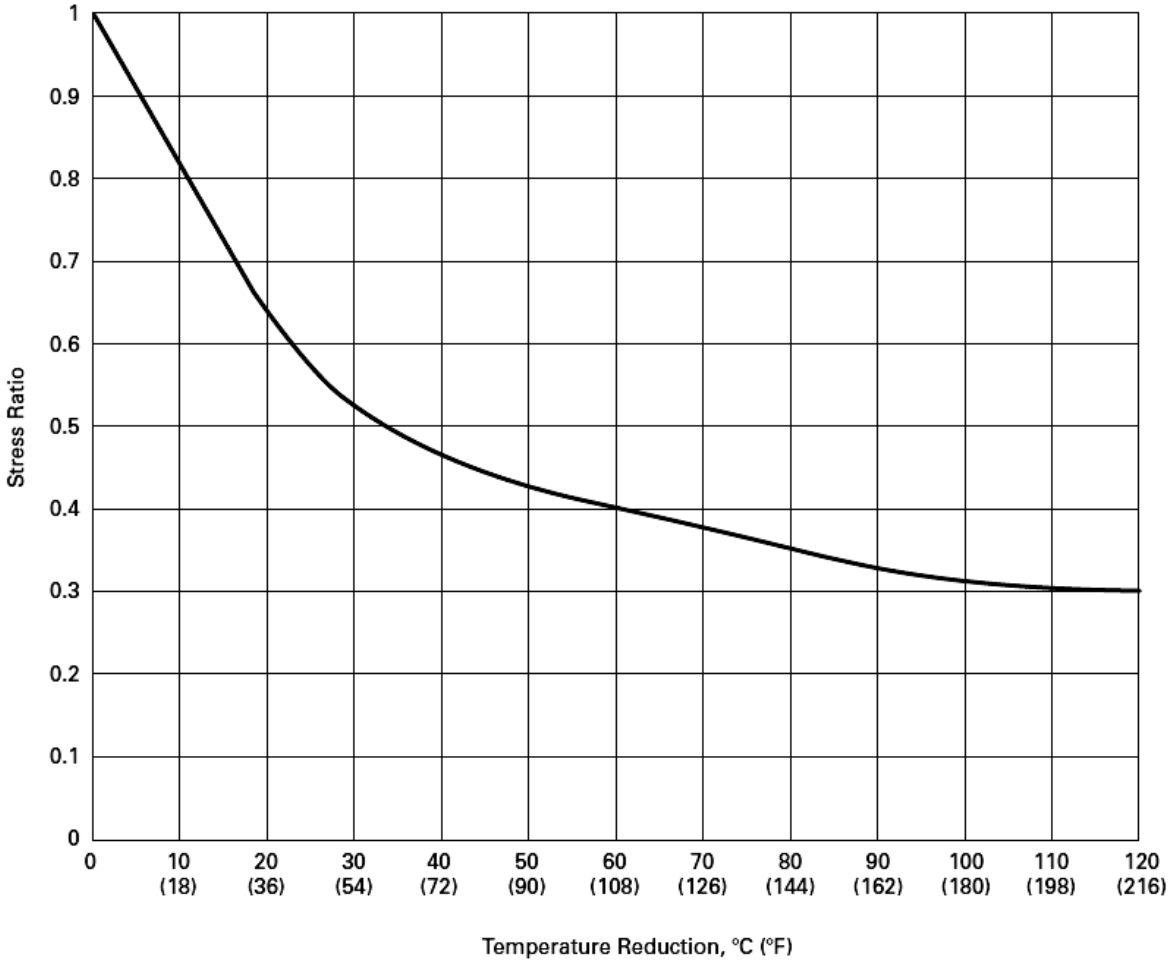
(b) – تمام گریدهای لوله های ASTM A671 ساخته شده از ورقهای ASTM A516

(c) – تمام گریدهای لوله های ASTM A672 ساخته شده از ورقهای ASTM A516

*- شکل 323.2.2B کاهش کمترین درجه حرارت معافیت برای فولادها بدون تست ضربه

(به جدول شماره 323.2.2B برای مقادیر جدولی مراجعه کنید)

Figure 323.2.2B Reduction in Lowest Exemption Temperature for Steels Without Impact Testing (See Table 323.2.2B for Tabular Values)



شکل ۵۷۸ : شکل 323.2.2B کاهش کمترین درجه حرارت معافیت برای فولادها بدون تست ضربه

یادداشت عمومی: برای تعیین نسبت استرس Stress Ratio به پاراگراف 323.2.2(b) نگاه کنید.

مثالی برای استفاده از نمودار Figure 323.2.2B

جهت محاسبه‌ی ضخامت یک خط Piping با اطلاعات زیر داریم:

Material: A106 Gr. B (Seamless)
OD Pipe size: 12.75 in.
Design Temperature: 0ºC
Design Pressure: 500 Psi
Basic Allowable Stresses in Tension (From Table A-1) → 20000 Psi
E (quality factor from Table A-1B): → = 1
W (Weld Joint Strength Reduction Factor): From para. 302.3.5(e) → = 1
Y = (Table 304.1.1 Values of Coefficient *Y* for $t < D/6$) : → = 0.4

t = ? From para. 304.1.2 Straight Pipe Under Internal Pressure → For $t < D/6$

$$(3a) \qquad t = \frac{PD}{2(SEW + PY)}$$

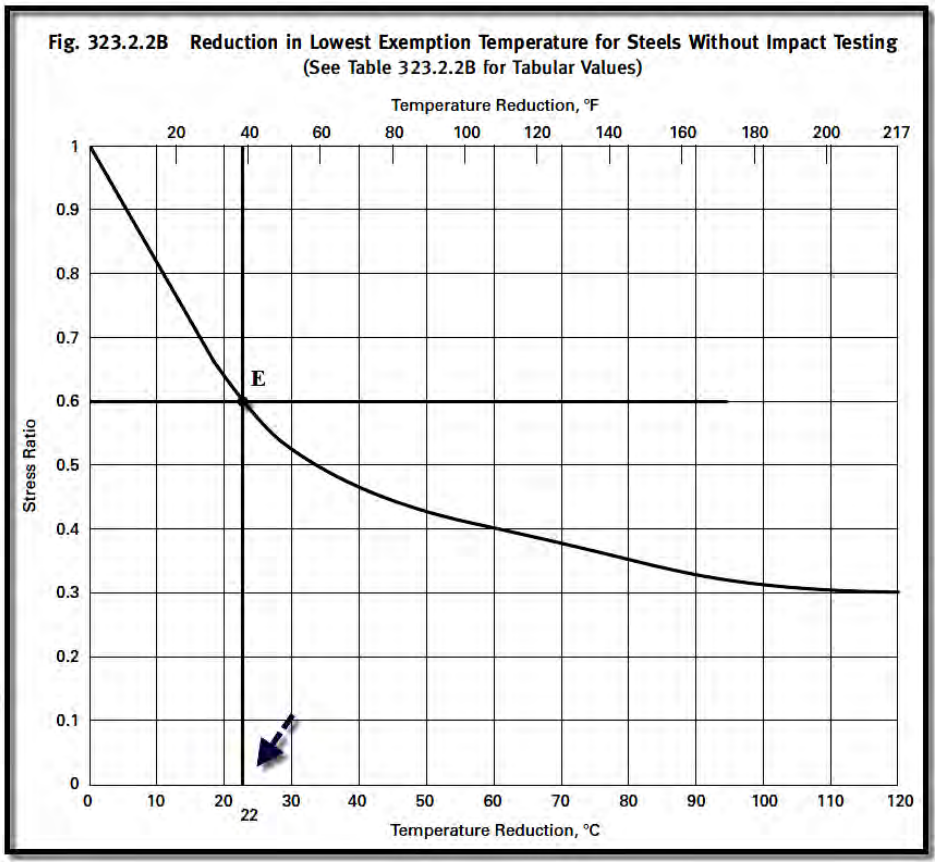
t = 500 × 12.75 / 2 (20000 × 1 × 1 + 500 × 0.4) → t = 0.158 in. → t = 4 mm
Sch 5 (according ASME B36.10M) → Thickness = 3.9 mm (0.156 in.)

*- طبق محاسبه فوق با توجه به داده ها برای این خط Piping ضخامت 0.158 in. مناسب است که این ضخامت تقریباً معادل (0.156 in.) Sch 5 می باشد. حال چنانچه از لوله ای با مشخصه‌ی Sch 20 که دارای ضخامت (0.25 in.) می باشد استفاده شود. در اینصورت با این افزایش ضخامت یک معافیت کاهش دمای پایین تر برای این متریال بدون نیاز به تست ضربه حاصل می شود. حال میزان این کاهش چند درجه است؟ اول می بایست مقدار Basic Allowable Stresses in Tension حقیقی این ضخامت جدید را حساب کرد. بصورت زیر:

$$(3a) \qquad t = \frac{PD}{2(SEW + PY)}$$

0.25 = 500 × 12.75 / 2 (S × 1 × 1 + 500 × 0.4) → 0.25 = 6375 / 2S + 400
→ 0.50S = 6375 / (0.25 × 400) → 0.50S = 6375 - 100 → S = 6275 / 0.50 → S = 12550
Stress Ratio = Actual Ratio / Basic Allowable Stresses → Stress Ratio = 12550/20000
→ Stress Ratio = 0.6

حال مطابق نمودار Fig. 323.2.2B از 0.6 خطی افقی رسم می کنیم تا خط قوسی نمودار را در نقطه‌ی E قطع کند، سپس از نقطه E به خط افقی نمودار خطی عمود رسم می کنیم تا میزان کاهش دما بدون نیاز به تست ضربه مشخص گردد. به نمودار دقت شود؛ منظور دمای ºC 22 است. یعنی این متریال تا دمای ºC 22- نیاز به تست ضربه ندارد.



شکل ۵۷۹ : کاهش ºC 22- در حداقل دمای طراحی بدون نیاز به تست ضربه

جدول- ۲۴۸: جدول 323.3.1 الزامات تست ضربه برای فلزات مطابق ASME B31.3-2018

Table 323.3.1 Impact Testing Requirements for Metals

Test Characteristics		Column A Materials Tested by the Manufacturer [Note (1)] or Those in Table 323.2.2 Requiring Impact Tests Only on Welds	Column B Materials Not Tested by the Manufacturer or Those Tested But Heat Treated During or After Fabrication
Tests on Materials	Number of tests	A-1 The greater of the number required by (a) the material specification or (b) the applicable specification listed in para. 323.3.2 [Note (2)]	B-1 The number required by the applicable specification listed in para. 323.3.2 [Note (2)]
	Location and orientation of specimens	2 As required by the applicable specification listed in para. 323.3.2.	
	Tests by	A-3 The manufacturer	B-3 The fabricator or erector
Tests on Welds in Fabrication or Assembly	Test piece for preparation of impact specimens	4 One required for each welding procedure, for each type of filler metal (i.e., AWS E-XXXX classification), and for each flux to be used. Test pieces shall be subjected to essentially the same heat treatment (including time at temperature or temperatures and cooling rate) as the erected piping will have received.	
	Number of test pieces [Note (3)]	A-5 (a) One piece, thickness T, for each range of material thickness from $T/2$ to T + 6 mm ($\frac{1}{4}$ in.) (b) Unless required by the engineering design, pieces need not be made from each lot, nor from material for each job, provided that welds have been tested as required by Section 4 above, for the same type and grade of material (or for the same P-Number and Group Number in the ASME BPVC, Section IX), and of the same thickness range, and that records of the tests are made available	B-5 (a) One piece from each lot of material in each specification and grade including heat treatment [Note (4)] unless (b) Materials are qualified by the fabricator or erector as specified in items B-1 and 2 above, in which case the requirements of item A-5 apply
	Location and orientation of specimens	6 (a) Weld metal: across the weld, with notch in the weld metal; notch axis shall be normal to material surface, with one face of specimen ≤1.5 mm ($\frac{1}{16}$ in.) from the material surface. (b) Heat affected zone (HAZ): across the weld and long enough to locate notch in the HAZ after etching; notch axis shall be approximately normal to material surface and shall include as much as possible of the HAZ in the fracture.	
	Tests by	7 The fabricator or erector	

NOTES:

(1) A certified report of impact tests performed (after being appropriately heat treated as required by Table 323.2.2, item B-3) by the manufacturer shall be obtained as evidence that the material (including any welds used in its manufacture) meets the requirements of this Code and that
(a) the tests were conducted on specimens representative of the material delivered to and used by the fabricator or erector, or
(b) the tests were conducted on specimens removed from test pieces of the material which received heat treatment separately in the same manner as the material (including heat treatment by the manufacturer) so as to be representative of the finished piping

(2) If welding is used in manufacture, fabrication, or erection, tests of the HAZ will suffice for the tests of the base material.

(3) The test piece shall be large enough to permit preparing three specimens from the weld metal and three from the HAZ (if required) in accordance with para. 323.3. If this is not possible, preparation of additional test pieces is required.

(4) For purposes of this requirement, "lot" means the quantity of material described under the "Number of tests" provision of the specification applicable to the product term (i.e., plate, pipe, etc.) listed in para. 323.3.2.

یادداشت های جدول 323.3.1

(1)- یک گزارش تأیید شده از تست های ضربه انجام شده (بعد از اینکه، آنطور که در جدول 323.2.2, B-3 لازم دانسته بطور مناسبی عملیات حرارتی انجام شده باشد.) توسط تولید کننده باید بعنوان مدرکی دال بر اینکه متریال (منجمله هر جوشی که حین تولید انجام شده باشد.) الزامات این کُد را برآورده می نماید و اینکه:

(a) – تستها بر روی نمونه هایی انجام شده نماینده متریال تحویل داده شده به سازنده و نصاب بوده که توسط آنها مورد استفاده قرار گرفته شده است.

(b) – تستها بر روی نمونه هایی از قطعات تست انجام شده که به همان روشی که متریال عملیات حرارتی شده (منجمله عملیات حرارتی توسط سازنده) عملیات حرارتی شده اند بطوریکه (قطعات تست) نماینده عملیات لوله کشی تمام شده باشند.

(2)- اگر در تولید، ساخت و نصب عملیات جوشکاری انجام شود تست های انجام شده بر روی HAZ کفایت می کنند و تست بر روی متریال مبناء نیاز نمی باشد.

(3)- قطعات تست باید به اندازه‌ی کافی بزرگ باشند تا بتوان سه نمونه از فلز جوش، سه نمونه از HAZ (اگر لازم باشد) مطابق با پاراگراف 323.3 تهیه نمود. اگر اینکار امکان نداشت قطعات تست اضافی باید تهیه شود.

(4)- منظور از Lot در این الزامات عبارت است از تعداد متریال شرح داده شده در بند "تعداد تستها" که در مورد محصولات (بطور مثال ورق، لوله و غیره) لیست شده در پاراگراف 323.3.2 بکار برده می شود.

APPENDIX F
GUIDANCE AND PRECAUTIONARY CONSIDERATIONS

- Appendix F : **راهنما و بحث در مورد احتیاطات**
- پاراگراف F323.2 (Temperature Limitations)

محدودیتهای دمایی

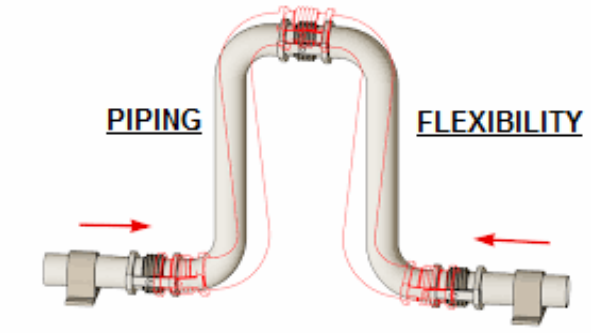
- پاراگراف F323.2.2 از Appendix F

محدودیت درجه حرارت پایین تر: عطف به متریالهای ملاحظه شده برای استفاده در یک درجه حرارت معافیت پایین تر بدون تست ضربه با استفاده از پاراگرافهای (h) 323.2.2 یا (i) مقررات آسان گیرانه‌ی پاراگراف 323.2.2 نباید برای سیستمهای لوله کشی ای که حاوی جوشهای بین متریالهای غیر همنام بخصوص جوشهای بین متریال های فریتی و آستنیتی هستند و انتظار می رود در معرض نیروهای شوک یا کمانش حرارتی قرار گیرند بکار برده شوند. برای چنین سیستمهایی از لوله کشی، تمهیدات شدیدتری از نظر تست و تجزیه (آنالیز) باید بکار برده شود. برای مثال تنش اضافی به علت نیروهای برشی محیطی نزدیک جوش فلزهای غیر همنام بعلت انقباض حرارتی متفاوت (Differential thermal contraction) آنها و اثر آن بر تنش مرکب باید تعیین شود.

مدول آلاستیته (Modulus of elasticity) برای شرایط مورد ملاحظه باید در زمان ارزیابی واکنش ها مورد استفاده قرار گیرد. Cold Springing یا عدم همطرازی (Misalignment) می تواند منجر به تنش هایی در شرایط محیط شود. طراح مسئول است که قبل از هر گونه اجازه برای کاهش درجه حرارت طراحی بدون تست ضربه اطمینان حاصل کند که چنین تنش هائی به حساب آمده اند. (در طراحی لحاظ شده اند)

- **توجه:** برای درک بهتر مبحث Cold Spring به پاراگراف 319.2.4 از استاندارد ASME B31.3-2018 مراجعه شود.

نمونه ای از Cold Spring در Piping System



شکل ۵۸۰ : نمایی از یک Cold Spring در Piping System

■- خلاصه انواع تستهای خوردگی حفره ای (Pitting)

*- تست خوردگی حفره ای (Pitting) طبق مشخصات (ASTM G48)

Pitting Corrosion test as per ASTM G48 Method B Specification

تست خوردگی مطابق مشخصات فوق ما را در شناسایی و آزمایش حفره ها و ارزیابی خوردگی حفره ای یاری می کند تا دامنهٔ تأثیرات این نوع خوردگی را تعیین کنیم. در این روش نمونه ای را در معرض محیطی فوق العاده اکسید کننده حاوی اسید کلریدریک قرار می دهند. اهمیّت این ارزیابی این است که ما را قادر می سازد تا مقدار و دامنهٔ خوردگی حفره ای را چه در سرویس، جائیکه لازم است عمر باقی ماندهٔ فلز را پیش بینی کنیم و چه در تستهای آزمایشگاهی برای انتخاب متریال هائی که بیشترین مقاومت را در برابر خوردگی حفره ای در سرویس را دارند، تعیین کنیم.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM G48) مراجعه شود.

*- تست پاشش نمک مطابق استاندارد (ASTM B117)

Salt Spray (Neutral / Fog), ASTM B117

این تست بیشترین کاربرد را برای تست پوششهای اورگانیک و غیر اورگانیک دارد. تستهای پاشش نمک وسیله ای است برای ارزیابی یکنواختی ضخامت و تعداد حفره های پوششهای حفاظتی فلزی و غیر فلزی. تعدادی از نمونه ها بسته به اندازه می توانند به یکباره تست شوند. برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM-B117) مراجعه شود.

*- تست خوردگی بین دانه ای (ASTM A-262)

Inter Granular Corrosion Test (IGC) per ASTM A-262

برای منظور فوق تستهای زیر طبق (ASTM A262) انجام می گیرد.

Oxalic Acid Test, ASTM A262, Practice A (Oxalic Acid Etch)

تست اسید اکزالیک

تست اچ کردن توسط اسید اکزالیک روش سریعی است برای اینکه بتوانیم نمونه هایی از گروههایی معین از فولادهای زنگ نزن را که اساساً در برابر حملات عوامل شیمیایی در مرز دانه ها به دنبال رسوب کاربید کُروم، مقاوم هستند از سایر نمونه ها تمیز دهیم. این تست برای پذیرش نمونه ها بکار میرود نه برای مردود کردن آنها.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM A262 Practice A) مراجعه شود.

Ferric Sulfate - Sulfuric Acid, ASTM A262 - Practice B (Streicher Test)

تست سولفات فریک- اسید سولفوریک

اساس این تست تعیین کاهش وزن می باشد و معیار کمی از کارکرد نسبی متریال مورد ارزیابی را بدست می دهد.

در این روش، نمونه ای به مدت ۲۴ تا ۱۲۰ ساعت در محلول جوشان سولفات آهن- و اسید سولفوریک ۵۰ درصد قرار داده می شود. این روش استعداد فولادهای زنگ نزن و آلیاژهای نیکلی را در برابر حملات عوامل شیمیایی به دنبال رسوب کاربیدهای کُروم در مرز دانه ها ارزیابی می کند.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM A262 Practice B) مراجعه شود.

Nitric Acid, ASTM A262, Practice C, (Huey Test)

تست اسید نیتریک

در این روش نمونه ها در پنج نوبت و هر نوبت به مدت ۴۸ ساعت در محلول اسید نیتریک ۶۵ درصد جوشانده می شوند میزان خوردگی در زمان هر نوبت جوشاندن از طریق محاسبهٔ کاهش وزن نمونه ها تعیین می گردد. اگر به طور مناسب تفسیر گردد، نتایج می تواند تعیین کند که آیا فولاد به شیوهٔ صحیحی عملیات حرارتی شده است یا خیر.

اتمسفر تست روش فوق به شدت اکسید کننده است و تنها برای این بکار می رود که تعیین کند عملیات حرارتی متریال بدرستی انجام شده است یا خیر. این تست برای آشکار سازی نواحی تهی شده از کُروم و همچنین رسوبات فلزی مانند سیگما مناسب می باشند. این تست در مورد متریالهایی که با عوامل اکسید کنندهٔ قوی مانند اسید نیتریک در تماس می باشند بکار برده می شود. این روش می تواند برای آزمایش مؤثر بودن عناصر پایدار کننده و همچنین بر مؤثر بودن کم کردن مقدار کربن در کاهش حساسیت فولادهای زنگ نزن نیکل کُروم به حملات در مرز دانه ها مورد استفاده قرار گیرد.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM A262 Practice C) مراجعه شود.

Copper - Copper Sulfate - 16% sulfuric acid, ASTM A262 - Practice E (Strauss Test)

تست مس- سولفات مس- اسید سولفوریک ۱۶ درصد

این روش تست برای تعیین حساسیت فولادهای زنگ نزن آستنیتی در برابر حملات عوامل شیمیایی در مرز دانه ها بدنبال رسوب کاربید کُروم بکار برده می شود. نمونه، پس از اینکه در محلول جوشان قرار گرفت به اندازهٔ **۱۸۰ درجه** و با قطری معادل ضخامت نمونه خم می گردد. اساس این نوع تست بازرسی چشمی نمونه‌ی خم شده است.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM A262 Practice E) مراجعه شود.

Copper - Copper Sulfate - 50% sulfuric acid, ASTM A262 - Practice F

تست مس- سولفات مس- اسید سولفوریک ۵۰ درصد

اساس این تست تعیین کاهش وزن می باشد و معیاری کمی در مورد کار کرد متریال مورد ارزیابی را فراهم می کند. این تست حساسیت فولادهای زنگ نزن در برابر حملات عوامل شیمیایی در مرز دانه ها را اندازه گیری می کند.

برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM A262 Practice F) مراجعه شود.

*- تست خوردگی مطابق استاندارد (ASTM G 35)

Corrosion test as per ASTM G 35 specification

محیطهای حاوی اسید پلی یونیک (اسید سولفوریک و سولفید ئیدروژن) شرایط را برای ارزیابی مقاومت فولادهای زنگ نزن و آلیاژهای مربوطه در برابر ترک ناشی از خوردگی تنش بین دانه ای فراهم می کنند. این عمل می تواند در مورد محصولات کار شده (Wrought)، ریختگی ها، فلز جوش فولادهای زنگ نزن یا سایر متریالهایی که باید در محیطهای حاوی گوگرد و سولفید ها مورد استفاده قرار بگیرند بکار برده شود. برای اطلاعات کاملتر و جامع تر به استاندارد (ASTM G 35) مراجعه شود.

■- تست CTOD

CTOD(Crack Tip Opening Displacement)

بررسی و تحقیق در باره‌ی این تست را جناب آقای مهندس آیت الله دانشمند و با همکاری آقای مهندس امیر باستانی پور قبول زحمت فرمودند جا دارد من در اینجا از زحمات و دقت بالای ایشان، برای تهیه‌ی این مقاله بسیار با ارزش، قدردانی و تشکر کنم. امید است که زحمات ایشان برای همه‌ی برادران عزیز که در عرصهٔ صنعت فعال هستند مفید باشد. انشاالله که همینطور است.

تست CTOD:Crack Tip Opening Displacement یا جابجایی توک ترک که نوعی آزمون مخرب برای اندازه گیری چقرمگی شکست(تافنس یا انرژی شکست) می باشد بعبارتی تست CTOD یکی از تست های مکانیک شکست بوده که مقاومت متریال در برابر پیشرفت ترک را مشخص می نماید قطعه ای شیاردار که یک ترکی بطول مشخص در نوک آن ایجاد گردیده و عموماً تحت خمش قرار گرفته بگونه ای که نوک ترک باز شود و میزان باز شدن نوک ترک بدون ایجاد شکست ترد بعنوان چقرمگی اندازه گیری می شود مقدار چقرمگی جوش با باز شدن نوک ترک رابطه مستقیم دارد بعبارتی در این تست حداکثر اندازه ترکی که موجبات شکست را فراهم میکند تعیین می شودبعبارتی وقتی متریال در شرایط سرویس بوده و ترکی در جوش مشاهده شده باشد با تست CTOD برآوردی در خصوص مدت زمانی که ترک می تواند در برابر شرایط کاری دما و بارهای اعمالی مقاومت کند و حداکثر تنشی که می تواند منجر به شکست در آن شرایط گردد را مشخص می نماید.

هدف از ایجاد شیار، بعنوان تمرکز تنش و نوک شیار برای ایجاد ترک اولیه یا Fatigue Precrack می باشد این تست برای جوش و ناحیه HAZ انجام میگیرد.

نمونه شیاردار در دستگاه خمش قرار داده که با ایجاد تنش اعمالی (تنش ناشی از خمش) تمرکز تنش در نوک ترک موجب باز شدن نوک ترک میگردد. حسگرهای متصل به قطعه، گسترش نوک ترک را اندازه و با اندازه گیری جابجایی نوک ترک مقدار CTOD براساس mm مشخص میگردد. میزان باز شدن نوک ترک بدون شکست ترد بعنوان چقرمگی اندازه گیری می شود. عموماً دو نمونه مربعی و مستطیلی برای تست CTOD استفاده می شود.

تست CTOD عموماً بر روی متریالی انجام می گیرد که قبل از Failure، تغییر فرم پلاستیک نشان می دهند. همانطور که خمش بر روی نمونه انجام می گیرد نوک ترک تغییر فرم پلاستیک داده تا یک نقطه بحرانی یا Critical میرسد که ترک به اندازه کافی باز شده و شروع به Cleavage Crack می نماید که منجر به Failure نمونه میگردد لذا اندازه گیری باز شدن نوک ترک در نقطه بحرانی انجام می گیرد.

تست CTOD: در این تست ابتدا با ایجاد یک شکاف (Notch) درمرکز نمونه و ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف (ترک خستگی در نوک شکاف (Notch) ایجاد می گردد) نمونه تحت بارهای خمشی (عموماً Three Point Bend) و یا کششی قرار گرفته و مقدار باز شدن نوک ترکTip Opening اندازه گیری شده و اندازه باز شدن نوک ترک، معیاری برای چقرمگی مواد می باشد.

طول ودهانه ترک بوسیله گیج اندازه گیری شده (گیجی که بر روی دستگاه قرار دارد) و نتایج بصورت نمودار نیرو/جابجایی بطور اتوماتیک توسط دستگاه رسم میگردد

CTOD با اندازه گیری مقدار CMOD (باز شدن و جابجایی دهانه ترک) و با استفاده از نمودار Load vs Displacement محاسبه می گردد. CMOD بمعنی Crack Mouth Opening Displacement و CTOD مقدار باز شدن و یا جابجایی نوک ترک می باشد (Crack Tip Opening. Displacement)

تست CTOD معیاری جهت بررسی تافنس شکست متریال و همچنین مقاومت متریال به رشد و پیشرفت ترک می باشد در این تست در نمونه مورد نظر یک شکاف (Notch) در مرکز نمونه و برای قطعات جوشکاری شده یک شکاف (Notch) در مرکز جوش و یا در ناحیه HAZ (Heat Affected Zone) ایجاد می گردد و سپس در نوک شکاف (Notch) یک ترک خستگی با اندازه مشخص و تحت بارهای سیکلی ایجاد می گردد، بنابراین مقدار CTOD بدست آمده معیاری جهت چقرمگی و تافنس شکست متریال، خصوصاً متریالی که رفتار Ductile (متریال نرم و انعطاف پذیر که دارای انرژی شکست بالایی می باشند) به Brittle (متریال ترد که تافنس شکست کمی داشته و مقدار Plastic Deformation در این متریال کم و یا ناچیز می باشد) را در اثر کاهش دما از خود نشان می دهند.

در واقع تست CTOD انرژی شکست متریال از طریق جابجایی نوک ترک و یا باز شدن نوک ترک سیکلی و همچنین اندازه گیری مقاومت متریال به پیشرفت ترک برای متریالی که مقداری Plastic Deformation قبل از Fail کردن از خود نشان می دهند، که دلیل Fail کردن، کشیده و باز شدن نوک ترک می باشد. با توجه به اینکه تست CTOD تست مخرب بوده و نمونه دچار شکست می گردد لذا در ابتدا با نگاهی اجمالی، انواع شکست در متریال بررسی می گردد.

شکست ترد یا بریتل، در فلزات با ساختار کریستالوگرافی BCC (Body Center Cubic) و HCP در درجه حرارت های پایین و سرعت تغییر شکل بالا، شکست در صفحات و جهات خاص کریستالوگرافی و بصورت Cleavage (کلیواژ) اتفاق می افتد در اینحالت متریال تغییر شکل پلاستیکی قابل توجهی نداشته و شکست معمولاً از طریق ایجاد یک ترک ریز بعنوان منشأ ترک و پیشروی آن اتفاق می افتد.

شکست نرم یا Ductile: در این نوع شکست، قطعه به آرامی و پس از تغییر فرم پلاستیکی زیاد و به ازای تنشی بالاتر از استحکام کششی (UTS) و با ایجاد گلویی شدن و ایجاد حفرات ریز در ناحیه گلویی و اتصال آنها به یکدیگر تا رسیدن به حد یک ترک ریز و رشد آرام ترک تا شکست اتفاق افتد، با پیشرفت ترک، سطح ترک افزایش می یابد که برای ایجاد این سطح، انرژی تغییر شکل عامل اصلی می باشد. دراین نوع شکست، ترک به آرامی رشد و گسترش پیدا می کند، در حالیکه در مواد Brittle ،حرکت و گسترش ترک به سرعت انجام می گیرد. در شکست نرم همچون بسیاری فلزات با ساختار کرستالوگرافی FCC (Face Center Cubic) مانندآلیاژهای آلومینیوم، مس، استنلس آستنیتی، در تمام درجه حرارت، شکست نرم اتفاق می افتد که در واقع انرژی زیادی برای شکست این متریال نیاز می باشد. (بعبارتی متریال های FCC برای دماهای خیلی پایین در صنعت نفت وگاز استفاده می شوند بعنوان مثال متریال استنلس آستنیتی که در جدول B31.3 Table A-1 نشان داده شده است) با افزایش انعطاف پذیری، انرژی شکست، تافنس و چقرمگی افزایش می یابد از فاکتورهای مهم بر انرژی شکست، پارامتر دما می باشد. بعضی از مواد با کاهش دما، رفتار ترد از خود نشان داده و تافنس آنها بشدت کاهش یافته که با بررسی سطوح شکست متریال، ترد و داکتیل بودن متریال مشخص می گردد. اگر سطح شکست متریال خاکستری و تیره باشد شکست نرم در متریال اتفاق افتاده و اگر سطح شکست روشن و شفاف باشد بیانگر شکست ترد می باشد و چنانچه سطوح شکست متریال در مناطقی روشن و در مناطق دیگر تیره باشد بیانگر شکست متریال مثلا 50 درصد ترد و 50 درصد داکتیل بوده است که بررسی و اندازاه گیری این انرژی شکست با روش هایی همچون تست ضربه (تست چارپی و یا تست ایزود)، تست CTOD ، K1C ومقدار J (انتگرال مداری) وغیره انجام پذیر است. تست CTOD بر حسب mm اندازه گیری می شود وبا علامت δ نشان داده می شود که این واحد معیاری برای نرم و ترد بودن متریال می باشد و بعبارتی بیانگر تافنس شکست متریال است.

مواد سخت دارای تافنس پایین و گسترش ترک سریع است ولیکن مواد نرم دارای تافنس بالا که سرعت گسترش ترک کم می باشد

CTOD براساس CMOD و روابط ریاضی ویا براساس K(Intensity Factor) و J وR Curve می تواند محاسبه و تعیین گردد

***- نمونه های تست CTOD**

انواع نمونه های این تست عبارتند از:

SENB: Single Edge Notch Bend
SENT: Single Edge Notch Tension
CT: Compact Tension Test
CCT: Center Cracked Tension
A(B): Arc Shape bend
DC(T): Disk Shape Compact

در تست CTOD با روش SENB (که بصورت SE(B) هم نمایش داده می شود) ابعاد نمونه در Fig 1,2,3,6, 8, و Fig 9 نشان داده شده است در اینحالت نمونه تحت خمش سه تکیه گاه (Three point bend) قرار میگیرد. سطح مقطع نمونه در اینحالت به دو صورت Rectangular (مستطیل) و Square (مربع) می باشد. ابعاد نمونه با سطح مقطع مربع یا Square عبارتند از: B ضخامت نمونه و Wپهنای نمونه (W=B) و a طول ترک می باشد که با ایجاد یک شکاف (Notch) در مرکز نمونه و ترک خستگی در نوک شکاف (Notch) و نیروی خمشی بصورت Three point bend بر روی نمونه اعمال می گردد. در نمونه با سطح مقطع Rectangular یا مستطیلی، ابعاد نمونه در Fig 1, 2, 3 نشان داده شده است در اینحالت W=2B و a طول ترک می باشد سطح مقطع نمونه بصورت (B x 2B) می باشد.

در تست CTOD با روش CT که ابعاد نمونه CT درشکل های Fig 4, 5, 6 نشان داده شده است نیروی اعمالی بر این نمونه ها از نوع کششی بوده و دو سوراخ با قطر معین جهت اعمال نیروی کششی بر روی نمونه ایجاد می گردد در این روش، نمونه به دو روش Straight Notch Compact Tension و Stepped Notch Compact Tension (شکاف بصورت پله ای است) آماده سازی و تحت تست CTOD قرار می گیرند.

تست نمونه CT در مقایسه با نمونه SENB متریال کمتری نیاز داشته اما هزینه CT برای ماشینکاری بیشتر می باشد. نمونه SENB جهت تست در دمای پایین، معمولاً داخل حمام غوطه ور می شوند. در شکل Fig 10,11 ابعاد و شکل نیروی وارده و نوع نیرو برای نمونه Arc Shape Bend نشان داده شده است .

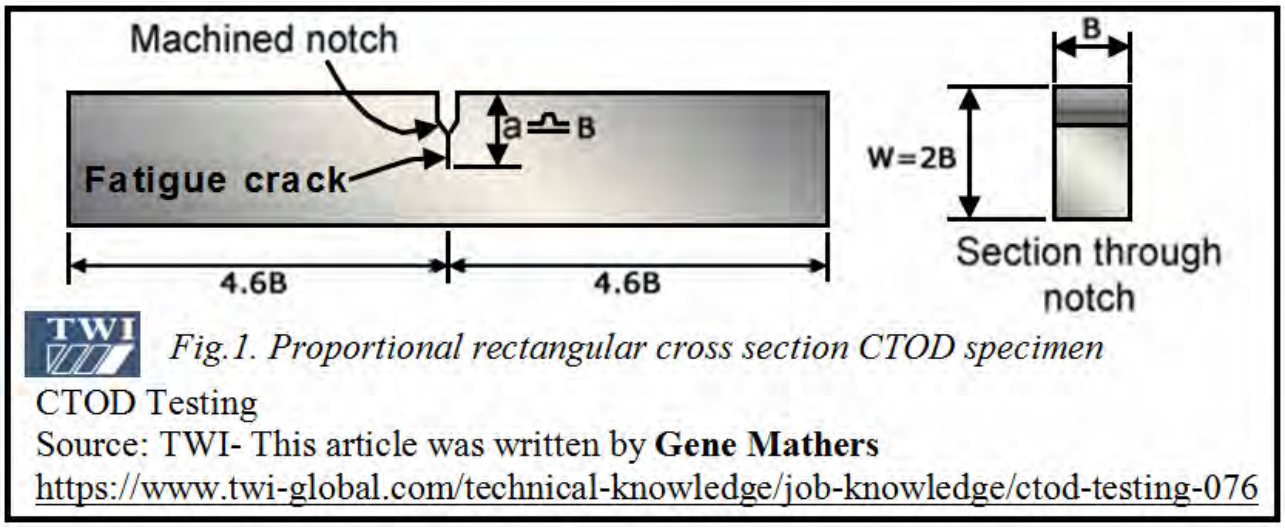
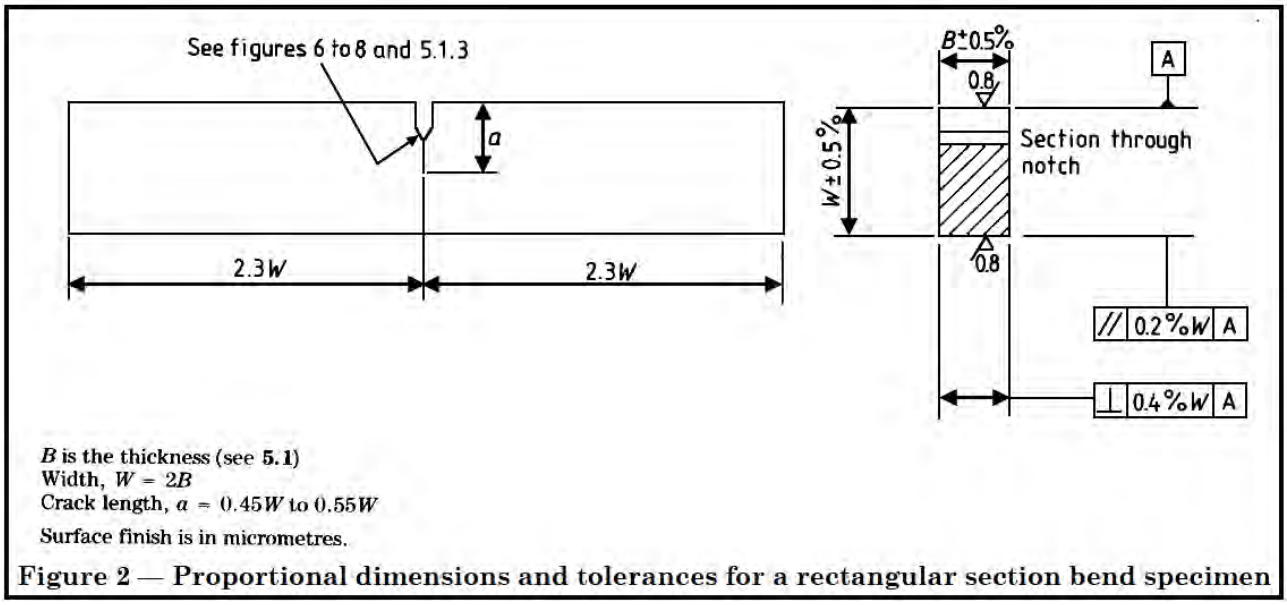


Fig.1. Proportional rectangular cross section CTOD specimen

CTOD Testing
Source: TWI- This article was written by **Gene Mathers**
https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/ctod-testing-076

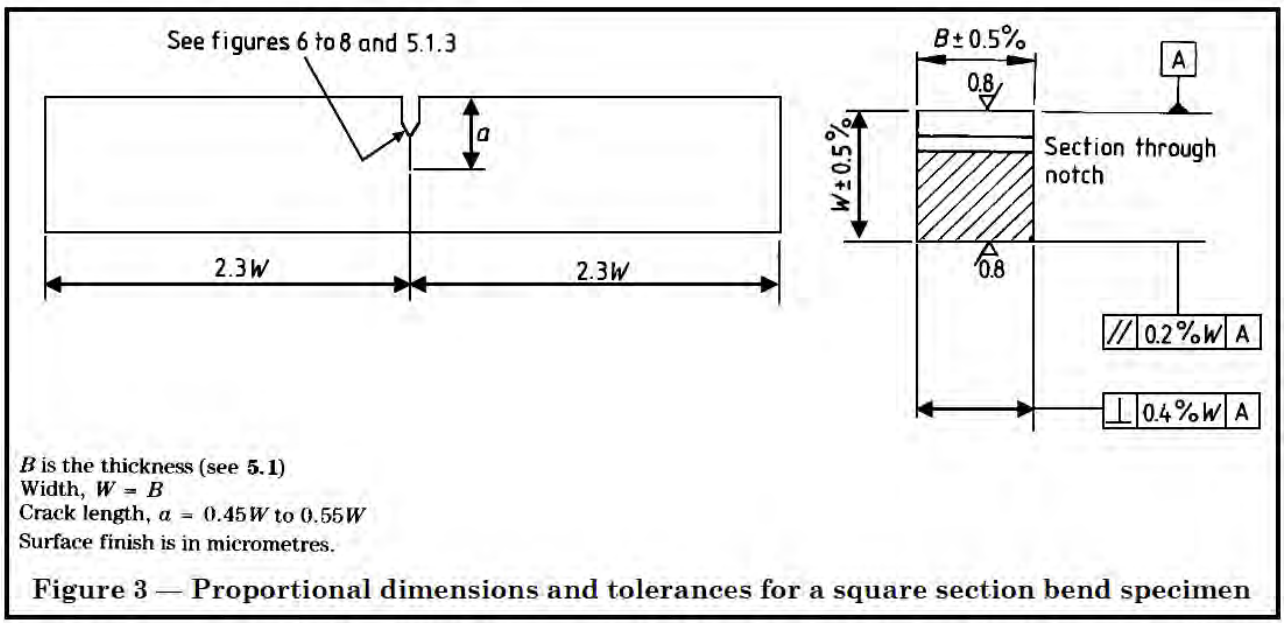
Fig.- 1



B is the thickness (see **5.1**)
Width, $W = 2B$
Crack length, $a = 0.45W$ to $0.55W$
Surface finish is in micrometres.

Figure 2 — Proportional dimensions and tolerances for a rectangular section bend specimen

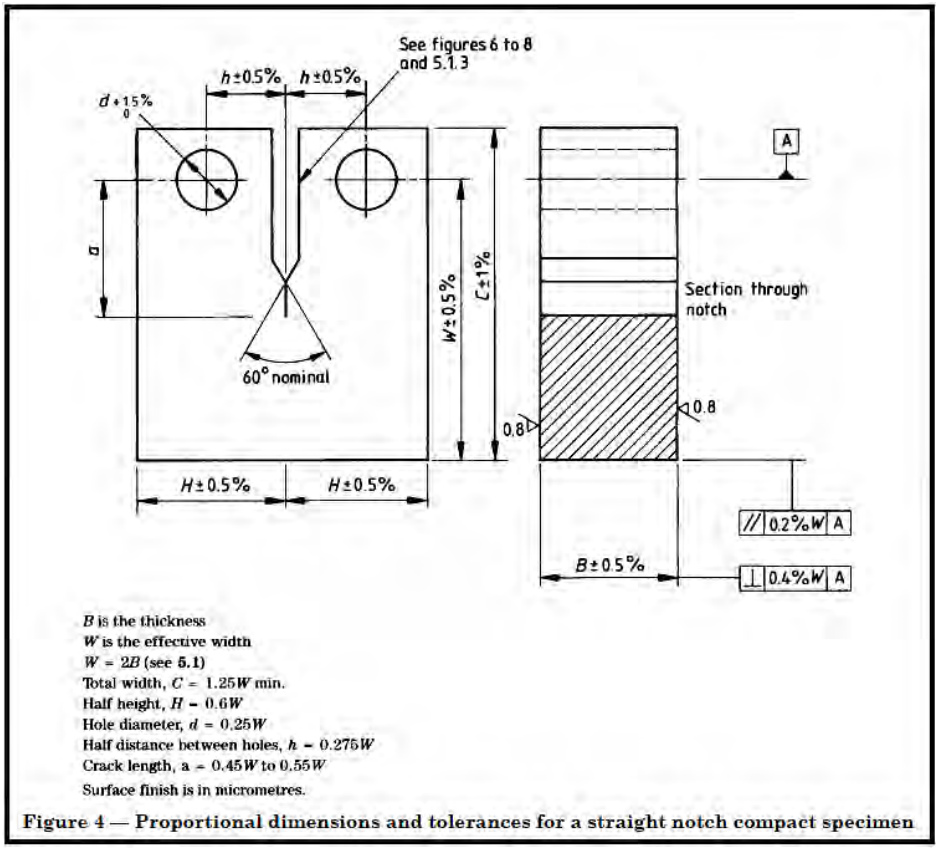
Figure 2 in BS 7448-1-1991(2003)



B is the thickness (see **5.1**)
Width, $W = B$
Crack length, $a = 0.45W$ to $0.55W$
Surface finish is in micrometres.

Figure 3 — Proportional dimensions and tolerances for a square section bend specimen

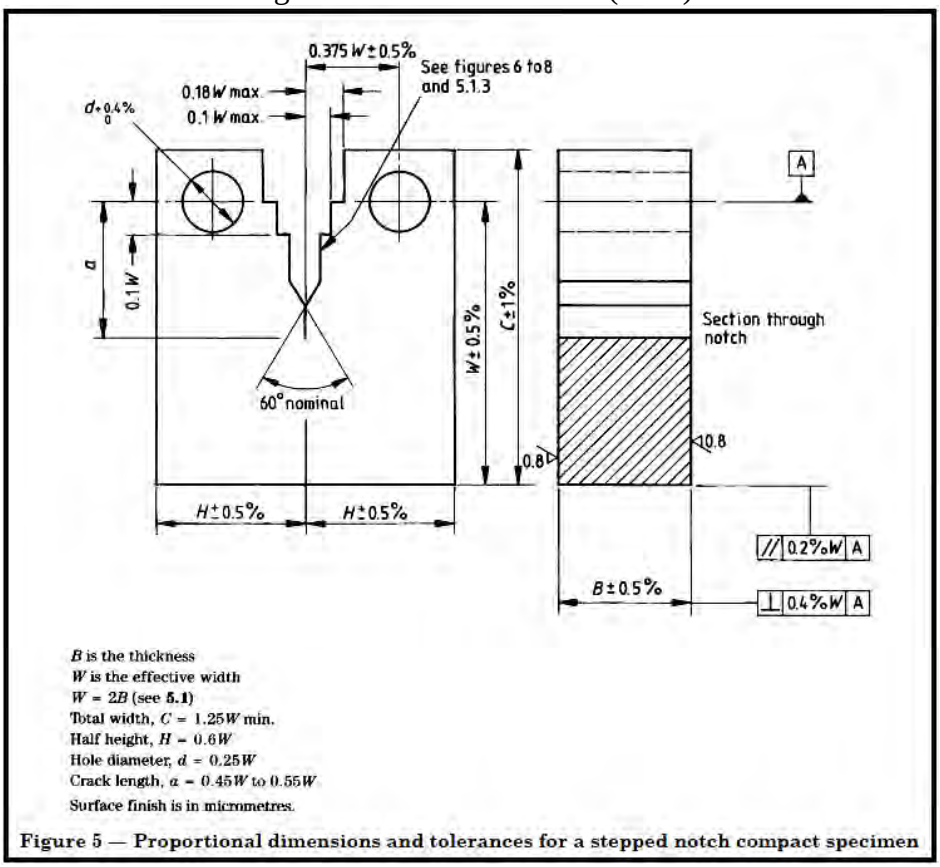
Figure 3 in BS 7448-1-1991(2003)



B is the thickness
W is the effective width
W = 2*B* (see **5.1**)
Total width, *C* = 1.25*W* min.
Half height, *H* = 0.6*W*
Hole diameter, *d* = 0.25*W*
Half distance between holes, *h* = 0.275*W*
Crack length, a = 0.45*W* to 0.55*W*
Surface finish is in micrometres.

Figure 4 — Proportional dimensions and tolerances for a straight notch compact specimen

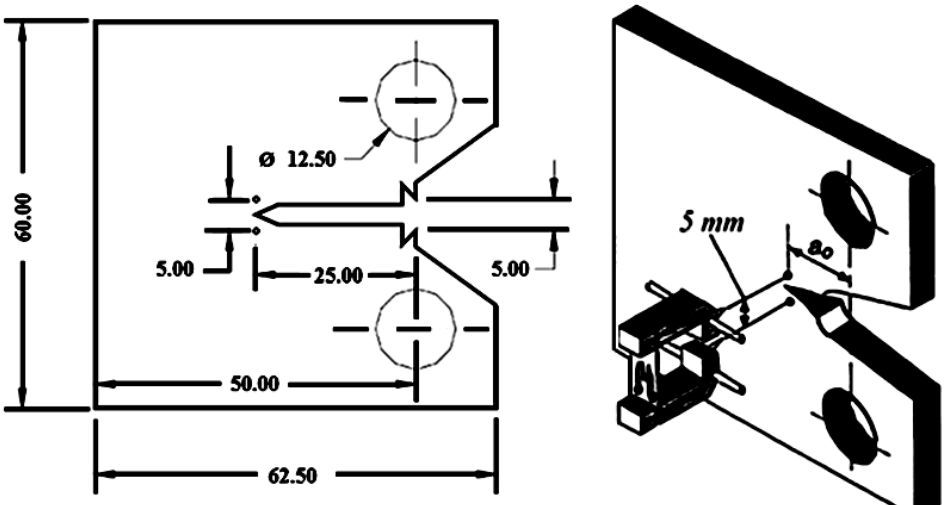
Figure 4 in BS 7448-1-1991(2003)



B is the thickness
W is the effective width
W = 2*B* (see **5.1**)
Total width, *C* = 1.25*W* min.
Half height, *H* = 0.6*W*
Hole diameter, *d* = 0.25*W*
Crack length, *a* = 0.45*W* to 0.55*W*
Surface finish is in micrometres.

Figure 5 — Proportional dimensions and tolerances for a stepped notch compact specimen

Figure 5 in BS 7448-1-1991(2003)



Source: Internet
https://www.researchgate.net/figure/CT-specimen-dimensions_fig2_26371504

Fig. 6

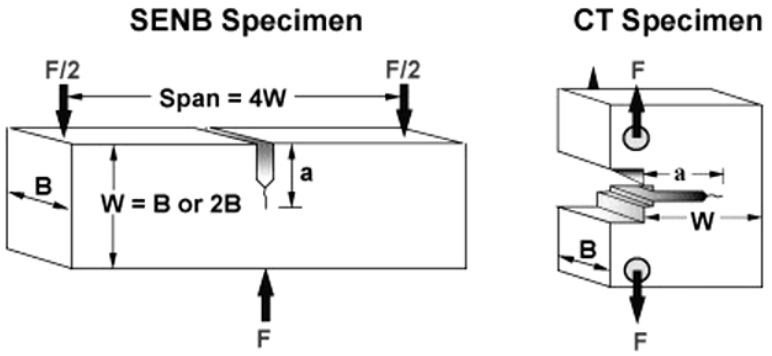


Figure 1: Examples of common fracture toughness test specimen models.
Source: Internet:
https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=294

Fig.- 7

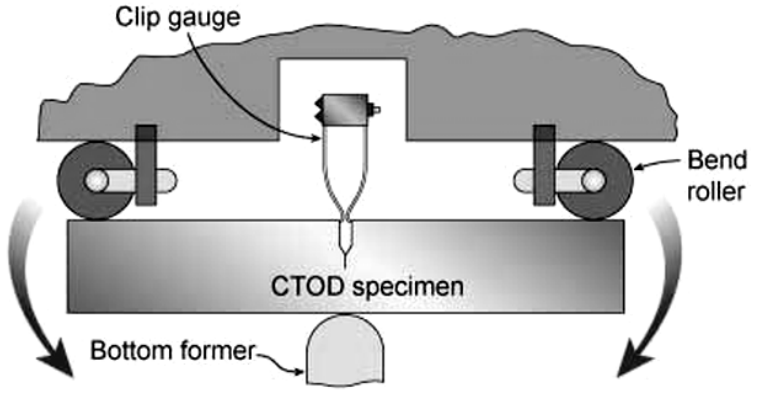


Fig.2. Typical test arrangement. The specimen can be easily immersed in a cooling bath

CTOD Testing
Source: TWI- This article was written by **Gene Mathers**
https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/ctod-testing-076

Fig.- 8

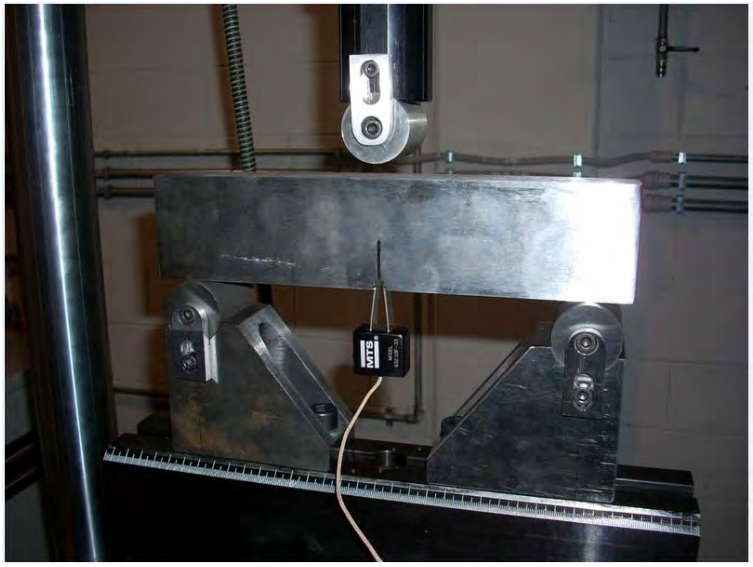
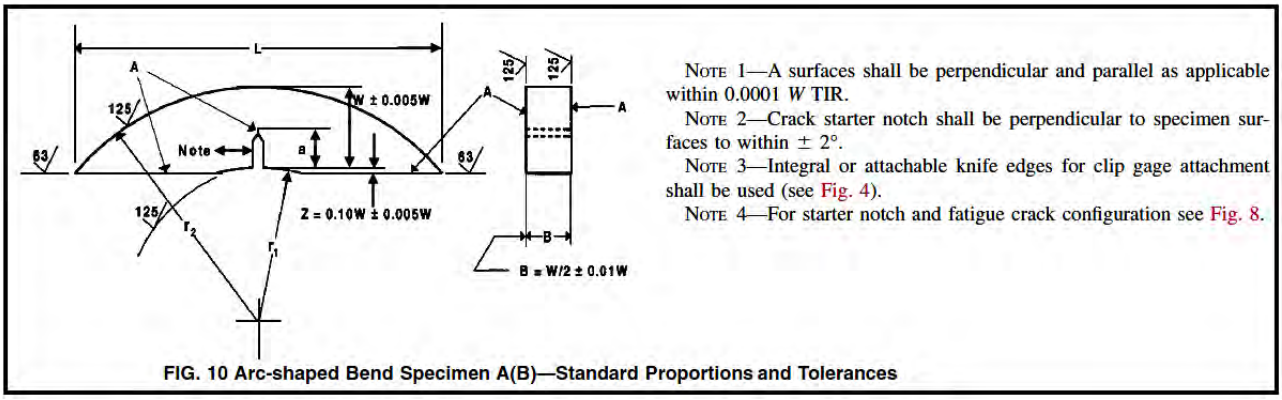


Fig.- 9



NOTE 1—A surfaces shall be perpendicular and parallel as applicable within 0.0001 *W* TIR.

NOTE 2—Crack starter notch shall be perpendicular to specimen surfaces to within ± 2°.

NOTE 3—Integral or attachable knife edges for clip gage attachment shall be used (see Fig. 4).

NOTE 4—For starter notch and fatigue crack configuration see Fig. 8.

FIG. 10 Arc-shaped Bend Specimen A(B)—Standard Proportions and Tolerances

Fig.- 10 in ASTM E 1290 – 08

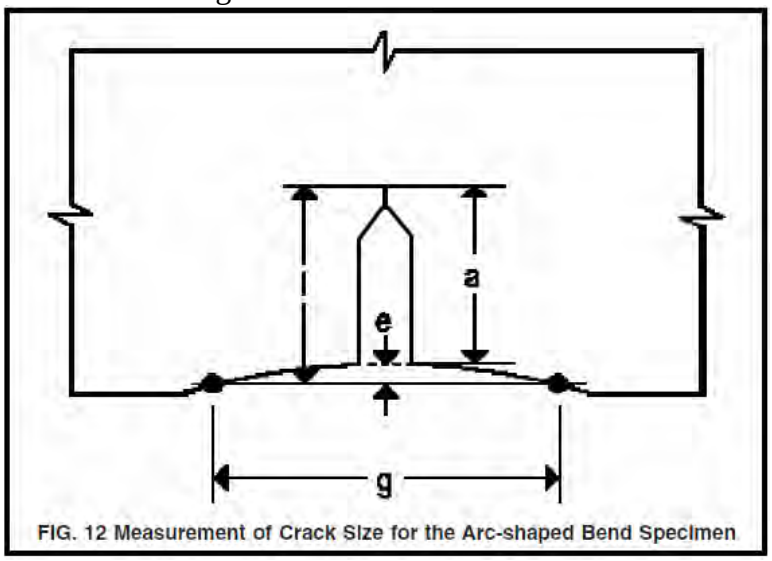


FIG. 12 Measurement of Crack Size for the Arc-shaped Bend Specimen

Fig.- 11 in ASTM E 1290 – 08

در تست CTOD ، نمونه ها معمولاً بیشتر بصورت SENB وCT و مواقعی هم بصورت Arc Shape Bend مورد تست قرار میگیرند و برای نمونه SENB ، سطح مقطع مستطیلی بیشتر از سطح مقطع مربعی مورد تست قرار می گیرند. البته بجز جاهائیکه محدودیت متریال وجود داشته باشد. در روشCT ، نمونه تحت نیروی کششی قرار میگیرد و شکاف (Notch)

نمونه بصورت Straight و یا پله ای می باشد، ابعاد نمونه Straight Notch Compact که در Fig 4 نشان داده شده است در محدوده $0.8 \leq W/B \leq 4$ نیز مورد استفاده قرار می گیرد. محدودهٔ ابعاد برای نمونه SENB به این شکل است که:
$0.45 \leq \alpha 0 /W \leq 0.7$ و $S/W=4$ و برای نمونه CT: $0.45 \leq \alpha 0 /W \leq 0.7$ و $W/B=2$ و $H/W=0.6$ که $\alpha 0$: طول ترک اصلی در زمان شروع تست (Original Crack Length) و W, H, S, B در بخش های زیر مشخص شده اند همچنین در استاندارد BS 7448-1, 2, ASTM E1290 توضیحات کامل در خصوص محدوده ابعاد (پهنا ، ضخامت نمونه ، و طول ترک و..) داده شده است.

یکی ازموارد مهم در تست CTOD ، ابعاد و شکل نمونه می باشد نتایج تست CTOD از نمونه های SENB و CT و SENT کاملاً متفاوت بوده و حتی نتایج تست CTOD دو نمونه که بصورت SENB با سطح مقطع مستطیلی و مربعی تست می شوند نیز متفاوت خواهد بود. بنابراین نوع و شکل نمونه یکی از فاکتورهای تأثیر گذار برروی نتایج تست CTOD می باشد به همین دلیل حداکثر تلورانس مربوط به ابعاد نمونه، شامل پهنا، ضخامت نمونه و دمای تست، برای نمونه های CT و SENB در استاندارد ASTM E1290 در بخش ۸ بطور کامل بیان شده است.

در Table 1 مزایا و معایب انتخاب انواع نمونه ها اعم از SENB, CT, SENT جهت بررسی انرژی شکست بیان شده است

Table 1

Specimen type	Advantages	Disadvantages
Compact specimen	High K_{Ic} measurement capability for size Standard specimen (ASTM E 399) Low loads required	**Expense of machining**
Three-point bend	Standard specimen (ASTM E 399) Low loads required Suitable for wide range of orientations	**A long span transverse to loading direction, which may be a disadvantage for some cryostats**
Center-cracked tension	Pure tensile loading	**High loads and large material requirements**
Double-edge notched	Pure tensile loading	**High loads and large material requirements**
Single-edge notched	Easy notch preparation	**High loads and material requirements**
Double cantilever beam	Tapered specimens, can be designed such that the value of K is independent of crack length	**Long span transverse to loading direction** **Side grooving may be necessary to guide cracking direction** **Machining expenses**
Surface-flawed specimen (part-through crack)	Simulates a flaw type commonly found in service	**Size requirements are difficult to establish** ***K* solution not precisely known** **High loads are required**
C-shaped specimen	Special geometry suitable for bar stock	**Limited applicability**
Wedge-opening-load specimen	**Larger width than compact specimen** **May be bolt loaded at one end**	**Expense of machining**

***- روش های ایجاد شکاف (Notch) در نمونه تست CTOD**

با توجه به اینکه شکاف (Notch) در تست CTOD در مرکز نمونه قرار دارد و بطور کامل در جهت ضخامت Through (Thickness) ایجاد می گردد. تست CTOD علاوه بر Base Metal برروی Weld Metal و ناحیه HAZ نیز انجام می گیرد. در ناحیه HAZ ، قبل از انجام تست CTOD، سختی سنجی Micro Hardness انجام می گیرد و شکاف (Notch)

وترک خستگی در موقعیتی قرار می گیرند که بیشترین سختی را دارا باشد (سختی بیشتر گسترش ترک عموماً بیشتر است).

برای قطعات جوشکاری شده، شکاف (Notch) در مرکز جوش قرار می گیرد و قسمت Over Fill یا Reinforcement (گرده جوش) کاملاً برداشته می شود شکل (A-4) ، دلیل برداشتن Reinforcement جوش، قرار دادن Clip Gage جهت اندازه گیری مقدار CTOD می باشد. Clip Gage مستقیماً مقدار CTOD را اندازه گیری نمی کند (با توجه به اینکه Clip Gage روی سطح نمونه قرار می گیرد لذا باز شدن دهانه ترک را اندازه گیری می نماید باز شدن دهانه ترک بصورت CMOD نمایش داده می شود) بعبارتی Clip Gage مقدار CMOD (Crack Mouth Opening Displacement) را نشان می دهد در حالیکه CTOD مقدار باز شدن نوک ترک می باشد که با استفاده از نمودار Load vs Displacement و فرمول ریاضی (بخش های بعدی)، مقدار CTOD محاسبه می گردد. اعمال بارهای فشاری در جلوی نوک شکاف (Notch) برای قطعات جوشکاری شده که بصورت As Weld مورد استفاده قرار می گیرند و تنش زدایی بر روی آنها انجام نمی گیرد قبل از انجام تست CTOD و همچنین قبل از ایجاد ترک خستگی، الزامی است. بار فشاری بطریقه مکانیکی، تنشهای بوجود آمده در قطعه جوشکاری را خنثی می کند. همچنین عملیات اچ کردن بر روی نمونه های آماده شده از نواحی جوش و HAZ ، جهت آشکار شدن این نواحی بعد از برداشتن Over Fill . (اچ کردن نمونه ها جهت مشخص شدن موقعیت دقیق ناحیه جوش و ناحیه HAZ می باشد تا شکاف (Notch) دقیقا در موقعیت تعیین شده ایجاد گردد موقعیت قرار گرفتن شکاف (Notch) روی تست CTOD تأثیر می گذارد) انجام تست CTOD بر روی لوله هایی که بصورت Girth Weld جوشکاری شده اند بر اساس استاندارد API 1104، طول نمونه ها موازی محور لوله بوده و شکاف (Notch) در جهت ضخامت لوله جوشکاری شده می باشد همچنین سطح مقطع نمونه ها معمولاً بصورت Rectangular (B x 2B) می باشد (شکلA-4, A-3)، ضخامت نمونه همان ضخامت لوله بوده ولیکن معمولاً بر روی نمونه ها مقداری سنگ زنی برای ایجاد سطح مقطع مستطیلی انجام می گیرد.

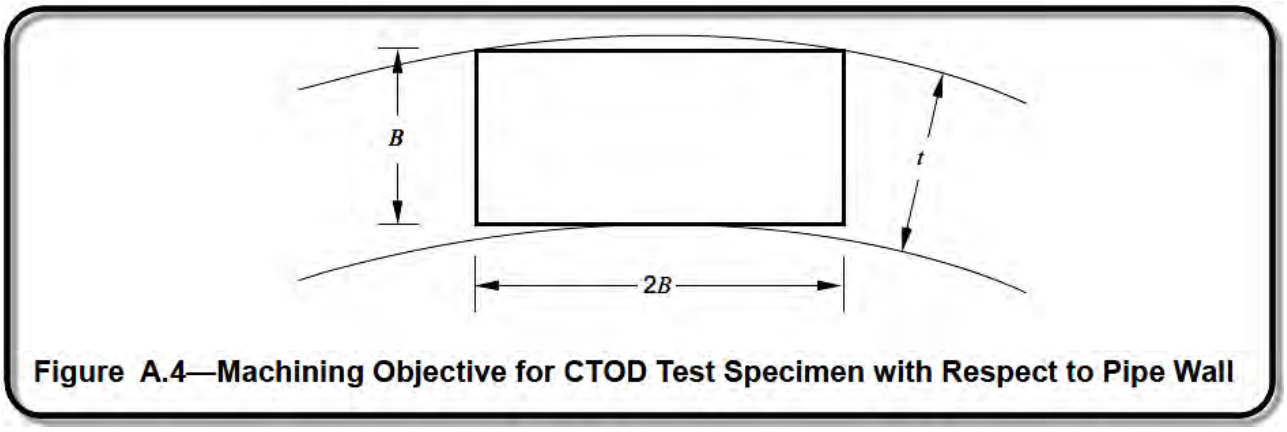


Figure A.4—Machining Objective for CTOD Test Specimen with Respect to Pipe Wall

Figure A.4 in API 1104-2018

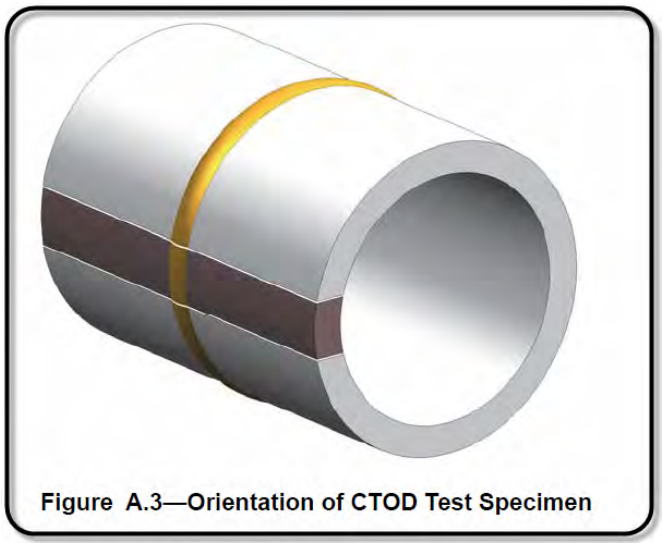


Figure A.3 in API 1104-2018

❋- روشهای ایجاد شکاف (Notch) درنمونه

Saw: اره

Disc grinding : سنگ زنی دیسکی

Milling : ماشین تراش

حساسیت استاندارد درخصوص مقدار شعاع ریشه شکاف (Notch) جهت ایجاد ترک خستگی و حرکت مستقیم این ترک می باشد چنانچه این شعاع از حد تعیین شده بیشتر شود ایجاد ترک خستگی و گسترش آن در جبهه مستقیم با مشکل روبرو شده و ممکن است نتایج صحیحی از تست CTOD حاصل نگردد.

تیز بودن شعاع ریشه شکاف، باعث Stress Concentration شده و ترک خستگی در نوک شکاف راحت تر تشکیل می شود. بنابراین چنانچه شعاع ریشه شکاف زیاد شود تمرکز تنش کاهش یافته و ایجاد ترک خستگی و گسترش آن با مشکل مواجهه می گردد.

❋- ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف(Notch)

بعد از ایجاد شکاف (Notch) نمونه تحت بارهای سیکلی قرار میگیرد و ترک های خستگی جلوی نوک شکاف (Notch) ایجاد می گردد، در واقع وجود شکاف (Notch) بعنوان نقطه ای جهت آغاز ترک خستگی می باشد. بارهای سیکلی باعث فعالیت جابجاییها شده و تشکیل باندهایی از Plastic Deformation می دهند بنابراین وقتی یک ترک در یک فلز جامد تحت تنش بوجود آید در نوک ترک، Plastic Deformation اتفاق می افتد و نوک ترک باز شده و ترک رشد می کند (منطقه پلاستیک در فواصل خیلی نزدیک به نوک ترک ایجاد می گردند) بنابراین رشد ترک به شرایط متمرکز شده تنش در نوک ترک بستگی دارد تنش هایی کششی باعث باز شدن دهانه ترک و تنش های فشاری باعث بسته شدن دهانه ترک می گردند به همین دلیل قطعات جوشکاری شده که تحت عملیات تنش زدایی قرار نمی گیرند و بصورت As Weld مورد استفاده قرار می گیرند، قبل از انجام تست CTOD ، درجلوی شکاف (Notch) ، نیروی فشاری اعمال می گردد تا اثر تنش های پسماند که بصورت کششی خود را در جوش نشان می دهند خنثی گردند تمام قطعاتی که جوشکاری می شوند تنش پسماند در آنها بوجود می آید. نیروی فشاری قبل از ایجاد ترک خستگی در نمونه اعمال می گردد برای حصول اطمینان از حرکت مستقیم جبهه ترک خستگی، پس از شکست نمونه، سطح ترک بررسی می شود. تنشهای پسماند دریک اتصال جوشی ممکن است باعث ایجاد جبهه ترک نامنظم شوند، درصورتی که این عیب (انحراف مسیر ترک) بیش از اندازۀ مجاز

باشد تست معتبر نخواهد بود. بنابراین بر اساس نظر **آقای اروین** ، وجود منطقه پلاستیک در نوک ترک، روی رشد ترک تأثیر می گذارد و تنش پسماند بر روی اندازه منطقه پلاستیک و گسترش ترک مؤثر است. اگر منطقه پلاستیک خیلی کوچک باشد مکانیزم شکست بصورت LEFM یا الاستیک خطی می باشد درصورتیکه منطقه پلاستیک در نوک ترک بزرگ باشد از تئوری **اروین** برای اندازه و مقدار Plastic Zone استفاده می گردد معادله **اروین**، بر اساس استفاده از معادله **گریفیث** می باشد معادله **گریفیث** در محدوده الاستیک کاربرد داشته وهمچنین زمانی استفاده می شود که مقدار و اندازه Plastic Zone در نوک ترک بسیار کوچک می باشد ولیکن کاربرد معادله **اروین** زمانی است که مکانیزم شکست بصورت EPFM (مکانیزم شکست که ماده رفتار الاستیک به پلاستیک از خود نشان دهد) باشد و یک منطقه پلاستیک نسبتاً بزرگ نزدیک نوک ترک وجود داشته باشد Fig 4, 4-1, 4-2 . منطقه پلاستیک در نوک ترک به شکل های گوناگون وجود دارد که حالت ایده ال آن بصورت دایره با شعاع پلاستیک RP می باشد. $rp= (1/2\pi)(K/\sigma(ys))^2$ که K : فاکتور شدت تنش و$\sigma(ys)$ استحکام تسلیم قطعه می باشد در واقع **آقای اروین** از فاکتور شدت تنش که یک پارامتر الاستیک است و جهت بررسی رشد ترک می باشد استفاده نموده و رابطه زیر را برای اندازه ناحیه پلاستیک در نزدیک نوک ترک ارائه نمود.

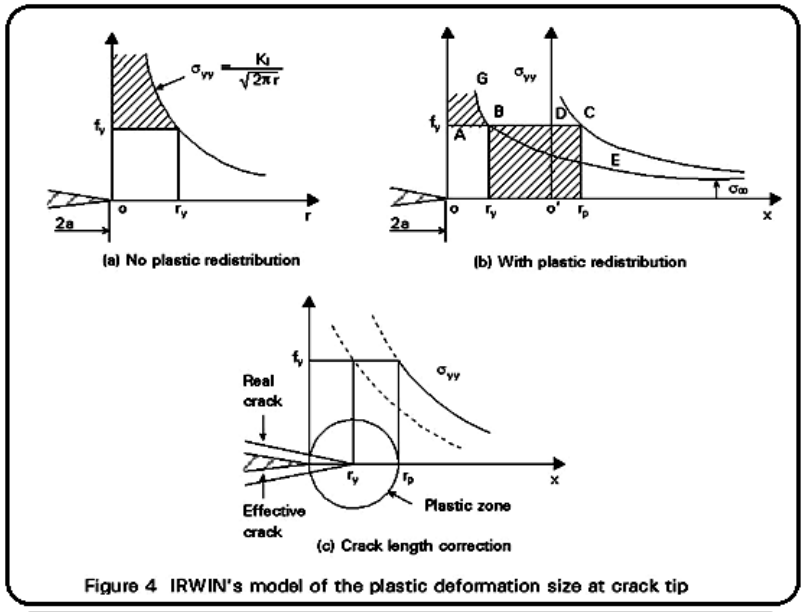


Figure 4 IRWIN's model of the plastic deformation size at crack tip

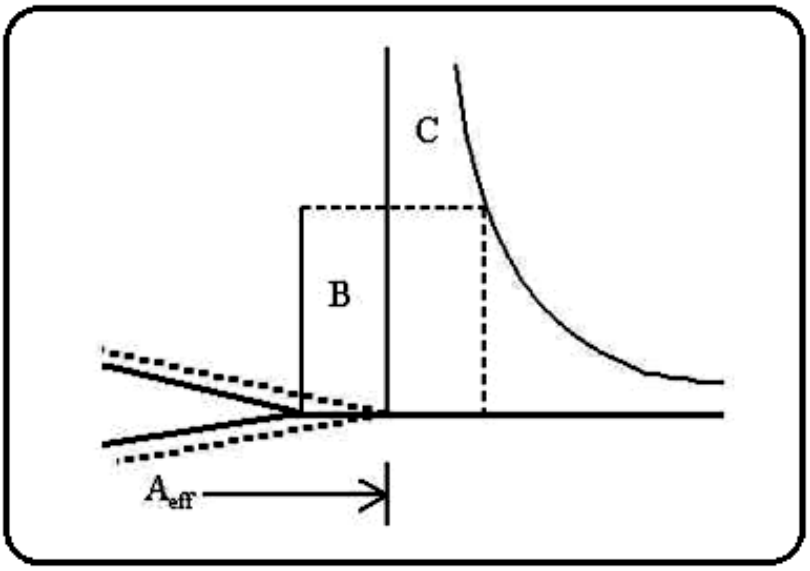


Fig.-4 & 4-1

$$R_p = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{K}{\sigma_{YS}}\right)^2$$

effective crack length is A_{eff}. $r_p = 2R_p$ with $A_{eff} = a + R_p$.

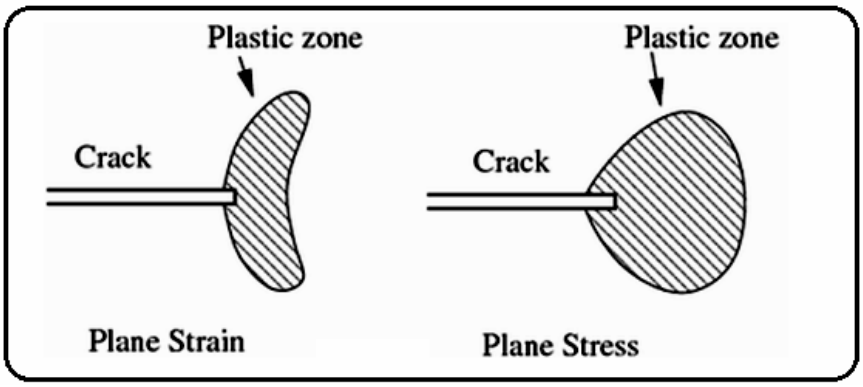


Fig.-4-2

فاکتور مهم در بارهای سیکلی جهت ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف (Notch)، میزان بار یا تنش وارده می باشد اگر بار اعمالی که بصورت سیکلی وارد می شود خیلی کم باشد زمان جهت ایجاد ترک خستگی خیلی طولانی می شود و همچنین ممکن است ترک گسترش پیدا نکند. اگر بار اعمالی خیلی زیاد باشد گرچه فرآیند ایجاد ترک خستگی با سرعت بیشتری انجام می گیرد ولیکن ناحیه Plastic Zone که جلوی نوک ترک تشکیل می شود منطقه بزرگی را تشکیل میدهد و روی نتایج تست CTOD اثر نامطلوب می گذارد، با افزایش بار اعمالی و افزایش طول ترک، شکل و اندازه منطقه پلاستیک (Plastic Zone) در جلوی نوک ترک تغییر می کند همچنین خصوصیات مواد ، شکل و ساختار نمونه روی سایز و اندازه منطقه پلاستیک تأثیر گذار است.

بنابراین شروع و گسترش ترک خستگی به شرایط اعمال بار و شکل و اندازه و طول ترک بستگی دارد با افزایش نیرو و با افزایش تعداد سیکل خستگی ، طول ترک در نمونه CTOD افزایش می یابد. ایجاد ترک خستگی باید در دمای اتاق انجام گیرد مگر اینکه شرایط خاصی پیش آید، همچنین ایجاد ترک خستگی باید بعد از اتمام عملیات حرارتی در (صورت نیاز) و کارهای مکانیکی انجام گیرد.

***- بررسی میزان نیروی اعمالی جهت ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف**

بعد از ایجاد شکاف (Notch)، ترک خستگی در نوک شکاف باید ایجاد گردد که به این ترک خستگی Fatigue Pre Cracking اطلاق می شود(مثال: برای نمونه SENB مجموع طول شکاف و ترک خستگی بعنوان طول ترک بکار میرود و به همین دلیل به ترک خستگی Pre Crack اطلاق می شود تا از ترک اصلی تفکیک گردد) ترک خستگی توسط نیروی سیکلی ایجاد می گردد مقدار این نیرو برای نمونه های SENB و CT بصورت زیر محاسبه می گردد:

نمونه SENB

(a)

$$F_f = \frac{B(W-a)^2(\sigma_{YSP} + \sigma_{TSP})}{4S}$$

(b)

a force corresponding to

$$\frac{\Delta K}{E} = 3.2 \times 10^{-4} m^{0.5}$$

(c)

$$F_f = \frac{K_f B W^{1.5}}{S \times f\left(\frac{a}{W}\right)}$$

که B: ضخامت نمونه وW: پهنا و α: طول ترک وS فاصله بین Load در تست خمش سه نقطه (FIG9) و Ff ماکزیمم نیرو جهت ایجاد ترک خستگی و K : فاکتور شدت تنش و E: مدل یانگ و α0 : طول ترک اصلی در زمان شروع تست Original CrackLength۰ و

K_f : maximum fatigue stress intensity factor applied during the final stages of fatigue crack extension

σ(ysp) عبارت است از 0.2%Proof Strength در دمایی که ترک خستگی ایجاد می شود و برای محاسبه 0.2%Proof Strength، بر روی خط کرنش از نمودار تنش کرنش مقدار 0.2 درصد (بر حسب واحد بر روی محور کرنش) مشخص کرده و موازی محور الاستیک رسم نموده هر جا که نمودار تنش کرنش را قطع نماید تنش در آن نقطه 0.2%Proof Strength می باشد، σ (TSP) عبارت است از استحکام کششی در دمایی که ترک خستگی ایجاد می شود، f(α/w) و f(α0/w) توابع ریاضی هستند که برای نمونه تحت خمش سه نقطه و برای نمونه CT در جداول Table 2, 3 نشان داده شده است (استاندارد BS7448-1)

Table 2, 3 in BS 7448-1

Table 3. Values of $f\left(\frac{a_0}{W}\right)$ for compact specimens[1)]

$\frac{a_0}{W}$	$f\left(\frac{a_0}{W}\right)$
0.450	8.34
0.455	8.46
0.460	8.58
0.465	8.70
0.470	8.83
0.475	8.96
0.480	9.09
0.485	9.23
0.490	9.37
0.495	9.51
0.500	9.66
0.505	9.81
0.510	9.96
0.515	10.12
0.520	10.29
0.525	10.45
0.530	10.63
0.535	10.80
0.540	10.98
0.545	11.17
0.550	11.36

[1)] For the purposes of fatigue precracking an assumed value of crack length, a, may be substituted for a_0.

Table 2. Values of $f\left(\frac{a_0}{W}\right)$ for three point bend specimens[1)]

$\frac{a_0}{W}$	$f\left(\frac{a_0}{W}\right)$
0.450	2.29
0.455	2.32
0.460	2.35
0.465	2.39
0.470	2.43
0.475	2.46
0.480	2.59
0.485	2.54
0.490	2.58
0.495	2.62
0.500	2.66
0.505	2.70
0.510	2.75
0.515	2.79
0.520	2.84
0.525	2.89
0.530	2.94
0.535	2.99
0.540	3.04
0.545	3.09
0.550	3.14

[1)] For the purposes of fatigue precracking an assumed value of crack length, a, may be substituted for a_0.

وقتیکه طول ترک خستگی به 1.3mm و یا 50 درصد طول Fatigue Pre Cracking مورد نیاز رسیده، در اینحالت حداکثر نیرو جهت ایجاد ترک خستگی برای نمونه های SENB از مقادیر محاسبه شده (a) و (b) باید کمتر باشد.

بنابراین طول Fatigue Pre Crack که از قسمت ماشینکاری شده شکاف ایجاد می شود روی هر سطح نباید کمتر از 1.3mm یا کمتر از 2.5% پهنای نمونه باشد (هر کدام که کوچکتر است)

*** - نمونه CT ومحاسبه مقدار نیروی لازم جهت ایجاد ترک خستگی**

(a)

$$F_f = \frac{0.2B\,(W - a)^2\,(\sigma_{YSP} + \sigma_{TSP})}{(2W + a)}$$

(b)

a force such that $\frac{\Delta K}{E} = 3.2 \times 10^{-4} m^{0.5}$

(c)

$$F_f = \frac{K_f\, BW^{0.5}}{f\left(\frac{a}{W}\right)}$$

وقتیکه طول ترک خستگی به 1.3mm و یا 50 درصد طول Fatigue Pre Cracking مورد نیاز رسیده در اینحالت حداکثر نیرو جهت ایجاد ترک خستگی برای نمونه های CT از مقادیر محاسبه شده (a) و (b) باید کمتر باشد.

توضیحات بیشتر جهت محاسبه نیرو برای ایجاد ترک خستگی در نوک شکاف در استانداردهای ASTM E1290 و BS7448-1 بیان شده است.

*** - مقایسه تست CTOD و تست ضربه**

تست CTOD در مقایسه با تست ضربه از هزینه بیشتری برخوردار بوده و نمونه بصورت Full Thickness تست می شود یعنی ضخامت کامل متریال در تست قرار می گیرد در حالیکه در تست ضربه (چارپی)، ابعاد نمونه بصورت 10mm×10mm×55mm (سطح مقطع) می باشد در تست CTOD، ترک واقعی در نمونه ایجاد می شود در حالیکه در تست ضربه فقط شکاف (Notch) در نمونه ایجاد می گردد البته در تست CTOD در شرایط خیلی خاص که ایجاد ترک خستگی در نوک ترک مشکل و یا امکان پذیر نمی باشد از یک شکاف (Notch) خاصی تحت عنوان Chevron Notch بدون ایجاد ترک خستگی استفاده میگردد (شکل و توضیحات این شکاف خاص در استاندارد ASTM E1304 بطور کامل بیان شده است) در تست CTOD، بارگذاری همانند شرایط سرویس می باشد، دمای تست CTOD، مینیمم دمای طراحی بوده و در یک دامنه دمایی نیز ممکن است انجام گیرد. تست CTOD، شرایط واقعی تری نسبت به تست ضربه دارد چون با ایجاد ترک در قطعه، تافنس شکست در شرایطی نزدیک به شرایط سرویس شبیه سازی می گردد.

در تست ضربه با استفاده از یک پاندول که به نمونه ضربه وارد نموده انرژی شکست، مستقیماً محاسبه می گردد در حالیکه در تست CTOD که مقدار آن بر حسب mm بوده انرژی مستقیماً محاسبه نمی گردد بلکه مقدار CTOD بدست آمده معیاری برای تافنس شکست و چقرمگی مواد می باشد چون CTOD براساس mm می باشد.

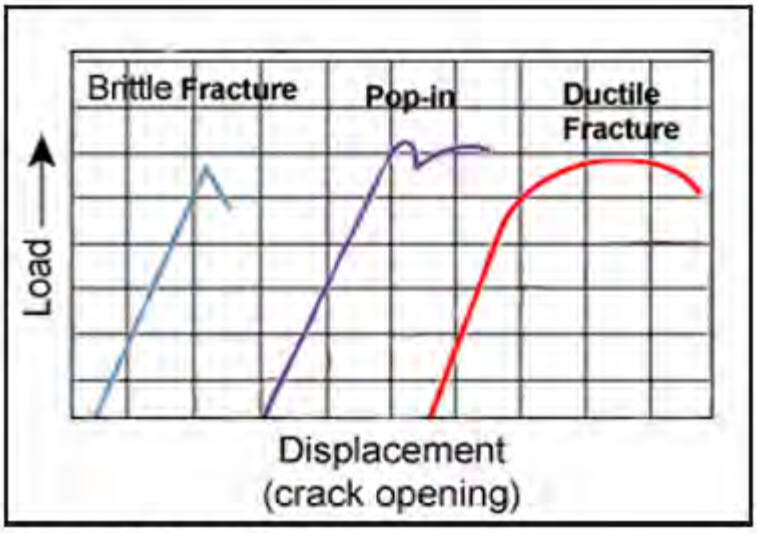
*** - انواع شکست در تست CTOD**

درشکل های Fig A-4, 12 انواع شکست متریال در تست CTOD نشان داده شده است یکی از موارد مهم در تست CTOD، رسم نمودار Load vs Displacement که علاوه بر بررسی نوع شکست، برای محاسبه مقدار CTOD نیز استفاده

می گردد، رسم این گراف بصورت اتوماتیک توسط دستگاه انجام میگیرد و مقدار باز شدن دهانه ترک را نشان می دهد (CMOD).

***- حالت اول در نمودار (Fig A-4)**

نمونه بصورت ترد می شکند و تغییر فرم پلاستیک خیلی کم و ناچیز می باشد. در حالت دوم، نمونه بصورت Pop In می باشد یک ناپیوستگی در نمودار Load vs Displacement ، افزایش ناگهانی (جابجایی) Displacement که عموماً با کاهش بار (Load) همراه بوده و سپس یک افزایش بار و Displacement در نمودار اتفاق می افتد. این بدان علت است که در حالت Pop In، ابتدا ترک در ناحیه خیلی کوچکی بصورت ترد شروع و گسترش پیدا می کند که معمولاً این حالت در ماکزیمم بار اتفاق می افتد. این ناحیه کوچک
LBZ(Local Brittle Zone) بوسیله یک ماده نرمتر احاطه میگردد، در واقع ناحیه کوچکی از ماده که ترد بوده، ترک بمقدار کمی پیشرفت نموده و سپس بوسیله ماده نرمتر یا ماده با تافنس بیشتر احاطه میگردد و وقتی ترک به محدوده نرمتر میرسد انرژی لازم جهت شکست افزایش می یابد لذا افزایش بار و افزایش جابجایی، بعلت قرار گرفتن ترک در محدوده نرمتر می باشد و بنابراین نمودار حالت دندان اره ای پیدا میکند و ممکن است در مواردی بر روی یک نمودار، تعداد زیادی از این دندانه وجود داشته باشد (Fig 13).



Source: Internet
https://www.wmtr.com/en.fracturetoughness.html

Fig.-14

***- نمودار Pop In در ناحیه HAZ**

در اثر جوشکاری، رشد دانه در ناحیه HAZ اتفاق می افتد و بنابراین رشد ترک در منطقه کوچکی ازHAZ که دانه بندی درشت شده است بصورت بریتل گسترش می یابد و زمانیکه ترک به نواحی ریز دانه برسد با توجه به اینکه متریال با دانه بندی ریزتر تافنس یا انرژی شکست بیشتری نسبت به مواد درشت دانه دارد لذا با ورود ترک به نواحی ریزدانه، با افزایش تافنس مواجهه شده و نمودار Pop In (Fig-14, 13) در جهت افزایش بار و جابجایی گسترش می یابد و مقدار CTOD افزایش یافته از طرفی با افزایش استحکام، انعطاف پذیری کاهش یافته و انرژی شکست کاهش می یابد در فولادها با افزایش کربن فولاد، استحکام و سختی پذیری فولاد افزایش یافته و انعطاف پذیری کم شده و در نتیجه تافنس یا انرژی شکست کاهش می یابد (مثال: انرژی شکست یا تافنس فولاد 1065 بمراتب کمتر از فولاد 1045 می باشد فولاد 1065 استحکام و سختی پذیری بیشتری نسبت به فولاد 1045 دارد البته این مقایسه در صورتی است که فاکتورهای دیگر اعم از اندازه دانه،

نوع عملیات حرارتی و..یکسان فرض شوند. مقدار کربن فولاد ۱۰۶۵ بیشتر از ۱۰۴۵ است) اما در خصوص مواد ریز دانه یک استثناء وجود دارد با ریز شدن دانه بندی، استحکام فولاد، انرژی شکست (تافنس) و مقدار CTOD افزایش می یابد.
با ریز شدن دانه بندی تا یک مقدار مشخص بر اساس قانون آقای Hall-Petch استحکام تسلیم فولاد افزایش می یابد. و استحکام تسلیم فولاد با عکس مجذور اندازه دانه متناسب است.

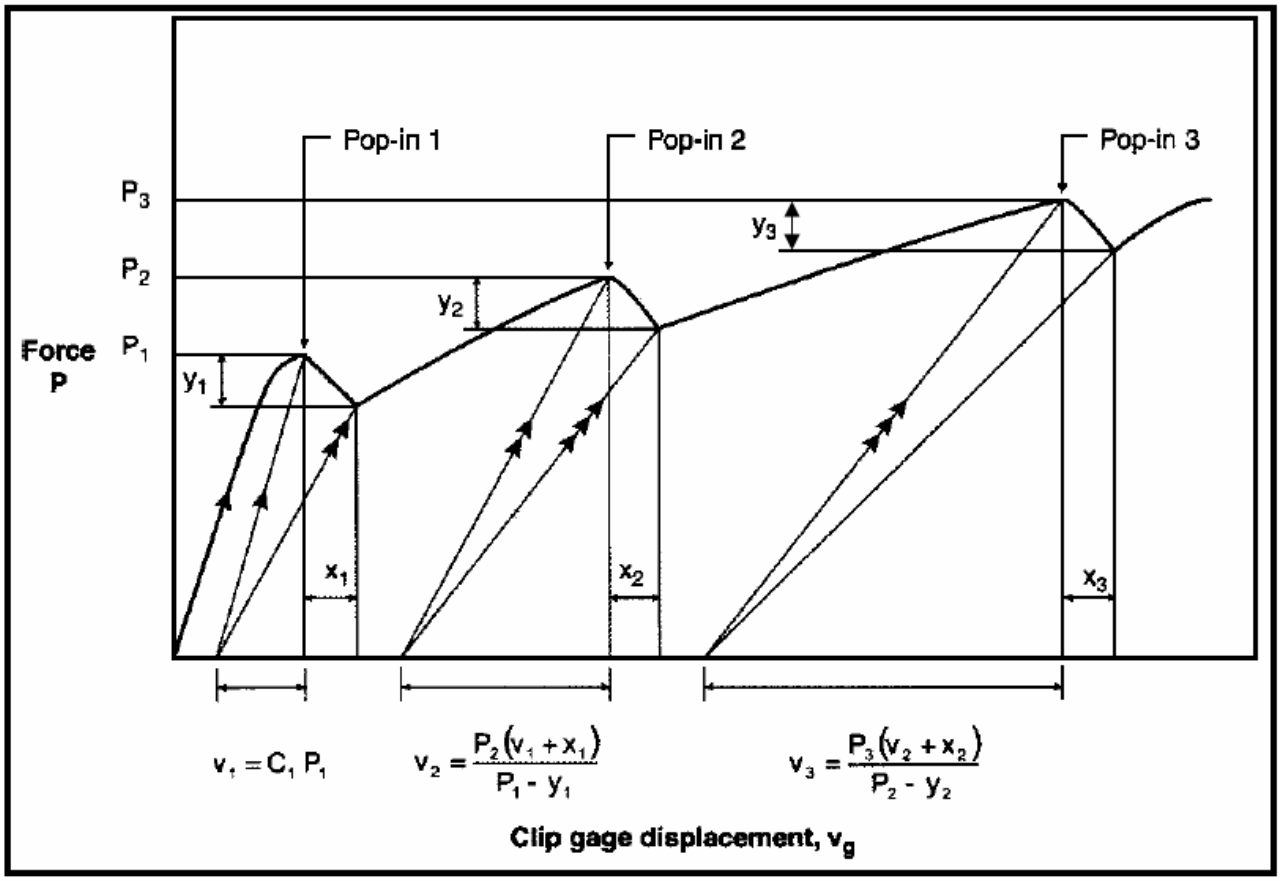


Fig.-13 Significance of Pop-In-ASTM E1290-2008

حالت سوم که متریال بصورت Ductile می شکند به تافنس بیشتری جهت شکست نیاز دارد هرچه ماده نرمتر باشد انعطاف پذیری بیشتر و گسترش ترک نسبت به حالت Brittle آرام تر و نیاز به انرژی شکست بیشتری در مقایسه با مواد ترد دارد در واقع مقدار CTOD مواد نرمتر بیشتر از مواد ترد می باشد.

نکته: آیتم CTOD بیانگر باز شدن نوک ترک و CMOD بیانگر مقدار باز شدن دهانه ترک می باشد.

*** - انواع مکانیزم شکست**

از لحاظ کلی، مکانیزم شکست در دو Category طبقه بندی می گردند که عبارتند از:
1-LEFM, 2-EPFM

شکست در حالت (Linear Elastic Fracture Mechanics)LEFM :

در این نوع شکست، میدان تنشی بصورت الاستیک خطی بوده و انرژی در طی پیشرفت سریع ترک، آزاد می شود. نوک ترک در اینحالت شارپ بوده و فقط مقدار خیلی کوچکی Plastic Deformation در نوک ترک و یا نزدیک نوک ترک اتفاق می افتد برای متریال با استحکام بالا و تافنس پایین که مکانیزم شکست بصورت LEFM می باشد پیشرفت سریع ترک اتفاق می افتد بنابراین مکانیزم شکست در حالت الاستیک خطی تا زمانی معتبر است که رفتار غیر خطی مواد محدود به

منطقه کوچکی در اطراف نوک ترک باشد لذا مشخص کردن رفتار بسیاری از مواد با در نظر گرفتن حالت LEFM امکان پذیر نبوده بنابراین جایگزین دیگری برای بررسی شکست متریال نیاز است.

مکانیک شکست الاستیک به پلاستیک یا EPFM(Elastic PlasticFracture Mechanics)

در این مکانیزم شکست، نوک ترک شارپ نبوده این مکانیزم شکست برای طراحی متریالی است که استحکام پایین ولی تافنس بالا دارند. در این حالت در نوک ترک Plastic Deformation زیادی قبل از شکست اتفاق می افتد در واقع متریال High Toughness یا متریال با انرژی شکست بالا که شکست آنها بصورت EPFM بوده و قبل از شکست، Plastic Deformation زیادی را تحمل می کند بنابراین CTOD و J-Integral و R-Curve سه روش اساسی برای برآورد انرژی شکست، زمانیکه شکست بصورت EPFM باشد. بعبارتی وقتی شکست متریال بصورت الاستیک به پلاستیک و یا کاملاً پلاستیک باشد سه روش فوق الذکر، معیارهای اندازه گیری تافنس شکست می باشند در صورتیکه شکست بصورت LEFM باشد ضریب شدت تنش برای تعیین میدان تنشی در اطراف نوک ترک مشخصه مناسبی برای وضعیت تنش در نوک ترک است البته بشرطی که اندازه منطقه پلاستیک در نوک ترک در مقایسه با طول ترک خیلی کوچک باشد. برای شکست LEFM، فاکتور شدت تنش براساس مقدار تنش، بر آورد تافنس شکست می باشد البته فاکتور شدت تنش به بار اعمالی و Geometry بستگی دارد بنابراین CTOD و J-Integral و K پارامترهای مربوط به شکست بوده و معیاری جهت بررسی چقرمگی مواد می باشند.

CTOD بر اساس Strain Base جهت برآورد انرژی شکست می باشد در واقع با محاسبه مقدار جابجایی و یا باز شدن نوک ترک (CTOD) یک برآوردی از انرژی شکست بدست می آید همچنین فاکتور شدت تنش (K) که به نیروی شکست و Geometry متکی است بعنوان Stress Base ، برآوردی برای تافنس شکست است برای محاسبه مقدار CTOD که بر اساس Strain Base می باشد یعنی با اندازه گیری مقدار کرنش (جابجایی و باز شدن نوک ترک) چقرمه بودن متریال مشخص می گردد در API 1104 در صورتیکه مقدار حداقل CTOD حدود 0.005 اینچ و یا 0.01 اینچ و یا بین دو مقدار مذکور باشد آن متریال دارای مینیمم انرژی شکست می باشد.

***- محاسبه CTOD**

زمانیکه شکست متریال بصورت NonLinear یا رفتار الاستیک به پلاستیک را داشته باشد(EPFM) مقدار کل CTOD در این حالت عبارت است از مقدار (CTOD)p+(CTOD)e (مجموع CTOD الاستیک وCTOD پلاستیک وقتی مکانیزم شکست بصورت EPFM باشد)که مقدار (CTOD)e الاستیک ازفاکتور شدت تنش محاسبه می گردد. مقدار CTOD)p : در واقع CTOD)p از CMOD محاسبه می گردد که در این روش با رسم نمودار Load vs Displacemet و محاسبه مقدار Vp و جایگزینی Vp در فرمول، مقدار CTOD مشخص می گردد (محاسبه Vp در Fig-16 نشان داده شده است)

اگر متریال رفتار الاستیک خطی داشته باشد مقدار CTOD و J بصورت زیرمحاسبه میگردند:

$J=m\sigma(ys)=K^2/E$ For LEFM

مقدار CTOD الاستیک: $\delta= K^2(1-v^2)/2E\times\sigma y$ =CTOD)e که در حالت بحرانی، K1C در فرمول جایگزین K می شود و: $CTOD)e= K1C^2(1-v^2)/2E\times\sigma y$

σ(ys): Yielding Stress و m مقدار ثابت و ۷ ضریب پواسان δ مقدار CTOD

*- اندازه وعمق ترک در تست CTOD

در این تست، تقسیم بندی انواع ترک براساس نسبت a/w انجام میگیرد که a : طول ترک وw: پهنای نمونه.

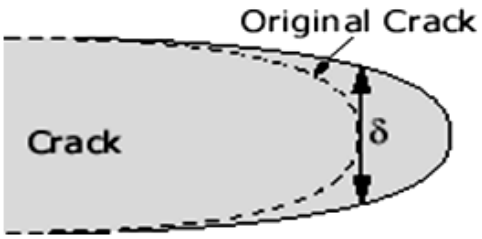
a/w=0.5 Deep Crack

a/w>0.6 Very Deep Crack

If a/w>0.7 or a/w<0.15 تست در اینحالت معمولاً اعتبار ندارد

a/w=0.15 Short Crack

ترکها ممکن است بصورت Sharp (نوک تیز)و یا بصورت Blunt (بدون تیزی در نوک)باشند .



Blunt Crack

***- تأثیر دما برتست CTOD**

با کاهش دما ، استحکام کششی افزایش می یابد.

با کاهش دما، انرژی ضربه چارپی ومقدار CTOD برای متریالی که رفتار DBT (متریال BCC)را دارا می باشند کاهش می یابند که DBT عبارت است از Ductile Brittle Transition که انتقال از حالت داکتیل به بریتل با کاهش دما(بهمین دلیل این متریال ها برای دماهای خیلی پایین استفاده نمی گردند)، با کاهش دما در حالت DBT ، انرژی لازم جهت شکست متریال و انعطاف پذیری کاهش یافته و نمونه بصورت ترد می شکند مقدار CTOD نیز کاهش می یابد در اینگونه متریال، در دماهای پایین، ماده کاملاً رفتار ترد داشته و به ازای انرژی کم و مقادیر کم CTOD قطعه دچار شکست می شود با افزایش دما، شکست از حالت ترد به حالت داکتیل تبدیل می گردد و در دماهای بالا متریال کاملاً بصورت داکتیل یا Fibrous می شکند(شکل 13) .

در محدوه دمایی مابین شکست ترد و داکتیل، سطح شکست متریال بصورت ترکیبی از ترد و داکتیل بوده که با افزایش دما ، سطح شکست به سمت داکتیل پیش رفته تا اینکه در دمای بالا ، سطح شکست کاملاً داکتیل می شود .

بنابراین برای متریال BCC که رفتار داکتیل به بریتل را با کاهش دما از خود نشان می دهند مقادیر CTOD ، معمولاً با افزایش دما زیاد شده و با کاهش دما، مقادیر CTOD کم شده و در دمای پایین شکست بصورت کلیواژ (Cleavage یا شکست تورقی که سطح شکست براق می باشد، اتفاق می افتد شکست ترد سطح شکست نسبتاً مسطح است) (استاندارد ASTM A370) البته در مواردی نادر انرژی شکست ممکن است با کاهش دما افزایش یابد .

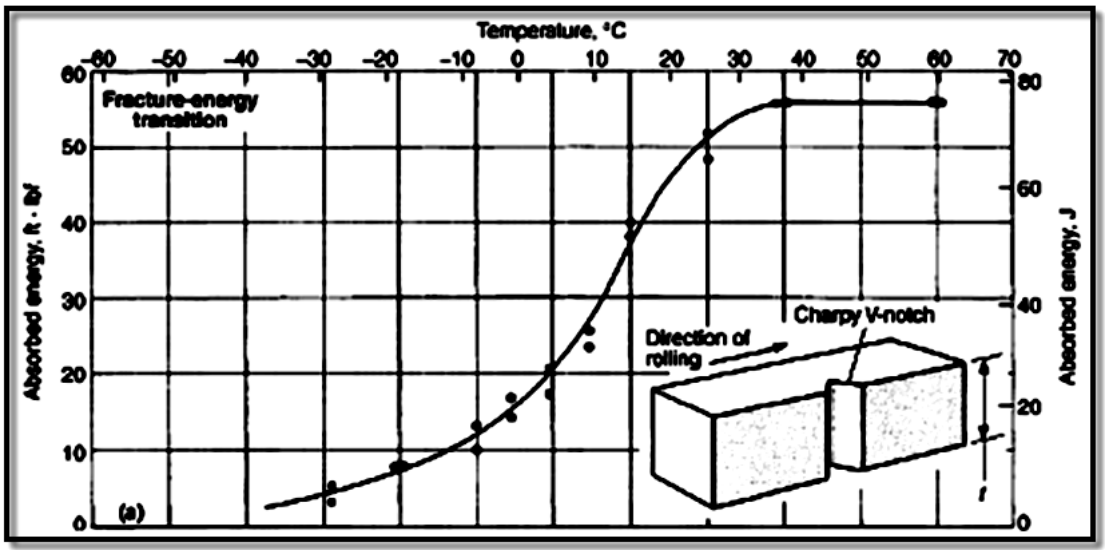


Fig.-13

***- روش اندازه گیری مقدارCTOD**

با توجه به اینکه اساس تست CTOD ، میزان جابجایی نوک ترک می باشد و واحد آن mm می باشد جهت اندازه گیری آن از Clip Gage استفاده می شود که این گیج با اندازه گیری میزان جابجایی دهانه ترک (CMOD)، مقدار CTOD مشخص می گردد این گیج ها بصورت دیجیتالی می باشند . F ig7, 8, 8-1 موقعیت Clip Gage را بر روی نمونه نشان میدهد . استفاده از Knife Edge (لبه چاقویی)که به دو صورت (روبه داخل) Inward یا Outward (رو به خارج) روی سطح نمونه قرارمیگیرد Fig(10-1,10-2,14) که علاوه بر ساپورت Clip Gage ، بعنوان یک مرجع جهت اندازه گیری Displacement، روی سطح نمونه فیکس می شود با استفاده از گیج اندازه گیری و رسم نمودار Load vs Displacement ، مقدار CTOD با استفاده از نتایج CMOD، محاسبه می گردد .

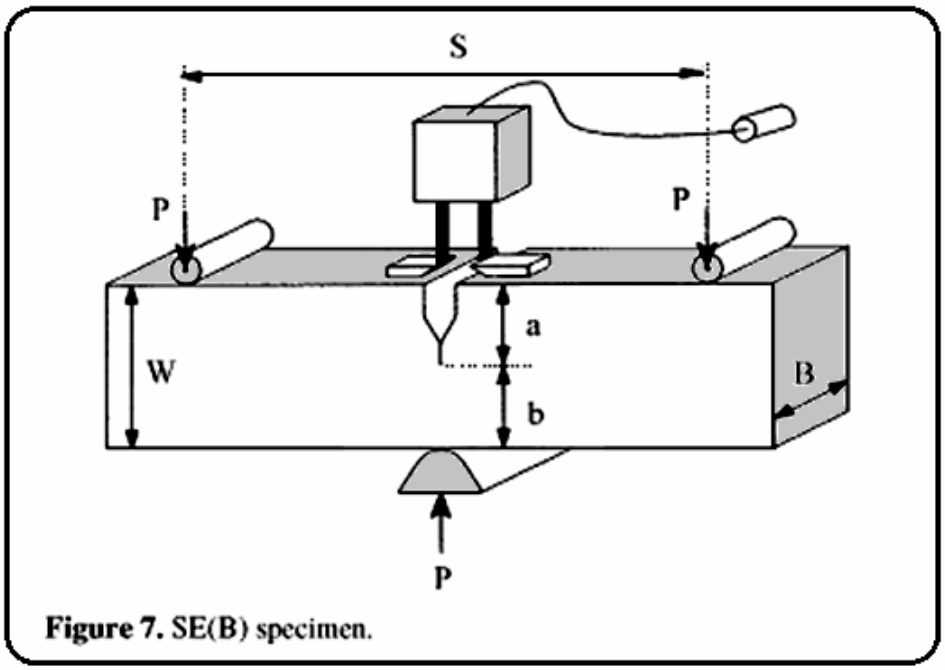


Fig.-7

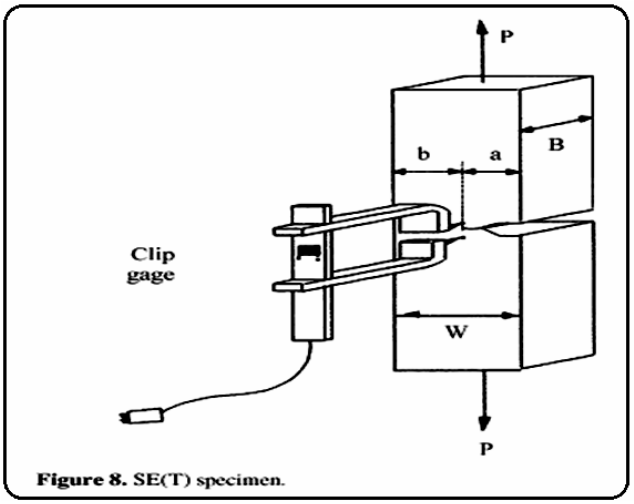


Fig.-8

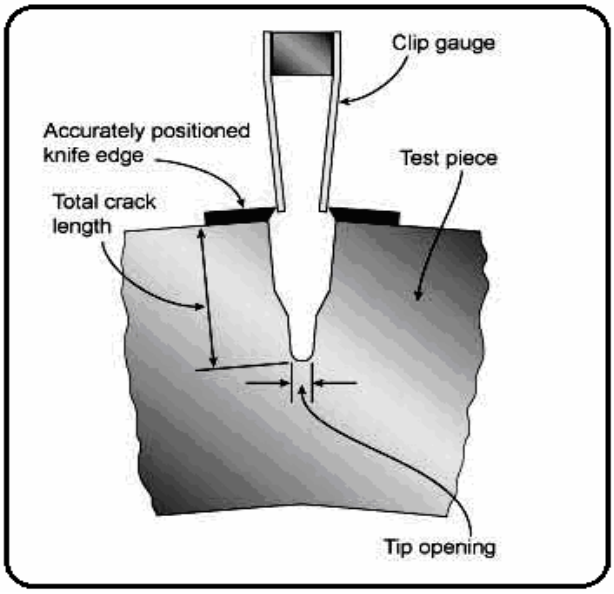
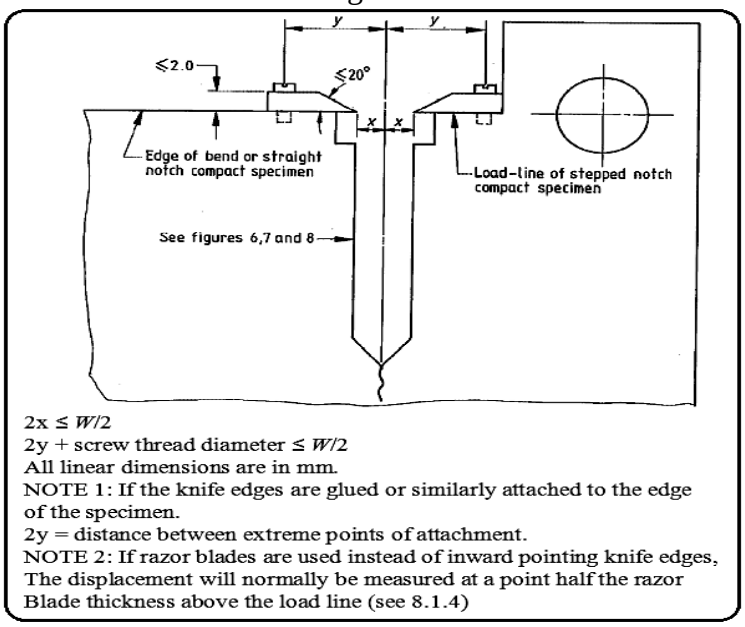


Fig.-8-1



2x ≤ *W*/2
2y + screw thread diameter ≤ *W*/2
All linear dimensions are in mm.
NOTE 1: If the knife edges are glued or similarly attached to the edge of the specimen.
2y = distance between extreme points of attachment.
NOTE 2: If razor blades are used instead of inward pointing knife edges, The displacement will normally be measured at a point half the razor Blade thickness above the load line (see 8.1.4)

Fig.-9

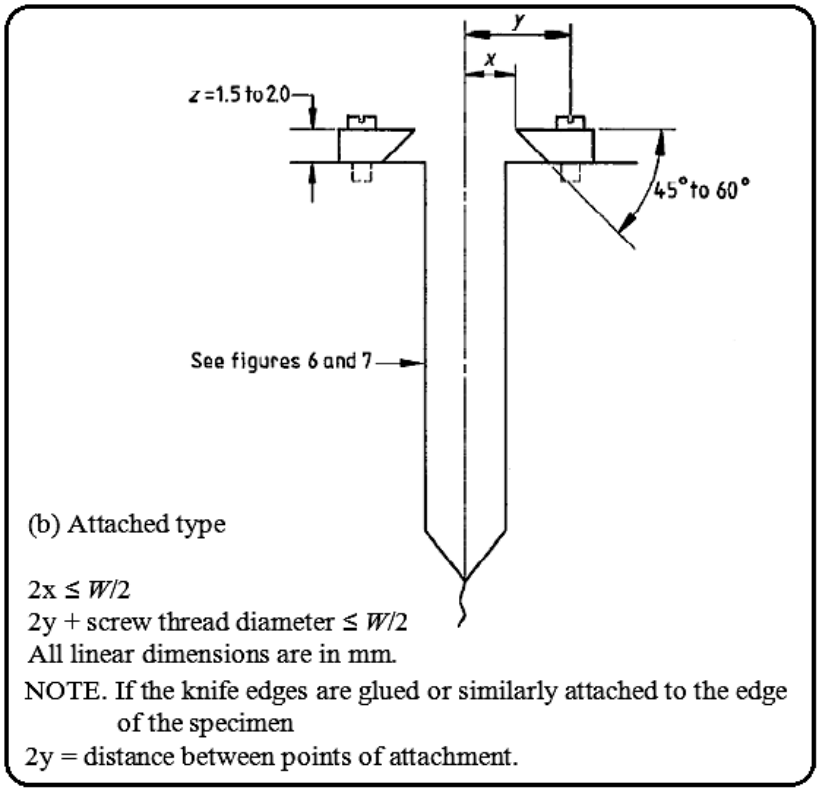


Fig.-10-2

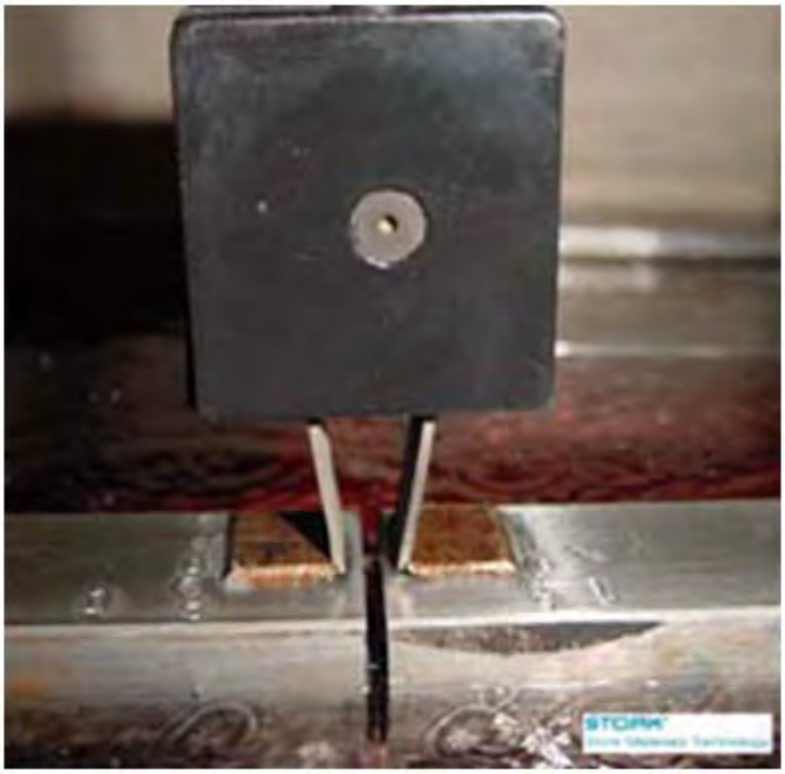


Fig.-14. Use of a clip gage allows crack opening width to be measured

در اغلب اندازه گیریهای آزمایشگاهی CTOD، نمونه های دارای ترک، تحت بارگذاری خمش سه تکیه گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این اندازه گیری ها از یک اندازه گیر پارویی شکل که در داخل ترک قرار می‌گیرد استفاده می‌شود. با باز شدن دهانه ترک، اندازه گیر پارویی چرخیده و پیام الکترونیکی ارسال می گردد. این مدل از دقت کافی برخوردار نیست زیرا

امکان قرار دادن اندازه گیر پارویی در موقعیت دقیق نوک ترک مشکل است بهمین دلیل معمولاً اندازه گیر بر روی سطح نمونه قرار گرفته و میزان باز شدن دهانه ترک را اندازه گیری می کند .

*** - خطا در تست CTOD**

فاکتورهایی همچون ابعاد نمونه، دما، موقعیت شکاف (Notch)، ضخامت نمونه، اندازه طول ترک، جهت و Orientation پیشرفت ترک، وجود تنش هایی پسماند، تأثیر مستقیم روی تست CTOD دارند. با تغییر ابعاد نمونه، نتایج متفاوتی از تست CTOD بدست می آید. عدم موقعیت صحیح شکاف (Notch) باعث ایجاد خطا میگردد قطعاتی که بعد از جوشکاری بصورت As weld مورد استفاده قرار می گیرند چنانچه برای تست CTOD ، تحت تنش زدایی مکانیکی (ایجاد فشار در جلوی شکاف (Notch) قبل از ایجاد ترک خستگی) قرار نگیرند باعث ایجاد خطا می گردند با توجه به اینکه ترک باید در امتداد شیار باشد با اعمال نیروی فشاری علاوه بر خنثی نمودن تنش های پسماند، جبهه ترک در مسیر مستقیم حرکت می کند با توجه به اینکه تنش های پسماند باعث ایجاد حرکت یا جبهه نامنظم ترک می گردند، اگر این انحراف زیاد باشد تست معتبر نخواهد بود. همچنین زاویه ای که ترک نسبت به شکاف (Notch) دارد انحراف فاحش از آن زاویه، باعث خطا در تست می گردد همچنین مناسب نبودن تنش اعمالی برای ایجاد ترک خستگی، و شاخه ای شدن ترک خستگی باعث ایجاد خطا در تست CTOD می گردد.

اندازه شعاع ریشه شکاف (Notch) فاکتور مؤثر برنتایج تست CTOD می باشد وجود شکاف (Notch) جهت ایجاد ترک خستگی الزامی بوده و اندازه شعاع ریشه شکاف (Notch) تأثیر بسزایی بر روی شکل و گسترش ترک خستگی و نتایج تست CTOD دارد.

*** - تعاریف CTOD**

باز شدن نوک ترک اصلی(ترک اولیّه) یا

The displacement at the intersection of a 90° vertex with the crack flanks

محل تلاقی زاویه ۹۰ درجه در نوک ترک (در این روش زاویه 90 درجه در نوک ترک ایجاد شده و تقاطع آنها با ترک موقعیت و اندازه CTOD را همانند شکل زیر Fig 15 مشخص می نماید.).

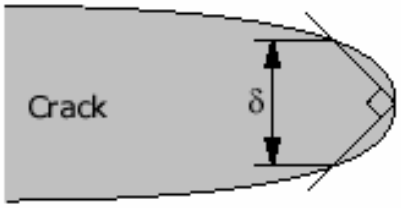


Fig 15

. (الاستیک یعنی با برداشتن نیرو قطعه به حالت اول برمیگردد)

- محاسبه CTOD برای نمونه تحت خمش سه نقطه (SENB)

CTOD=CTOD)e+CTOD)p

مقدار CTOD، عبارت است از مجموع CTOD الاستیک و CTOD پلاستیک.

$$\delta = K^2(1-\nu^2)/2\sigma_{YS}E + r_p(W-a_o)v_p/[r_p(W-a_o)+a_o+z]$$

$$\delta=\delta_{elastic}+\delta_{plastic}$$

$$\delta_{elastic}=k^2(1-V^2)/2\times E\times\sigma_{YS},\ \delta_{plastic}=Vp\times 0.4(w-a_0)/0.4W+0.6\,a_0+z$$

rp=Rotational Factor and about 0.4

$$\delta= k^2(1-V^2)/2\times E\times\sigma_{YS} + (Vp\times 0.4(w-a_0)/0.4W+0.6\,a_0+z)$$

$$\delta_c= k1C^2(1-V^2)/2\times E\times\sigma_{YS} + (Vp\times 0.4(w-a_0)/0.4W+0.6\,a_0+z)$$

$$K1C = f(a)\times(Pc\times S)\times(B\times W^{3/2}) \qquad \alpha=a/w$$

با مشخص بودن مقادیر aوw، و استفاده از جداول ۲و۳مقدار $f(\alpha)$ تعیین می گردد با جایگزینی مقادیر S,W,Bو Pc، در فرمول فوق، مقدار K1C محاسبه می گردد با مشخص شدن K1C، مقدار CTOD الاستیک نیز مشخص می گردد البته در فرمول K1C، محاسبه نیرو PC ،از نمودار بار -جابجایی صورت می گیرد

برای محاسبه Pc:

بدین طریق که درقسمت خطی نمودار، خط سکانت ۵ درصد یا شیب ۹۵ درصد را رسم نموده و محل تلاقی با نمودار، مقدار نیرو (Fیا PC) مشخص می گردد.

$$\delta = \left[\frac{FS}{BW^{1.5}}\times\frac{3\left(\frac{a}{W}\right)^{0.5}\left(1.99-\left(\frac{a}{W}\right)\left(1-\frac{a}{W}\right)\left(2.15-3.93\frac{a}{W}+2.7\frac{2.7a^2}{W^2}\right)\right)}{2\left(1+\frac{2a}{W}\right)\left(1-\frac{a}{W}\right)^{1.5}}\right]$$

$$\times\left[\frac{(1-\nu^2)}{2\sigma_{YS}E}\right]+\left[\frac{0.4(W-a)Vp}{0.4W+0.6a+z}\right]$$

From the plot (fig 16), the maximum load and the plastic component (Vp) of the crack opening is determined for use in the CTOD calculation.

where δ is the CTOD, F is the load, S the span, B the specimen thickness, W the specimen width, a the crack length, v the poison's ratio, Vp the plastic component corresponding to the load at the critical event(see fig), z is the clip gage height(see fig10-2) and σYS is the yield at test temperature. rp: Plastic Rotation Factor

(این آیتم معمولا عدد ۰,۴۴ در نظر گرفته میشود)

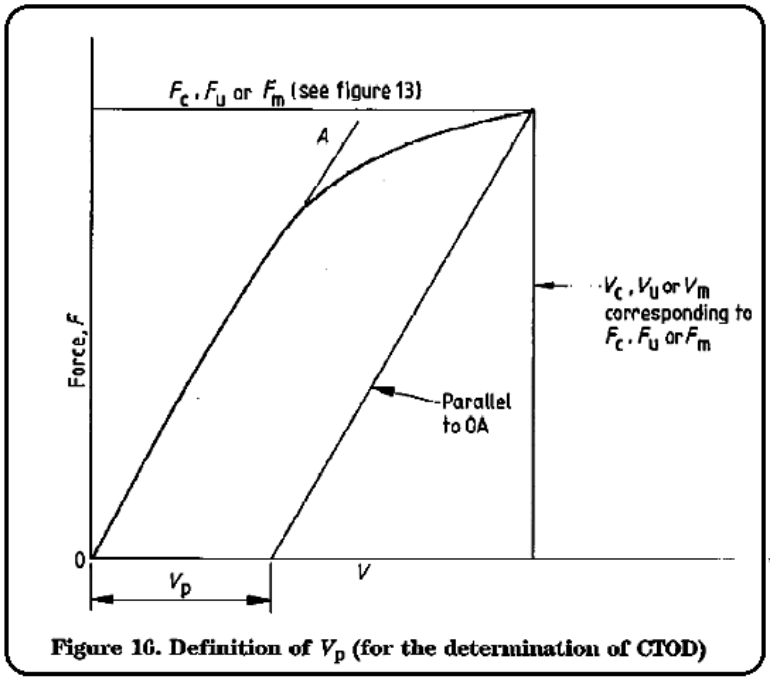


Figure 16. Definition of V_p (for the determination of CTOD)

Fig.-16

***- روش محاسبه CTOD**

CTOD عبارت است از باز شدن نوک ترک اصلی در نقطه X=a که a طول ترک می باشد . بنابراین CTOD ممکن است به شکل های δc،δm،δu باشد که نمایانگر نوع شکست می باشند CTODm یا δm که بیانگر شکست کاملاً پلاستیک و Fibrous و داکتیل در ماکزیمم بار، CTOD در قسمت Lower Shelf یا کاملاً بریتل بصورت δc نشان داده می شود.

CTOD با روش های PHM(Plastic Hinge Model) و CFOA:Crack Flank Opening و روش FEM(Finite element Model) محاسبه می گردد

محاسبه مقدار CTOD بر اساس استاندارد BS7448-1 برای نمونه های SENB,CT

Bend specimens

$$\delta = \left[\frac{FS}{BW^{1.5}} \times f\left(\frac{a_o}{W}\right)\right]^2 \frac{(1-\nu^2)}{2\sigma_{YS}E} + \frac{0.4\,(W-a_o)\,V_p}{0.4W + 0.6a_o + z}$$

For a straight notch compact specimen

$$\delta = \left[\frac{F}{BW^{0.5}} \times f\left(\frac{a_o}{W}\right)\right]^2 \frac{(1-\nu^2)}{2\sigma_{YS}E} + \frac{0.46\,(W-a_o)\,V_p}{0.46W + 0.54a_o + (C-W) + z}$$

For a stepped notch compact specimen

$$\delta = \left[\frac{F}{BW^{0.5}} \times f\left(\frac{a_o}{W}\right)\right]^2 \frac{(1-\nu^2)}{2\sigma_{YS}E} + \frac{0.46\,(W-a_o)\,V_p}{0.46W + 0.54a_o + z}$$

***- کاربرد و تعداد نمونه تست CTOD**

تست CTOD برای خطوط لوله (Pipe Line)وخطوط لوله انتقال گاز استفاده می شود همچنین از روش SENT برای تست خطوط زیر دریا استفاده می شود تعداد نمونه جهت تست CTOD بر اساس استاندارد API 1104 برای Qualify نمودن PQR جوشکاری در Weld Metal و همچنین ناحیه HAZ هر کدام یک ست که شامل سه نمونه با موقعیت های ساعت ۱۲ یا ۶ یا ۹ می باشد در صورتیکه تنها یک نمونه از هر ست، معیار پذیرش و نیازمندیهای تافنس شکست را برآورده ننماید و در تست CTOD مردود گردد یک ست دوم که شامل سه نمونه دیگر می باشد ممکن است تست گردند و تعداد 5 نمونه از 6 نمونه باید با موفقیت تست را پشت سر بگذراند ست دوم برای زمانیکه تست CTOD برروی جوش و یا ناحیه HAZ انجام گیرد .

***- تأثیر Orientation پیشرفت ترک بر مقدار CTOD**

انرژی شکست متریال و همچنین مقدار CTOD به جهت و Orientation پیشرفت ترک بستگی دارد.

قبل از بررسی تأثیر جهت و Orientation نمونه در نتایج تست CTOD، ابتدا به بررسی عیب Lamination در قطعات نورد شده فولادی پرداخته می شود عیب Lamination از ناپیوستگی های فلز پایه محسوب می شود که بعلت وجود ناخالصیهایی همچون Mns, Fes, MnFes, Al2o3 و خصوصاً آخال های سولفیدی در عملیات فولاد سازی در داخل فولاد به وجود می آیند این ناخالصیها حین عملیات نورد کشیده شده و پهن می گردند آخال های اشاره شده سبب عدم چسبندگی لایه های فلزی قطعه فولادی به یکدیگر شده از طرفی بعلت انعطاف پذیری پایین این آخالها در مقایسه با فولاد ،باعث پارگی در داخل قطعه می گردند بنابراین Lamination معمولاً در داخل بدنه فولاد در زمان Rolling اتفاق می افتد و موازی جهت Rolling می باشد این عیب همچنین حین جوشکاری و یا برشکاری بعلت ایجاد حرارت و ذوب آخال در نزدیکی دیواره های Bevel قطعه جوشکاری هم رخ می دهد و به داخل جوش هم کشیده می شوند بنابراین زمانیکه تنش کششی و یا نیروی اعمالی کششی، عمود بر راستای تورق یا Lamination باشد سازه بشدت ضعیف خواهد بود در صورتیکه راستای تنش، موازی با راستای تورق باشد حساسیت خیلی کمتر است به همین دلیل قطعاتی که نورد می شوند در راستای ضخامت و اعمال تنش کششی سریعا به شرایط بحرانی رسیده و قطعه به ازای تنش کمتری Fail میکند که البته با کنترل گوگرد در فولاد سازی و به حداقل رساندن این عنصر، و همچنین افزودن کلسیم به فولاد حین فولادسازی، عیب Lamination قابل کنترل و جلوگیری است، افزودن کلسیم باعث کروی شدن و افزایش سختی آخالها می گردد با سخت و کروی شدن آخالها، و وقوع HIC و Lamination به حداقل می رسد دلیل ایجاد HIC در قطعات Roll شده : آخالهای کشیده شده زمان نورد بعلت ایجاد مکان های شارپ و تیز محل های مناسبی برای نفوذ اتمهای هیدروژن به داخل فولاد بوده و اتمهای هیدروژن با نفوذبه داخل فولاد و جوانه زنی در محل های تیزآخال، تشکیل ملکول H2 داده و این ملکول گازی با ایجاد فشار باعث از بین رفتن متریال می شود قابل ذکر است برای مشخص نمودن عیب تورق در فولاد از تست UT استفاده می شود (مکان های تیز، محل تجمع تنش وStress Concentration می باشد. از طرفی همانطور که اشاره گردید قطعات نورد شده در جهت ضخامت و تحت نیروی کششی ضعیف بوده و بازای انرژی کمی Fail میکند بنابراین برای قطعات نورد شده در جهات متفاوت، انرزی ضربه و مقدار CTOD متفاوت خواهد بود. Figure 18 جهت قرار گرفتن شکاف را نشان می دهند و جهت Rolling در جهت X نشان داده شده است نمونه ها با دو حرف نمایش داده می شوند حرف اول بیانگر عمودبودن جهت Rolling بر صفحه ترک یا جهتی که بر صفحه ترک عمود باشد و حرف دوم جهت پیشروی ترک را نشان می دهد (مثال: نمونه YX در اینحالت حرف Y بدان معنی است که جهت Rolling عمود برصفحه ترک است و یا محور Y عمود بر صفحه ترک است و حرف X بدان معنی است که جهت پیشروی ترک در جهت X می باشد نمونه ZY حرف Z

بدان معنی است که جهت Z عمود بر صفحه ترک است یا جهت Rolling عمود بر صفحه ترک و حرف Y بدان معنی است که جهت پیشروی ترک در جهت Y است)

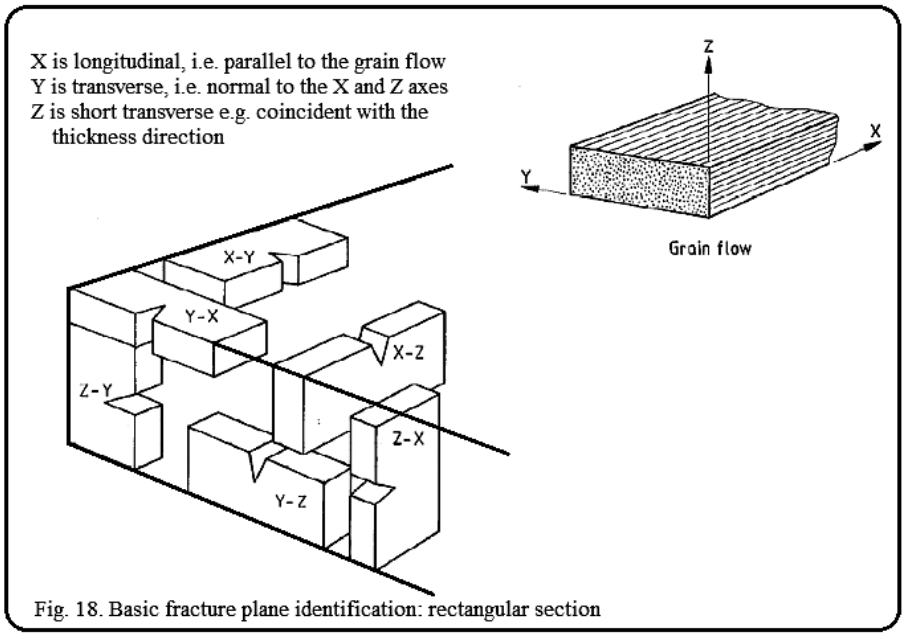


Fig.-18

بنابراین با ایجاد شکاف در جهت های متفاوت در قطعه نورد شده، تافنس شکست و مقدار CTOD بشدت تغییر می کنند حتی مقادیر انرژی شکست و CTOD برای دو نمونه که Notch در جهت Z یا ضخامت ایجاد شده باز هم متفاوت خواهد بود نمونه های X-Y و Y-X در شکل فوق Fig 18 که شکاف در جهت ضخامت بوده ولیکن انرژی شکست و مقدار CTOD برای دو نمونه متفاوت خواهد بود. در جهت (x) بعلت عملیات Rolling روی قطعه، دانه بندی درشت شده و با افزایش دانه بندی، انرژی شکست و مقدار CTOD بشدت کاهش می یابند بنابراین انرژی شکست و مقدارCTOD نمونه X-Y در مقایسه با نمونه Y-X بمراتب بیشتر می باشد شکلFig 19 . همچنین انرژی شکست در جهات XZ,YZ,XY کاملاً متفاوت خواهند بود در استاندارد ها ممکن است از حروف T,L,S بجای X,Y,Z استفاده گردد (LT,TL.ST,TS,SL,LS)

TL معادل Y-X نمودار فوق می باشد LT معادل X-Y می باشد (وقتی حرف دوم L باشد یعنی پیشرفت ترک موازی جهت Rolling می باشد و بصورت Longitudinal و حرف دوم اگر T باشد (transverse) یعنی پیشرفت ترک در جهت T و جهت T که عمود بر جهت Rolling بوده و بنابراین در این حالت، جهت Rolling عمود بر پیشرفت ترک است، در صورتیکه یکی از مولفه ها S باشد در شکلA2.3 نمونه های TS,ST,LS,SL نشان داده شده است .

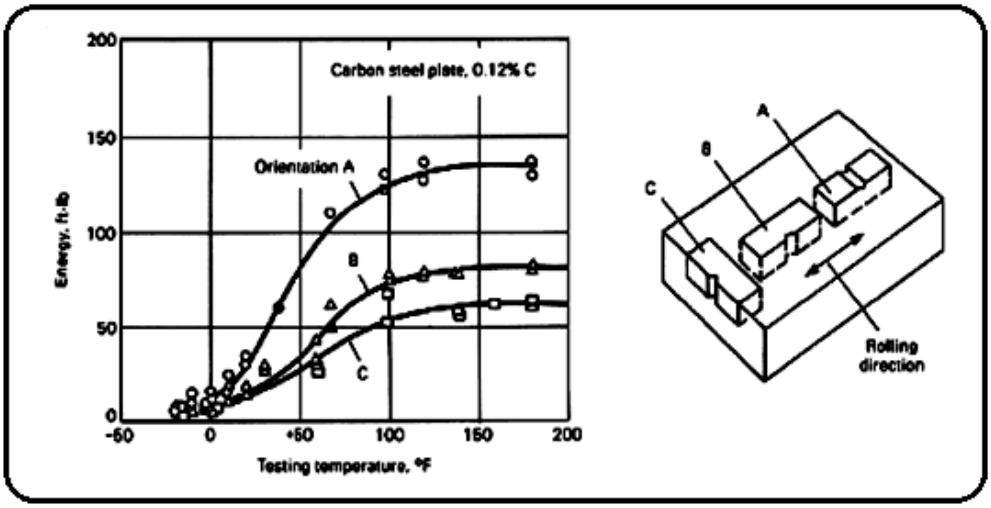


Fig.-19

از توضیحات فوق نتیجه گیری می شود که با تغییر جهت پیشرفت ترک، انرزی شکست و مقدار CTOD تغییر می کند (در شکل ۱۹ انرزی شکست X-Y بمراتب بیشتر از Y-X و هردو از Z-X کمتر می باشند.)

هدف از بیان مطلب فوق بدین جهت اهمیت دارد که بعنوان مثال یک پلیت ۲۰*۲۰ که جهت رولینگ مشخص نمی باشد یکی از روش ها جهت مشخص نمودن جهت رولینگ، تست ضربه می باشد

در شکل A 2.5 جهت گسترش ترک برای نمونه هایی که بصورت Bar یا Cylinder می باشند نشان داده شده است.

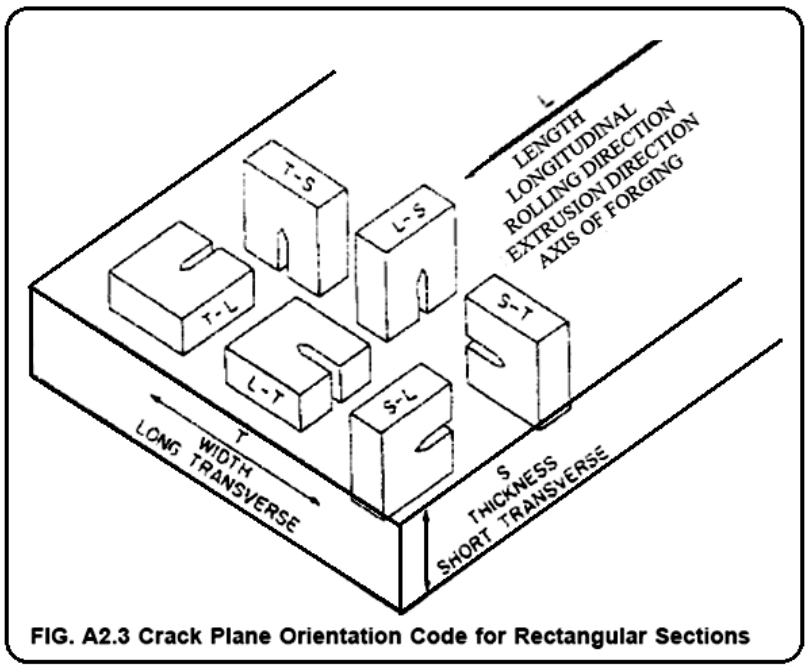


Fig.-A2.3

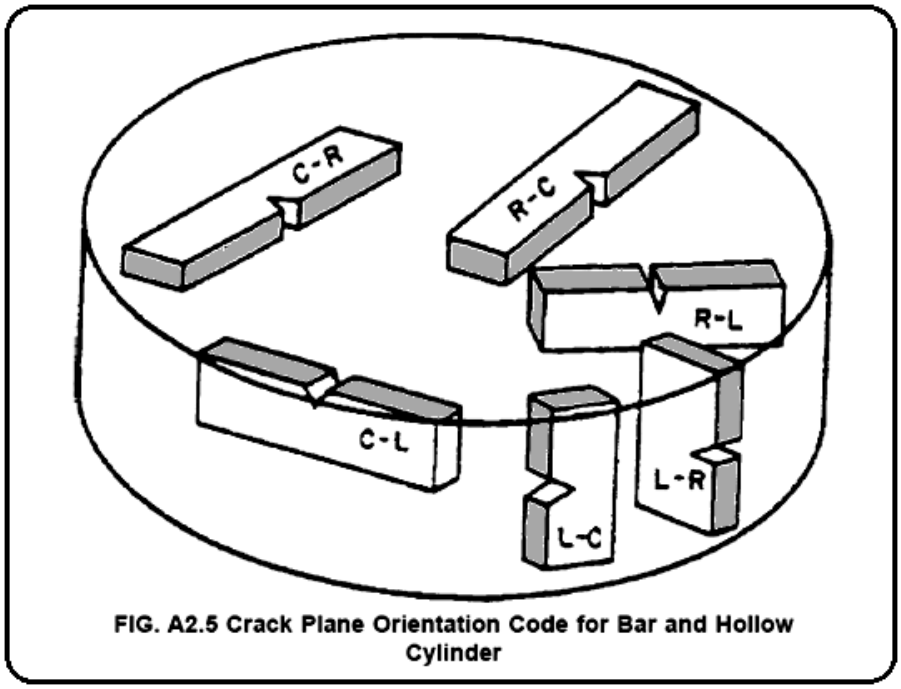


FIG. A2.5 Crack Plane Orientation Code for Bar and Hollow Cylinder

Fig.A2.5

HIC: Hydrogen Induced Cracking
HCP: Hexagonal Close Packed

References:

API 1104:
BS7448 Part 1
ASTM E1290
ASTM E1823
ASTM E1820
AWS Test Methods For Evaluating Welded Joint
کتاب کلید جوشکاری و پایپینگ در صنعت نفت وگاز تالیف مهندس آیت الله دانشمند

❋- تستهای خوردگی در فلزات:

■- تست HIC مطابق با استاندارد NACE TM0284-2016

بررسی و تحقیق در باره‌ی این تست ها را جناب آقای مهندس پرویز صابرپور قبول زحمت فرمودند جا دارد در اینجا از زحمات و دقت بالای ایشان، برای تهیه‌ی این مقالات بسیار با ارزش، قدردانی و تشکر کنم. امید است که زحمات ایشان برای همه‌ی برادران عزیز که در عرصهٔ صنعت فعال هستند مفید باشد.

HIC (Hydrogen Induced Cracking)

مقدمه:

هیدروژن یا آبزا یکی از ساده ترین عناصر شیمیایی است که بی رنگ، بی بو، غیر فلز، یک ظرفیتی و گازی دو اتمی است که در جدول تناوبی با حرف (H) و عدد اتمی ۱ که هر اتم آن دارای یک پروتون و یک نوترون می باشد ،نشان داده شده است . هیدروژن یک عنصر ترکیبی است که قابلیت واکنش شیمیایی با بیشتر عناصر را دارد مانند ترکیب هیدروژن با اکسیژن که H_2O و ترکیب هیدروژن با کربن که CH_4 یا متان تولید می کند.

از نظر شیمیایی، هیدرو کربنها ترکیبی از دو عنصر هیدروژن و کربن می باشند که این دو عنصر به نسبتهای مختلف با هم هیدرو کربنات سنگین را به شکل نفت و هیدروکربنات سبک را به شکل گاز تولید می نمایند. گازترش پس از پالایش و شیرین سازی به سه صورت قابل مصرف می باشد:

۱-گاز متان که گاز پاک یا سوخت پاک نامیده می شود.

۲-گاز مایع طبیعی شامل اتان، پروپان، و بوتان که مناسب برای صنایع پایین دستی مانند پتروشیمی می باشد.

۳-گازهای سنگین شامل پنتان و هیدروکربورهای مایع که مناسب برای تولید بنزین و سوخت موشک است. از آنجاییکه عمده ترین ناخالصی های موجود در مخازن زیر زمینی گاز شامل CO_2, H_2S و مرکاپتانهای سبک و سنگین و رطوبت می باشد که H_2S با درصدهای متفاوتی در مخازن زیر زمینی نفت و گاز کشور وجود دارد بخصوص مخزن میدان گازی پارس جنوبی که از نوع گاز ترش (H_2S) است، این گاز بسیار خورنده، کشنده، مخرب و به نوعی Toxic Gas می باشد، با این توضیحات ضرورت آشنایی با مکانیزم HIC در صنایع و تاسیسات نفت و گاز کشور بویژه در پالایشگاههای گازی منطقه پارس جنوبی (عسلویه) آشکار میگردد. لازم بذکر است، میدان گازی پارس جنوبی از اکتشافات شرکت ملی نفت ایران است که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر در خلیج فارس و در فاصله ۱۰۵ کیلومتری ساحل جنوبی ایران قرار دارد. این مخزن گازی در لایه ای به ضخامت ۴۵۰ متر در عمق ۳۰۰۰ متری زیر کف دریا قرار دارد. مساحت این میدان مشترک ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که ۳۷۰۰ کیلومتر آن متعلق به ایران می باشد. ظرفیت ذخیره متعلق به ایران ۴۶۴ تریلیون فوت مکعب (۱۴ تریلیون متر مکعب) گاز درجا (کنونی) و ۱۰ تریلیون متر مکعب گاز قابل برداشت می باشد. سهم ایران در میعانات گازی این میدان، ذخایری در حدود ۱۸ میلیارد بشکه می باشد که ۹ میلیارد بشکه آن قابل برداشت است. میزان گاز H_2S این مخزن در لایه های مختلف حدود ۵۰۰۰ppm می باشد. همچنین میدان گازی پارس شمالی یکی از میادین بزرگ و مستقل گازی در کشور است که در فاصله ۱۰ تا ۱۵ کیلومتری ساحل و در عمق ۴۰۰۰ متری زیر سطح دریا قرار دارد. ذخیره این میدان گازی ۵۸/۹ تریلیون فوت مکعب و حجم گاز قابل تولید آن حدود ۴۷/۲ تریلیون فوت مکعب تخمین زده شده است. انجام تست HIC جهت طراحی با اطمینان بالاتر (Over Design) در صنایع و تاسیساتی که در معرض

محیط های ترش هستند الزامی می باشد تا از تلفات و خسارات جانی و مالی ناشی از خوردگی یا ترک هیدروژنی جلوگیری بعمل آید. همچنینH_2S از نظر فیزیولوژیکی بر روی انسان وحتی موجودات زنده و محیط زیست نیز اثرات زیانباری دارد. به طوری که H_2S در غلظت های 150ppm تا 200 ppm باعث تورم ریه, سردرد و تهوع میگردد و در غلظت های 500ppm ممکن است در کمتر از ۱۵ دقیقه باعث بیهوشی ودر مدت ۳۰ دقیقه منجر به مرگ شود و در غلظت های بیشتر از 1000ppm فوراً باعث پارالایز و فلج شدن ریه و مرگ آنی می شود. ترک هیدروژنی از مخرب ترین نوع ترک هاست که در اثر نفوذ هیدروژن اتمی H^+ که از احیای یونهای هیدروژن در واکنش های خوردگی در محیط های حاوی گاز H_2S تولید می شود، بوجود می آید. خسارت های ترک هیدروژنی (HIC) بیشتر بصورت ترک یا تاول های هیدروژن (Hydrogen Blistering) می باشند که در ساختار درونی فولاد بوجود می آیند و به صنایع و تاسیسات صنعتی آسیب های جدی وارد میکنند. به این دلیل اهمیت جلوگیری از خوردگی هیدروژنی و ضرورت انجام تست HIC بیشتر نمایان میگردد. البته گاهی ممکن است ترک های هیدروژنی به علت حمله های هیدروژنی باشد که در دماهای بالا در آلیاژها نفوذ میکنند و با کربن ترکیب می شوند و باعث تشکیل گاز متان (CH_4) در مرز دانه ها یا Void ها می شود، در این صورت گاز متان در درون فولاد باقی میماند و خارج نمیگردد و در اثر فشار منجر به ترک هیدروژنی می شود. در واقع حمله هیدروژنی Hydrogen (Attack) در دماهای بالا در درون فولاد باعث دی کربورایز شدن فولاد می شود که در نهایت باعث کاهش استحکام و کاهش انعطاف پذیری (Ductility) فولاد شده و ممکن است منجر به خزش (Creep) گردد.

*- علل ایجاد HIC :

ترک های هیدروژنی یا HIC به علت نفوذ اتم های هیدروژن در ساختار درونی فولاد، اتفاق می افتد. هیدروژن اتمی ممکن است در دو مرحله در ساختار فولاد نفوذ کند. مرحله اول ممکن است در فرآیند فولاد سازی و هنگامی که فلز بصورت مذاب است و بلافاصله پس از انجماد (Solidification) بصورت اشباع در آن باقی بماند و چون نفوذ ابتدایی هیدروژن در قطعه صورت گرفته است آن قطعه چنانچه در معرض محیط هیدروژنی مانند H_2S قرار بگیرد مستعد تردی و ترک هیدروژنی می باشد. هیدروژن موجود در مذاب ریخته گری ممکن است در زمان سرد شدن در قالب بصورت حفره های گازی در آید و این عیوب ممکن است به هنگام فورجینگ یا هنگامی که Slab را به فرم ورق یا لوله در می آورند گسترش یابند و بصورت عیوبی مانند Shatter Crack, Flake, Lamination یا Hair Line Crack (ترک مویی) ظاهر گردند و این عیوب و نارسایی ها (Discountinity) در زمان سرویس محل مناسبی برای نفوذ هیدروژن اتمی و تشکیل مولکول دو اتمی (Diatomic) یا H_2 می باشد. همچنین وجود عناصر مضری مانند گوگرد (Sulphur) و فسفر (Phosphorer)در فولاد باعث تشکیل ناخالصیهای غیر فلزی مانند سولفور آهن (Fes) و سولفور منگنز (Mns) میگردد و این ناخالصیها نیز محل مناسبی برای حضور اتم های هیدروژن و ایجاد ترک های هیدروژنی می باشد لذا برای کاهش عناصر مضر می توان از اضافه نمودن عناصر دیگری مانند منگنز (Mn) و سلیس (Si) استفاده نمود تا از تشکیل نا خالصی های غیر فلزی جلوگیری شود. میزان هیدروژن موجود در فولاد هایی که قرار است در محیط های هیدروژنی استفاده شوند نباید بیشتر از ۳ppm باشد. برای کاهش یا حذف هیدروژن نفوذ یافته در درون ساختار فولاد می توان از دستگاه Vacuum Degassing استفاده نمود. همچنین راه های زیادی برای نشان دادن عیوب هیدروژنی وجود دارد ولی بهترین روش برای نشان دادن آسان عیوب هیدروژنی در صنایع پالایشگاهی استفاده از یک تکنیک ترکیبی شامل؛

TOFD (Time Of Flight Diffraction) که یکی از پیشرفته ترین روشهای تست اولتراسونیک با حساسیت بالاست و Pulse Echo Back Scatter و تکنیک Velocity Ratio Measurement می باشد.

شکل-۵۸۱ : روش تست اولتراسونیک برای مشخص کردن عیوب هیدروژنی

هیدروژن نفوذ یافته در فرآیند فولاد سازی ممکن است از منابع مختلف شیمیایی یا محیطی در ساختار فولاد (Lattice) نفوذ کند و بر روی رفتار پلاستیکی فولاد تاثیر میگذارد و باعث کاهش استحکام تسلیم (Yield Strenght) و استحکام خستگی (Fatigue Strenght) میگردد. مرحله دیگر نفوذ هیدروژن، ممکن است در فرآیند سرویس (Operation) اتفاق بیفتد. بطوریکه اگر فولاد دارای عیوب ساختاری همچون Segragation (جدایش) ، Porosity یا Void بوده و در معرض یک محیط هیدروژنی مانند H_2S قرار بگیرد اتم های هیدروژنی موجود در محلول سرویس در درون این عیوب یا ناخالصی ها نفوذ کرده و در اثر بالا رفتن غلظت هیدروژن بصورت مولکول هیدروژنی در می آید و ممکن است باعث خطراتی همچون تاول هیدروژنی یا تردی هیدروژنی گردند. هیدروژنهای اتمی معمولاً در مناطقی نفوذ میکنند که بیشترین تنش سه بعدی (Triaxial Stress) در آن متمرکز شده است و هیدروژن راه یافته در فولاد در تله هایی نظیر مرز دانه ها یا ناخالصی ها نفوذ کرده و با افزایش غلظت هیدروژن در این مناطق شکست سریع و ترد اتفاق می افتد زیرا نیروی ناشی از حضور هیدروژن مولکولی در این مناطق بسیار زیاد و گاه در حد چند هزار PSI است که می تواند قطعات ضخیم را به راحتی ویران نماید و منجر به گسیختگی (Rapture) شود. شرط اصلی برای ترک های هیدروژنی یا HIC یک واکنش خوردگی در محیطهای مرطوب و اسیدی است که منجر به نفوذ هیدروژن در درون فولاد می شود. نفوذ هیدروژن اتمی در ساختار فولاد بوسیله H_2S که به عنوان یک کاتالیزور می باشد تشدید میگردد و هیدروژن مولکولی تشکیل می شود. تشکیل مولکول باعث افزایش فشار و در نهایت منجر به ترک می شود. میزان فشار ناشی از تشکیل مولکول بستگی به مقدار یون هیدروژن موجود در محلول دارد. واکنش های H_2S در مجاورت فولاد کربنی بصورت زیر می باشد:

$$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{--}$$
$$Fe+2H^+ \rightarrow Fe^{++} + 2H$$
$$Fe^{++} + S^{--} \rightarrow Fes$$
$$\overline{H_2S + Fe \rightarrow Fes + 2H}$$

مقدار H^+ معرف PH است و نسبت مستقیم با غلظت H_2S دارد. وقتی گاز سولفید هیدروژن با آهن ترکیب می شود لایه سیاهرنگی بنام Fes از خود به جای میگذارد. در این واکنش شیمیایی فولاد خورده می شود و هیدروژن اتمی آزاد می شود

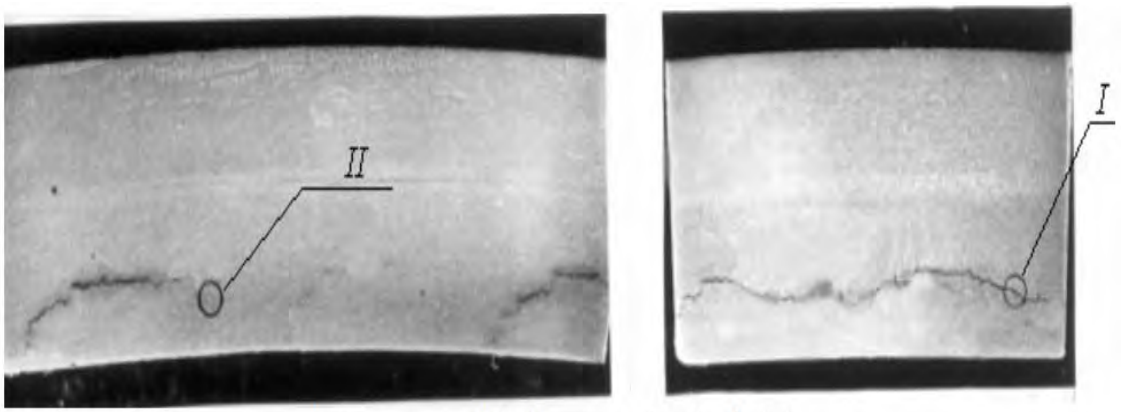
و تا پیش از آن که متصاعد شود به درون فولاد نفوذ میکند. تخریب هیدروژنی یا ترک ناشی از نفوذ هیدروژن در درون ساختار فولاد بدون ایجاد تنش را ترک القایی هیدروژنی یا اصطلاحاً HIC میگویند. در گذشته برای این نوع ترک هیدروژنی در مخازن تحت فشار و خطوط لوله ها نامهای مختلف زیادی وجود داشته است از جمله:

1-Hydrogen Induced Stepwise Cracking
2-Blister Cracking
3-Hydrogen Pressure Cracking
4-Stepwise Cracking

ولی در استاندارد ASTM و NACE برای این نوع ترک، یک نام استاندارد شده بنام HIC یا (Hydrogen Induced Cracking) مشخص شده است. ترک هیدروژنی یا HIC در استاندارد NACE/ ASTM G-193 چنین تعریف شده است:

Stepwise internal crack that connect adjacent hydrogen blistering on difference planes in the metal; or to the metal surface.

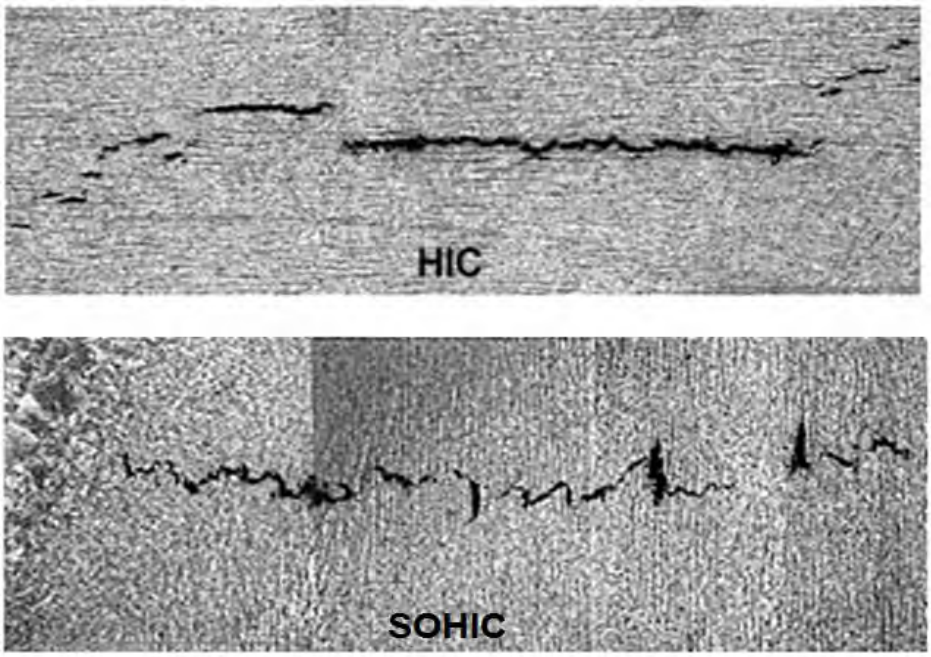
بر همین اساس، ترک های هیدروژنی، ترک های درونی می باشند که به تدریج و به صورت پلکانی(Stepwise) در سطوح مختلف فولاد و موازی با جهت نورد با ترک ها و تاول های هیدروژنی همجوار خود پیوند خورده و در جهت ضخامت قطعه گسترش می یابند.



نمونه های شکست ایجاد شده بوسیلهٔ ترکهای هیدروژنی با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر

شکل-۵۸۲ : نمونه ای از ترک هیدروژنی در متریال

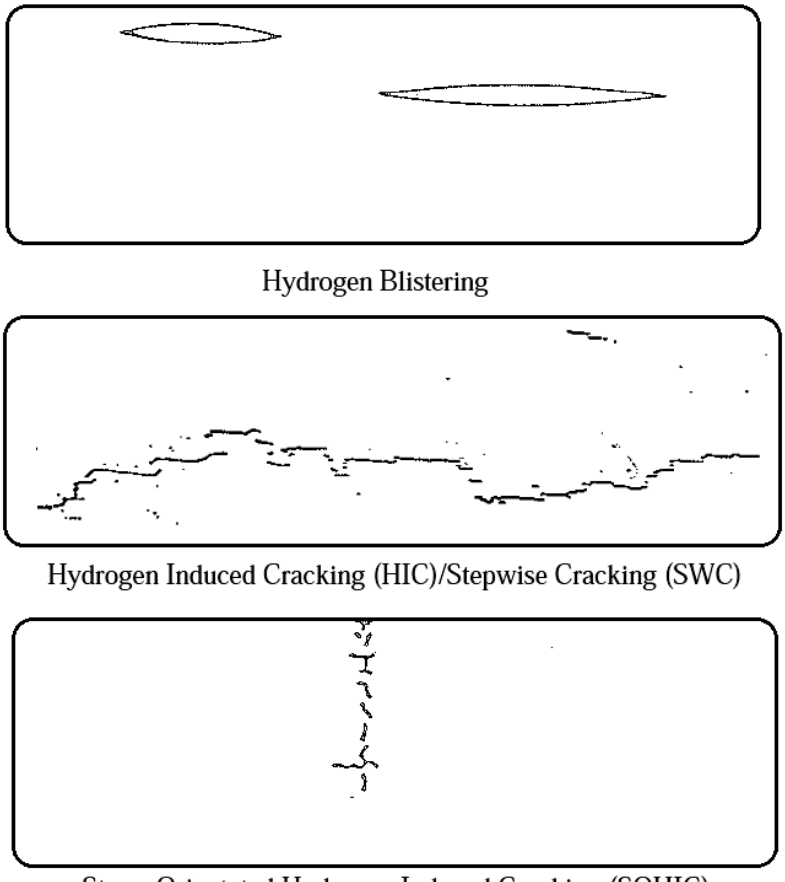
محدوده فعالیت HIC در لوله های درز دار (Seam Weld) طولی و درز دار مارپیچ (Spiral) و لوله های بدون درز (Seamless)و نیز ورق های فولادی مخازن تحت فشار می باشد .



نمونهٔ ترکهای هیدروژنی در محیطهای مرطوب سولفیدی (H_2S)

شکل-۵۸۳ : نمونه ای از ترک هیدروژنی در متریال

تصاویر زیر تفاوت ترکهای محیطی (EC) در محیطهای ترش حاوی H_2S را نشان می دهد که کمک سودمندی در تشخیص ترکها می نماید.



شکل-۵۸۴ : تفاوت ترکهای محیطی (EC) در محیطهای ترش حاوی H_2S

*- روش های جلوگیری از خطرات: HIC

برای جلوگیری از خطرات HIC چندین راه وجود دارد:

- یکی اینکه شرایطی ایجاد گردد تا مانع فعل و انفعال خوردگی شود و هیدروژن اتمی تولید نگردد که این کار تقریباً غیر ممکن یا بسیار پر هزینه است زیرا در مخازن ذخیره و خطوط لوله های (Pipeline) انتقال نفت و گاز ترش که حاوی مقادیر زیادی از H_2S می باشند جلوگیری کردن از تولید هیدروژن اتمی اجتناب ناپذیر می باشد.

- راه دیگر جهت جلوگیری از ایجاد HIC استفاده از فولاد آرام (Killed Steel) می باشد که با عناصری همچون سیلیکون و آلومینیوم یا برخی عناصر دیگر اکسیژن زدایی شده است و یا در فرآیند فولاد سازی از عناصری استفاده شود که از ایجاد عیوب داخلی مانند Porosity جلوگیری نماید زیرا تخلخل ها (Porosity) می تواند به عنوان یک Void (حفره داخلی) در فولاد تولید شده باقی بماند و در زمان سرویس محل مناسب و مستعدی برای تشکیل Hydrogen Blistering باشد. همچنین برای جلوگیری از خطر ترک هیدروژنی می توان از فولاد تمیز (Clean Steel) استفاده نمود زیرا میزان غلظت گوگرد و معمولاً فسفر در این نوع فولاد ها بسیار کم می باشد و کنترل این عناصر موجب کاهش تشکیل ناخالصیهای غیر فلزی همچون Mns یا Fes در فولاد میگردد. برای کاهش مقدار گوگرد می توان از عنصر کلسیم یا عناصر نادر دیگر استفاده کرد تا ناخالصی های سولفیدی همچونFes وMns کنترل و کاهش یابد زیرا وجود این گونه ناخالصیهای غیر فلزی در فولاد مکان مناسب و مستعدی برای ایجاد تاول هیدروژنی می باشند. ناخالصی های مدور در زمینه فولاد نسبت به ناخالصی های کشیده و تخت در مقابل تاول هیدروژنی و HIC مقاومت بهتری از خود نشان می دهند. همچنین ساختار متالورژیکی فولادها که شامل عملیات حرارتی و نورد فولادهاست روی میزان نفوذ هیدروژن تاثیر دارد. لذا از نظر اقتصادی هزینه تولید متریالهای مخصوص سرویس های ترش (NACE) به علت شرایط مکانیکی و شیمیایی خاص بسیار گرانتر از متریالهای معمول می باشد.

*- آزمایش HIC

آزمایش HIC به منظور ارزیابی مقاومت خطوط لوله ها (Pipeline) و ورق های فولادی مخازن تحت فشار (Pressure Vessel) در برابر ترکهای هیدروژنی ناشی از جذب اتم های هیدروژن و خوردگی سولفیدی در محیطهای مرطوب، انجام می گیرد. این آزمایش که تقریباً زمان بر و گران می باشد باید مطابق با استاندارد NACE-TM 0284 یا استاندارد EN 10229 انجام شود. وجود HIC که منجر به تاول هیدروژنی میگردد از سال ۱۹۴۰ در بازرسی از مخازن هایی که در معرض محیطهای ترش بودند به عنوان یک خطر و مشکل جدی شناخته شد. معمولاً هنگامی که فشار محلول ترش (H_2S) بیشتر از ۵۲ PSI باشد خطر و ریسک HIC وجود دارد.

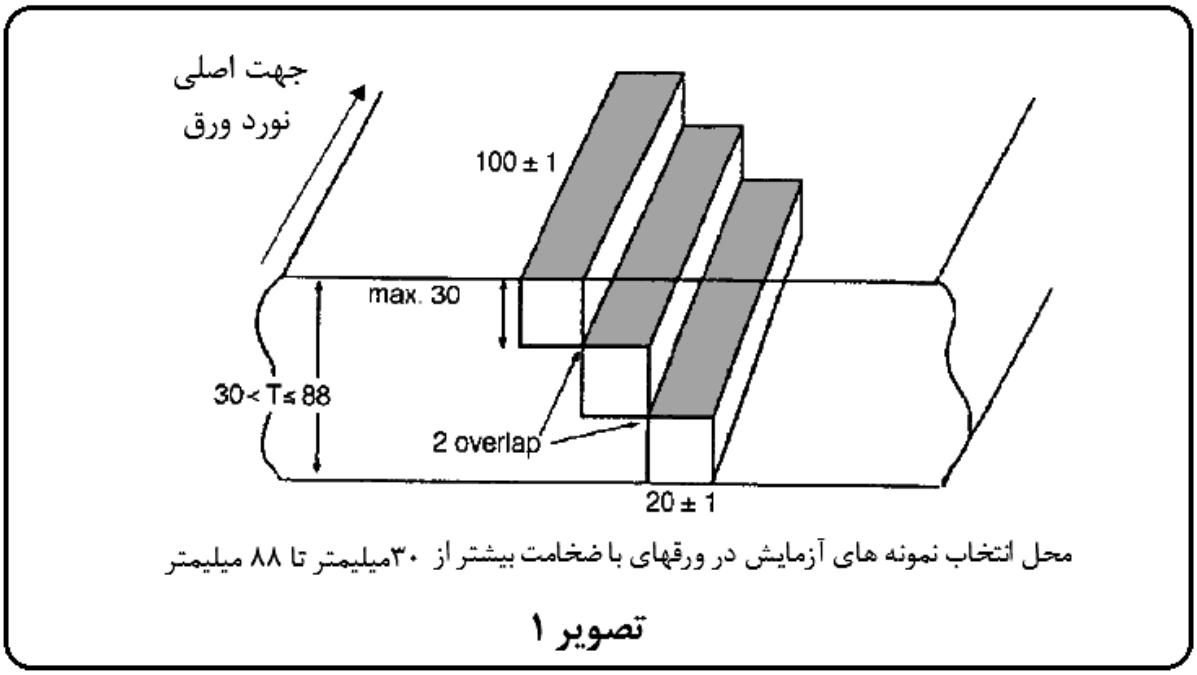
روش آزمایشHIC

روش انجام آزمایش HIC که مطابق با استاندارد NACE TM0284 انجام میگیرد به ترتیب زیر می باشد:

۱- ابعاد نمونه (Test Specimen)

۳ نمونه تست با ابعاد مشخص که تحت هیچگونه تنشی قرار نگرفته باشند باید برای آزمایش آماده شوند. نمونه های آزمایش مربوط به مخازن تحت فشار یا خطوط لوله بایستی دارای ابعاد 1 ± 100 میلیمتر طول و 1 ± 20 میلیمتر عرض باشند. ضخامت نمونه های آزمایش در خطوط لوله و مخازن تحت فشار باید برابر با ضخامت کامل دیواره (Full Wall Thickness) یاحداکثر ۳۰ میلیمتر باشد و اگر ضخامت قطعات در مخازن تحت فشار یا خطوط لوله بیشتر از ۳۰ میلیمتر باشد نمونه های تست باید مطابق با تصویر(۱) به صورت پلکانی (Staggered) بریده شوند. البته چنانچه ضخامت قطعات در خطوط لوله بیشتر از ۳۰ میلیمتر باشد نمونه های آزمایش را می توان به صورت ضخامت کامل تهیه نمود و در این مورد منع استانداردی وجود ندارد. همچنین اگر ضخامت قطعه تست بیشتر از ۸۸ میلیمتر باشد مطابق با تصویر(۲) باید ۵ نمونه

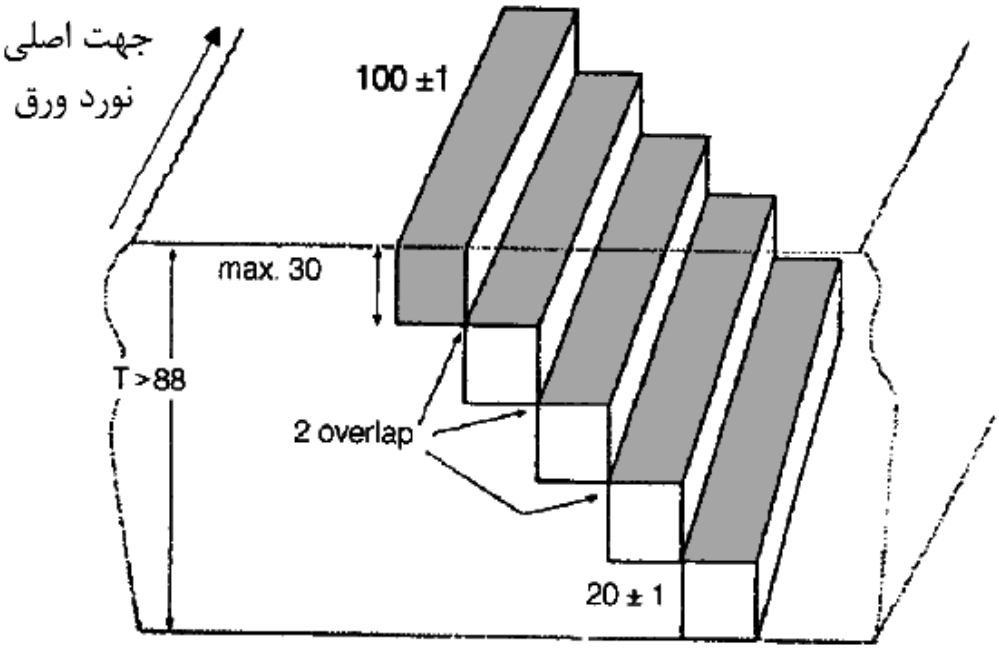
آزمایش از آن جدا گردد و حداکثر ۱ میلیمتر از سطح داخلی و خارجی نمونه ها بوسیله ماشین کاری برداشته می شود. همچنین ضخامت نمونه های آزمایش برای لوله های ERW که دارای قطر و ضخامت پایین هستند و نیز لوله های بدون درز (Seamless) باید حداقل ۸۰ درصد ضخامت اولیّه دیواره لوله باشد. اگر تست HIC مربوط به خطوط لوله درز دار باشد، باید ۳ نمونه قطعه آزمایش در موقعیت های ۹۰ درجه و ۱۸۰ درجه نسبت به جوش تهیه گردد. (تصاویر ۳، ۴، ۵، ۶) نمونه های آزمایش در لوله های بدون درز و نیز در بدنهٔ لوله های درز دار باید همچون (تصویر۷) از موقعیت ۱۲۰ درجه محیطی انتخاب گردد. همچنین نمونه های تست در ورق های مربوط به مخازن تحت فشار که ضخامت آنها تا ۳۰ میلیمتر می باشد باید مطابق با (تصویر ۸) از قسمت های میانی یک سر ورق انتخاب گردند بطوری که محور طولی هر نمونه موازی با جهت اصلی نورد ورق باشد. پس از فراهم کردن نمونه های آزمایش، چهار وجه سطوح قطعات تست که برشکاری شده اند باید بصورت تر یا خشک ماشین کاری و با سمباده کاغذی (Grit Paper) شماره ۳۲۰ کاملاً صیقل کاری گردند بطوریکه هیچگونه خراشی روی سطح آنها نباشد زیرا وجود خراش روی سطح نمونه ها قبل از وارد شدن به محلول، محل خوبی برای ورود هیدروژن اتمی است و هیدروژن های اتمی به راحتی در این محل ها تجمع مینمایند، سپس باید بوسیله محلول ۱,۱,۱ تری کلرواتان (1,1,1 Trichloroethane) یا محلول های مشابه دیگر چربی زدایی یا گریس زدایی گردند و بوسیله الکل یا استون شستشوی نهایی شوند. روش گریس زدایی باید مطابق با استانداردASTM-F21 یا دیگر روشهای مشابه انجام بگیرد. همچنین اگر نمونه های آزمایش بوسیله مشعل گازی (Torch Cut) بریده یا جدا شده اند منطقه HAZ ناشی از سطح برش باید بطور کامل بوسیله سنگ زنی یا ماشین کاری برداشته شود.



محل انتخاب نمونه های آزمایش در ورقهای با ضخامت بیشتر از ۳۰میلیمتر تا ۸۸ میلیمتر

تصویر ۱

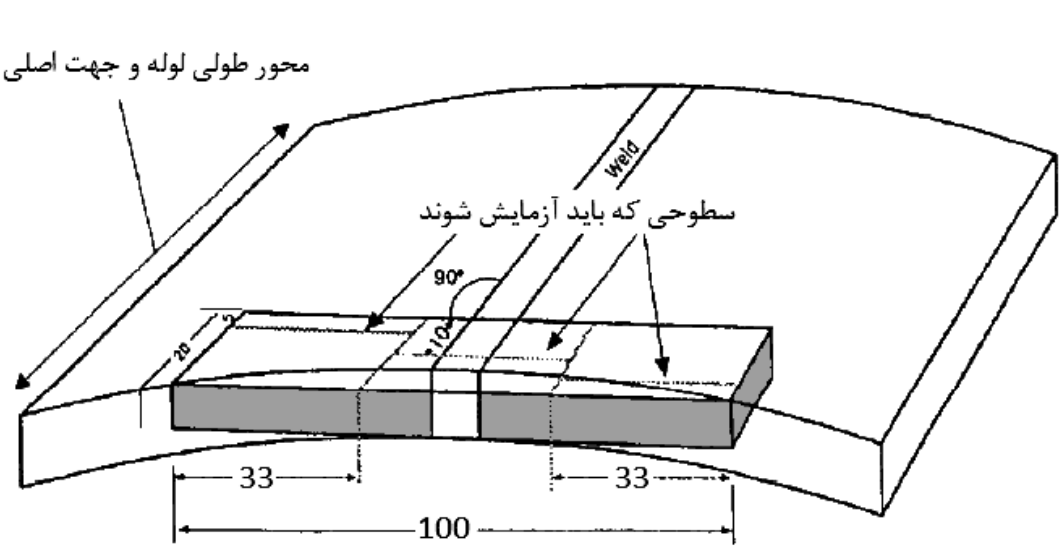
شکل-۵۸۵ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



محل انتخاب نمونه های آزمایش در ورقهای با ضخامت بیشتر از ۸۸ میلیمتر

تصویر ۲

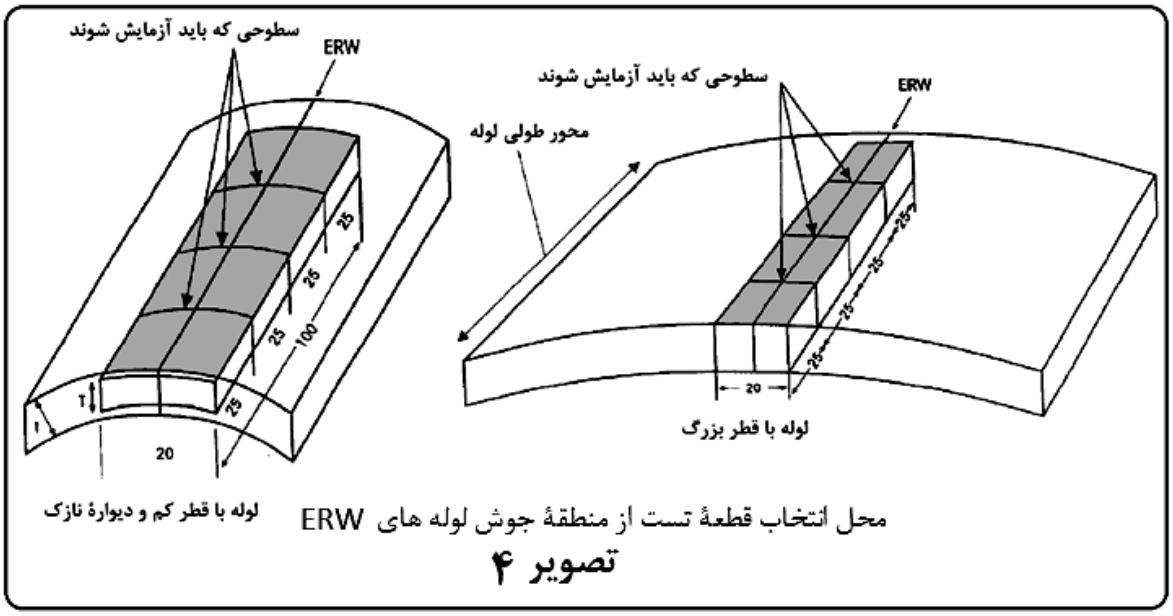
شکل-۵۸۶ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



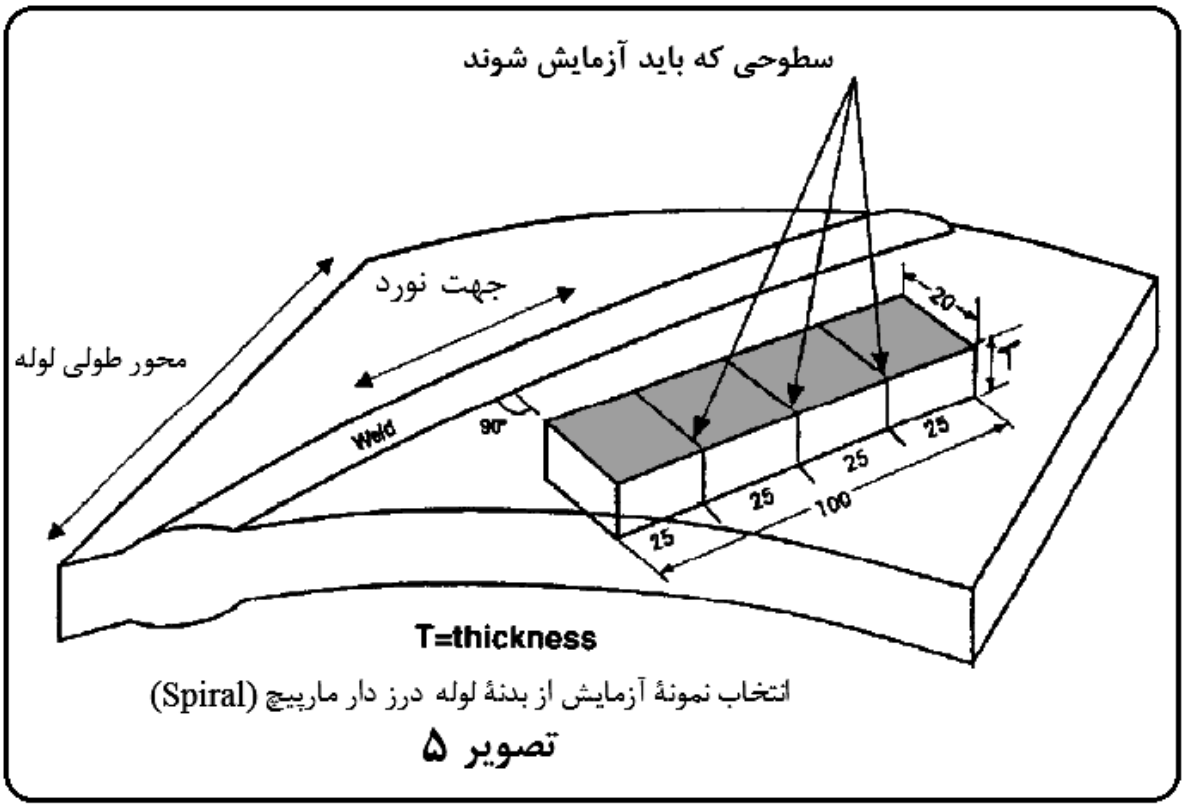
محل انتخاب نمونهٔ آزمایش از منطقهٔ جوش طولی لوله های درز دار

تصویر ۳

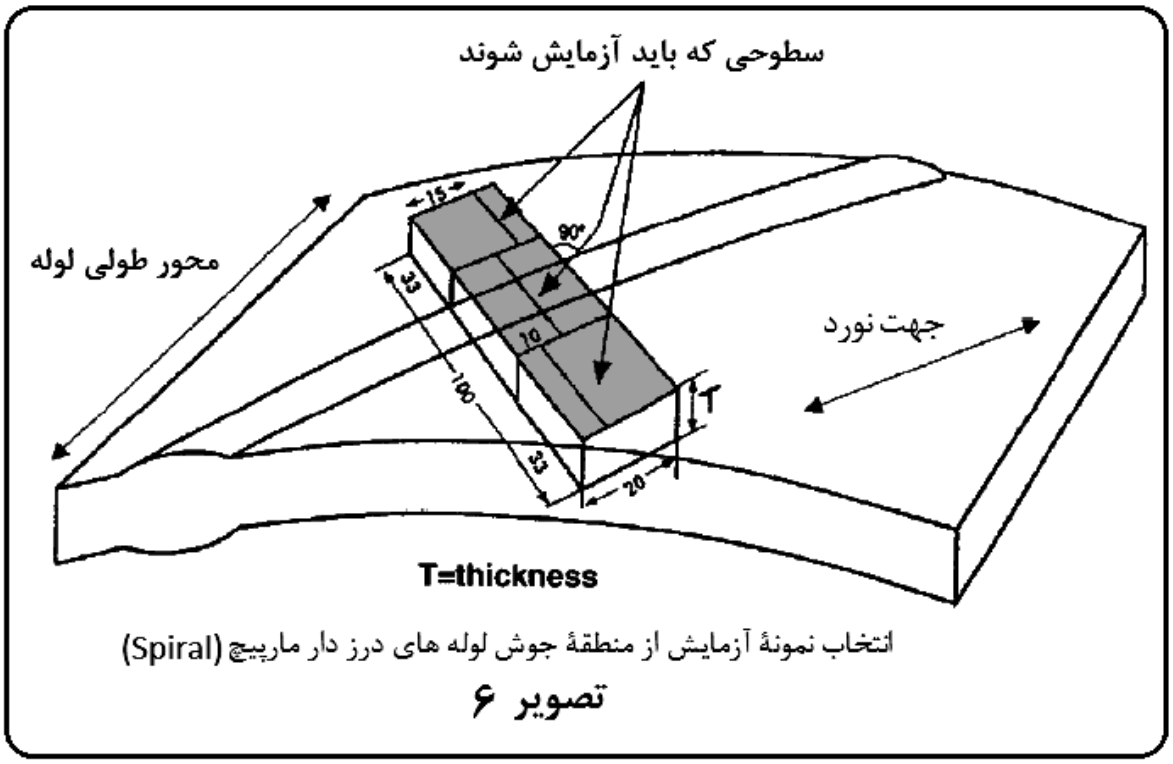
شکل-۵۸۷ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



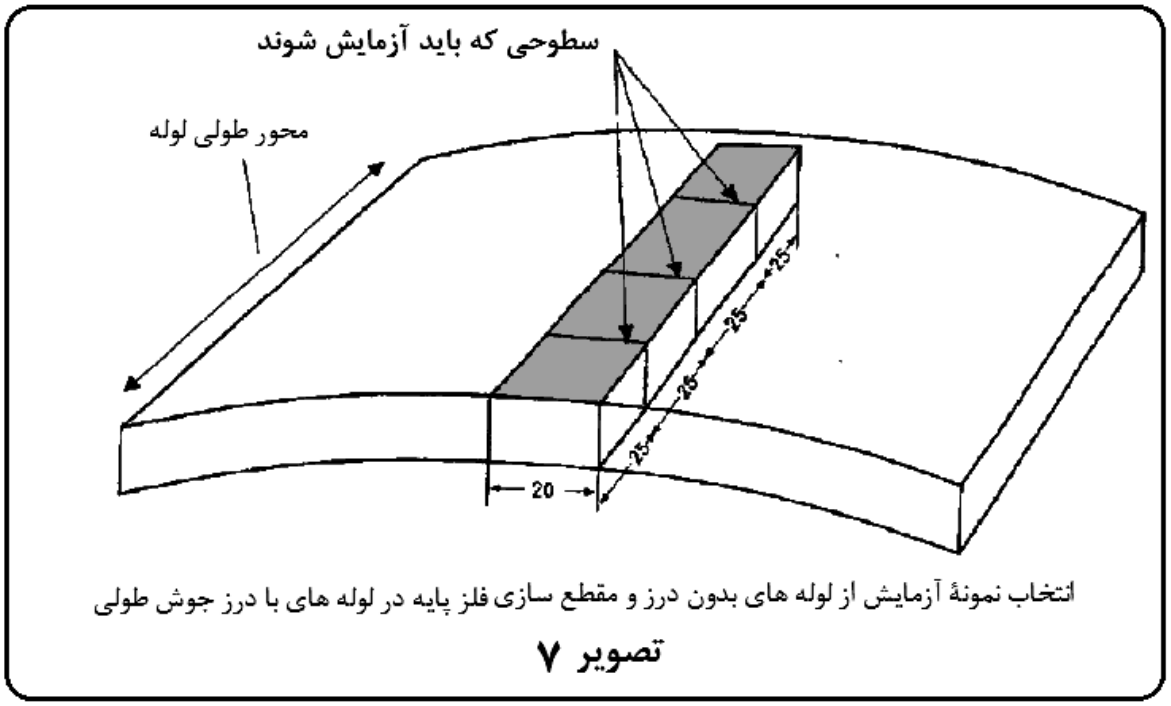
شکل-۵۸۸ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



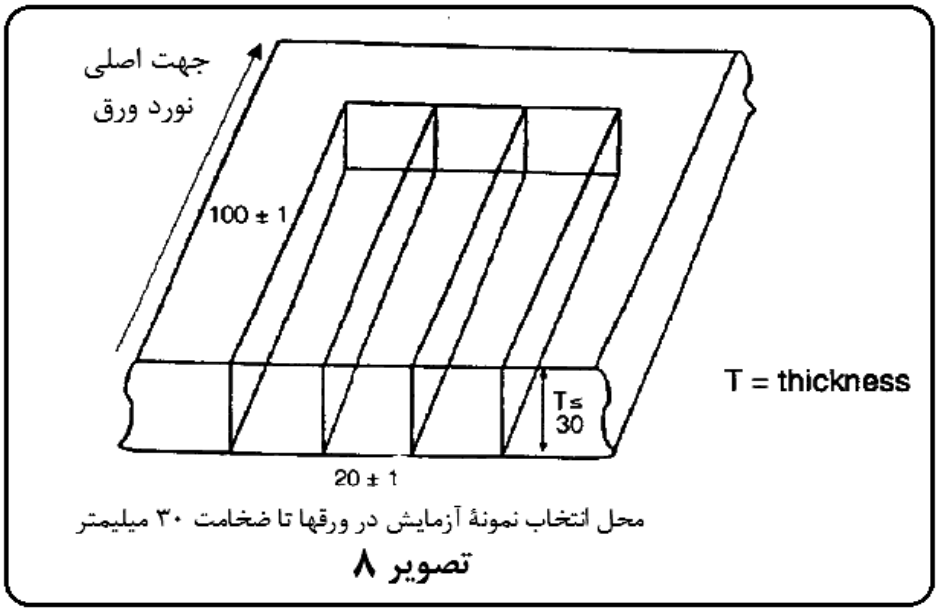
شکل-۵۸۹ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



شکل-۵۹۰ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



شکل-۵۹۱ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC



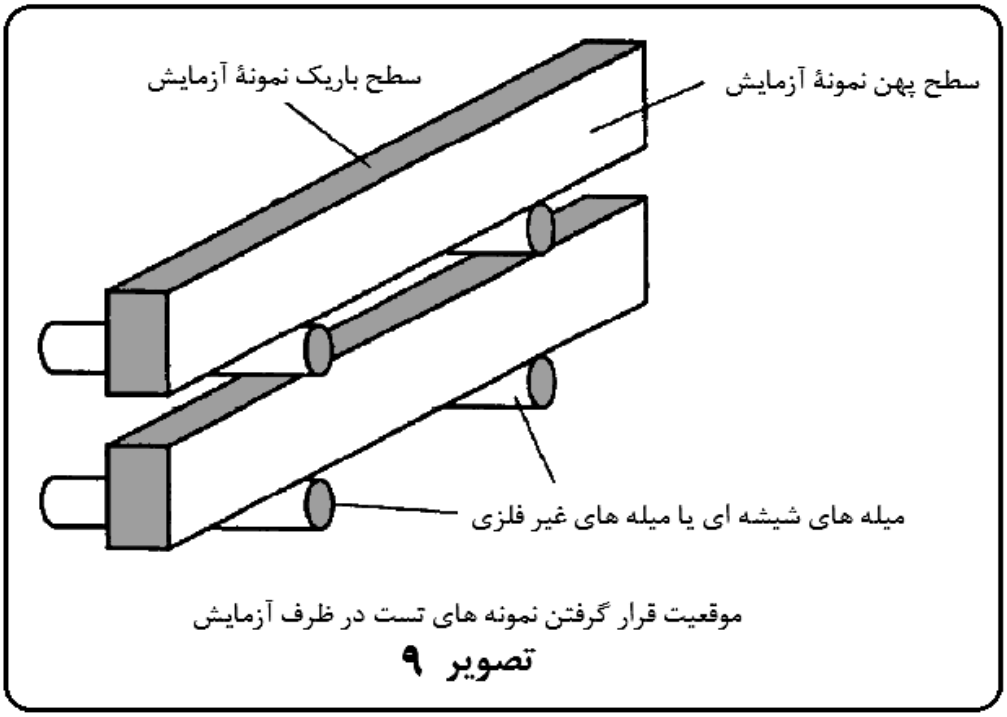
شکل-۵۹۲ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC

همچنین در استاندارد NACE TM0284- 2016 در بخش ششم برای اتصالات(Fitting) و در بخش هفتم برای فلنج ها نیز ابعاد نمو.نه های مختلف تعیین شده است که با مراجعه به این استاندارد می توان آنها را مورد بررسی قرار داد.

۲- وضعیت قرار گرفتن نمونه های تست در مخزن آزمایش

(Test Specimen Exposure)

نمونه های تست باید در ظرف آزمایش طوری قرار بگیرند که سطوح پهن آنها در حالت عمودی باشند و بوسیله شیشه یا میله های غیر فلزی از بدنه و دیواره ظرف آزمایش و نیز قطعات دیگر که در ظرف قرار دارند جدا گردند. حداقل قطر میله های تفکیک کننده ۶ میلی متر می باشد. همچنین ۶ وجه نمونه آزمایش باید در معرض محلول تست قرار گیرند و نسبت حجمی محلول آزمایش به سطح کل نمونه های تست باید حداقل ۳ میلی لیتر در سانتی متر مربع باشد. (تصویر شماره ۹)



شکل-۵۹۳ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC

۳- شرایط محلول (Solution Condition)

تست HIC ممکن است با محلول A یا محلول B یا محلول C انجام گیرد.

*- محلول A

محلول اسیدی نمکی است که ترکیبی از کلراید سدیم و استیک اسید و آب مقطر اشباع شده با H_2S در دما و فشار محیط می باشد و محلول B نیز محلول مصنوعی آب دریا (Artifical Seawater) اشباع شده با گاز H_2S در دما و فشار محیط و فاقد یونهای سنگین فلزی می باشد. اگر در تست HIC از محلول A استفاده شود محلول تست باید در یک ظرف بسته و آب بندی شده مجزا تهیه شود و قبل از انتقال آن به ظرف آزمایشگاه باید گاز نیتروژن به مدت حداقل یک ساعت با نرخ ۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه به ازاء هر لیتر در آن دمیده شود تا اینکه گاز زدایی گردد. محلول A باید شامل 5.0% درصد وزنی کلراید سدیم (NaCl) و 0.50% درصد وزنی استیک اسید (CH_3COOH) و آب مقطر (Deionized) به ازاء یک لیتر محلول باشد. PH اولیّه محلول A قبل از آنکه H_2S در آن تزریق گردد باید در حدود 1 ±27 باشد. حجم کل محلول تست بر اساس سطح مقطع نمونه ها تهیه می شود. مثلاً برای تهیه یک لیتر محلول باید از درصد وزنی مشخص شده زیر استفاده شود:

(50.0 g Nacl + 5.00 g CH_3COOH + 945 g Distilled Water)

*- محلولB

محلول شبیه سازی شده آب دریاست که باید مطابق با استاندارد ASTM-D1141 تهیه گردد. درب مخزن آزمایش باید قبل از دمیدن H_2S کاملاً بسته و آب بندی شده باشد تا از ورود و خروج گاز و هوا جلوگیری گردد. PH اولیّه محلول B باید پیش از تزریق H_2S اندازه گیری شود و مقدار آن بایستی در حدود 8.1 تا 8.3 باشد. در آزمایش با محلولB عملیات اکسیژن زدایی فوراً بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل ۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه به ازاء هر لیتر محلول و به مدت حداقل یک ساعت انجام می گردد.

*- محلولC

محلول C بایستی شامل کلراید سدیم، اسید هیدروکلریک، استات سدیم و هیدروکسید سدیم باشد. آزمایش HIC با محلول C بایستی مطابق با الزامات بخش هشتم استاندارد مذکور انجام گردد.

۴- اندازه گیری PH (PH Measurement)

درابتدای آزمایش و پس از تزریق و اشباع H_2S میزان PH باید فوراً اندازه گیری شود و اگر از محلول A برای آزمایش استفاده می شود میزان PH آن باید بین 2.7 تا 3.3 باشد و چنانچه محلول تست از نوع B باشد، میزان PH آن باید در حدود 4.8 تا 5.4 باشد و اگر از محلول C استفاده می شود بایستی مطابق با الزامات پاراگراف 8.3 باشد. همچنین در پایان آزمایش و قبل از خارج نمودن نمونه ها از محلول مجدداً PH باید اندازه گیری شود و PH محلول A در پایان تست نباید بیشتر از 4.0 و PH محلول B باید در حدود 4.8 تا 5.4 باشد.

۵- مدت زمان آزمایش (Test Duration)

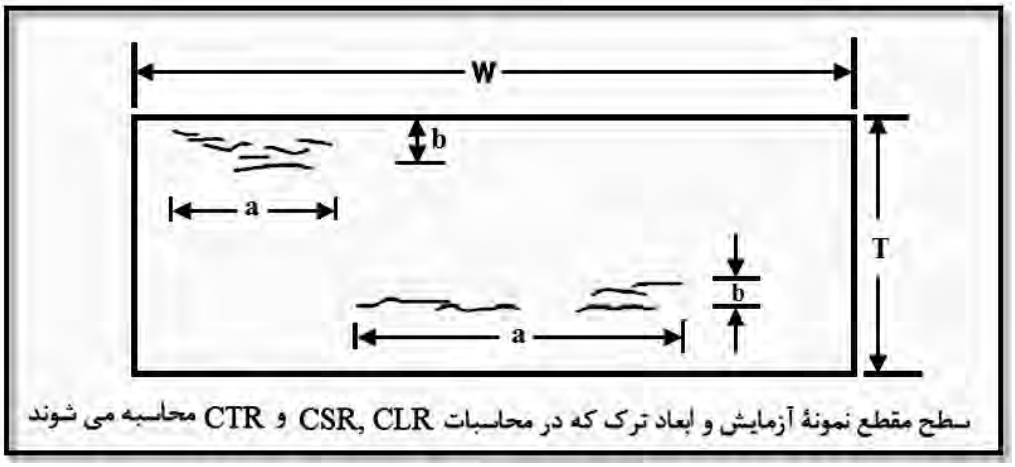
چنانچه محلول آزمایش از نوع A یا B باشد، مدت زمان آزمایش باید ۹۶ ساعت باشد وشروع دقیق زمان آزمایش HIC پس از کامل شدن اولین دوره تزریق H_2S که به مدت یک ساعت می باشد، محاسبه گردد و در این مدت(۹۶ ساعت) نمونه ها تحت تاثیر حباب های گاز H_2S که بطور مداوم به محیط اضافه می شود قرار دارند. البته ممکن است به درخواست خریدار (Purchaser/User Equipment) برای بدست آوردن نتایج مناسب تر مدت زمان آزمایش افزایش یابد. و اگر از محلول C استفاده شده باشد مدت زمان آزمایش بایستی مطابق با جدول ۳ استاندارد باشد.

۶- دمای تست (Test Temperature)

دمای محلول آزمایش باید بین ۲۵ درجه سانتیگراد تا ۲۸ درجه سانتیگراد(3 ± 25) باشد.

۷- ارزیابی نمونه های آزمایش (Evaluation of Test Specimens)

در پایان آزمایش، نمونه های تست قبل از پولیش نهایی باید بوسیله حلال های شیمیایی و برس های سیمی یا سندبلاست تمیز گردند و تمامی رسوبات روی آنها پاک شوند. برای تمیز کاری نمونه های آزمایش نباید از اسید یا محلول هایی که باعث جذب هیدروژن می شوند استفاده شود. سپس نمونه ها مطابق با استاندارد NACE/TM0284 مقطع سازی (Section) می شوند و هر مقطع باید برای بررسی های متالوگرافی، صیقل کاری (Polish) و اچ (Etch) گردند و در صورت نیاز جهت تشخیص دادن ترک ها از عیوب دیگر مانند خراشها (Scratch)، ناخالصی ها (Inclusion) وتورق(Lamination) باید از اچ های سبک استفاده کرد زیرا اچ های سنگین ممکن است ترک ها را کدر و مبهم کنند. در آزمایش HIC ارزیابی ترک ها در بزرگ نمایی 100X بررسی و محاسبه میگردد. البته ممکن است سطح مقاطع را در بزرگ نمایی های بزرگ تر نیز بررسی کرد تا تفاوت بین ترک های کوچک و نا خالصی ها، فرو رفتگی ها (Pit) یا دیگر ناپیوستگی ها مشخص گردند. اندازه ترک ها مطا بق تصویر زیر بررسی و محاسبه میگردند. ارزیابی نمونه های آزمایش بایستی مطابق با الزامات بخش نهم استاندارد مورد بررسی قرار گیرند.



شکل-۵۹۴ : روش تهیه قطعات لازم برای تست HIC

مبنای محاسبه و ارزیابی ترک ها در آزمایشHIC معادلات زیر می باشد:

نرخ حساسیت ترک : (Crack Sensitivity Ratio), CSR= $\sum (a\times b)/ (w\times T) \times 100\%$

نرخ طول ترک : (Crack Length Ratio), CLR= $\sum a/w\times 100\%$

نرخ ضخامت ترک : (Crack Thickness Ratio), CTR= $\sum b/T\times 100\%$

که:

طول ترک = a

ضخامت ترک = b

عرض مقطع = w

ضخامت نمونه تست = T

۸ - معیار پذیرش نتایج آزمایش

HIC: (Acceptance or Rejection Criteria)

نتایج آزمایش HIC بایستی مطابق با الزامات بخش دهم استاندارد مورد بررسی قرار گیرد. در گزارش نتایج این آزمایش بایستی گرید، نوع، روش ساخت لوله، ورق، اتصال و فلنج، نام سازنده، آنالیز شیمیایی و عملیات حرارتی ذکر گردد.
خریداران یا درخواست کنندگان این نوع آزمایش باید نسبت به تعداد و انتخاب محل نمونه های آزمایش دقت لازم را داشته باشند زیرا ممکن است نتایج تست HIC در برخی موارد متأثر از اختلاف خواص در مذاب یا اختلاف خواص در نقاط مختلف طول یک لوله یا ورق باشد. بنابر این لازم است در آزمایشگاه، همه‌ی نمونه های آزمایش در جهت نورد ورق انتخاب شوند و بایستی جهت نورد بر روی تمامی نمونه های آزمایش علامت گذاری و مشخص گردند.
از آنجاییکه، خوردگی هیدروژنی یا ترک هیدروژنی ممکن است مشکلات عدیده ای را برای انسان و واحدهای صنعتی ایجاد نماید و منجر به اتلاف سرمایه، انرژی و مواد شود و نیز به علت طبیعت خورنده مواد ترش همچون گاز H_2S که ممکن است در صنایع پالایشگاهی کشور خسارات بسیار زیادی را ایجاد نماید، در این نگارش سعی گردید ابتدا بطور اجمالی علل و مکانیسم پدیده HIC و ضرورت اجرای روشهای کنترل آن ارائه گردد و در ادامه مبحث، نیز گزیده هایی از الزامات کاربردی آزمایش HIC بر اساس نسخهٔ سال ۲۰۱۶ استاندارد NACE TM 0284 تشریح گردیده است. بنابراین جهت دستیابی به اطلاعات تکمیلی بیشتر به استاندارد NACE که یکی از پرکاربردترین و جامع ترین استانداردها در زمینه خوردگی است مراجعه شود.

منابع:

Refrences:

1-NACE/ASTM G-193(Terminology and Acronyms Relating To Corrosion)
2-ANSI/NACE TM0284 (Evalution of Pipeline and Pressure Vessel Steel For Resistance to Hydrogen-Induced Cracking)
3-Standard EN 10229(Evalution of Resistance of Steel Product To Hydrogen-Induced Cracking)
4-ASTM Standard F21 (Standard Test Method for Hydrophobic Surface Film by the Atomizer Test)
5-ASTM D-1141(Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water)

■- تست SSC & SCC مطابق با استاندارد NACE TM0177

ترک های ناشی ازتنش سولفیدی (SSC) و ترک های ناشی از تنش خوردگی (SCC)

خوردگی یکی از مهمترین مشکلات در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می باشد. خوردگی می تواند بر روی عمر تجهیزات، سرمایه و کیفیت محصولات تولیدی موثر باشد. خوردگی در صنایع محدود به فلزات نمی باشد، بلکه شامل مواد غیر فلزی همچون پلیمرها، مواد نسوز، مواد مرکب و مواد دیگر نیز می شود. خوردگی اثر تخریبی محیط بر فلزات و آلیاژها می باشد که بصورت خود به خودی پدید می آید. از نظر ترمودینامیکی خوردگی یک فرآیند خود به خودی است که در جهت کاهش انرژی آزاد حرکت میکند تا به حالت پایدار برسد یعنی میل ترمودینامیکی برای بازگشت به اصل خود فلز است. زیرا اکثر فلزات به شکل ترکیبات شیمیایی در سنگهای معدنی وجود دارند. بنابراین از نظر ترمودینامیکی اگر نیرویی از خارج بر سنگ معدن وارد شود فلز میل دارد که در سنگ باقی بماند و حالت ترکیبی خود را حفظ کند.

برای ایجاد خوردگی ۴ عامل موثر می باشد که عبارتند از:

۱- آند (فلز یا محلی که خوردگی در آن صورت میگیرد)

۲- کاتد (چیزی که خورده نمی شود)

۳- الکترولیت (محلولی که قادر است جریان الکتریکی بین آند و کاتد برقرار کند)

۴- اتصال الکتریکی

در استاندارد ISO – 8044 خوردگی چنین تعریف شده است :

"واکنش فیزیکی- شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکترو شیمیایی است و منجر به تغییر خواص در فلز میگردد و ممکن است باعث از دست رفتن عملکرد فلز شود" .از آنجایی که در کشور ایران صنایع مختلف نفت و گاز وجود دارد ممکن است ترک توام با تنش سولفیدی (SSC) یا ترک توام با تنش خوردگی (SCC) اتفاق بیفتد. خوردگی ناشی از SSC & SCC باعث پارگی و شکست قطعات بطور ناگهانی می شود و می تواند موجب انفجار و خسارات جانی و مالی شود.

*- ترک های ناشی از SCC

ترکهای ناشی از خوردگی تنشی (SCC) تحت تنش کششی، محیط خورنده ودر دمای بالاتر از ۶۰ درجه اتفاق می افتد البته زمینه هایی برای ایجاد SCC در دماهای پایین تر از ۶۰ درجه نیز وجود دارد. تنش ها غالباً ناشی از کار سرد، صدمات مکانیکی، بارهای خارجی و تنش های پسماند ناشی از جوشکاری، عملیات حرارتی، و عملیات سنگ زنی می باشند. ترکها در SCC ممکن است بصورت بین دانه ای (Intergranular) باشد که در طول مرز دانه ها رشد و حرکت میکند، در واقع تحت شرایطی مرزدانه ها نسبت به خود دانه آندی شده و فلز از مرز دانه ها خورده می شود و استحکام مکانیکی خود را از دست میدهد و نهایتاً انهدام و شکست واقع میگردد. و یا ممکن است بصورت میان دانه ای (Transgranular) باشد که در داخل دانه ها رشد و حرکت میکند. هر دو نوع ترک ممکن است در یک آلیاژ اتفاق بیفتد البته نوع ترک بستگی به ترکیب

شیمیایی محیط خورنده و ساختار فلز و شرایط کاری دارد و معمولاًدر جهت عمود بر تنش اعمال شده اتفاق می افتد و بصورت طولی می باشند و اکثراً موجب پارگی قطعه می شوند. شکل ترکهای ایجاد شده در SCC ممکن است بصورت شاخه شاخه باشد که در جهات مختلف حرکت میکنند و یا ممکن است بصورت شاخه شاخه نباشد (تصاویر۱و.۲).

تصویر ۱ : ترک بین دانه ای (Intergranular)

تصویر ۲ : ترک میان دانه ای (Transgranular)

*- عوامل موثر در ایجاد ترک های ناشی از SCC

۱- اثر تنش :

افزایش تنش، زمان شکست را کاهش میدهد همچنین برای هر آلیاژی تنش خاصی وجود دارد که در کمتر از آن شکست اتفاق نخواهد افتاد. حد تنش مجاز برای مصونیت از نظر SCC بستگی به درجه حرارت ترکیب شیمیایی فلز و ترکیب شیمیایی محیط دارد. بطور کلی حد تنش مجاز بین ۱۰ تا ۷۰ درصد تنش تسلیم (YS) است.

۲- زمان شکست:

زمان شکست در SCC یکی از پارامترهای مهم است، زیرا خسارات فیزیکی مهمی ناشی از SCC معمولاً در مراحل نهایی ایجاد میگردد. بر اثر نفوذ ترکها به داخل ساختار فلز، سطح مقطع موثر آن کاهش می یابد و در نتیجه تنش افزایش می یابد و در نهایت شکست مکانیکی ایجاد می شود. وقتی قطعه ای تحت تنش کششی قرار می گیرد، سطح مقطع فلز با پیشروی ترک ها کاهش می یابد و تنش اعمال شده بر روی بقیه سطح مقطع قطعه افزایش می یابد تا اینکه گسیختگی اتفاق افتد. قبل از گسیختگی فلز،سطح مقطع فلز آنقدر کاهش می یابد که تنش روی آن مساوی یا بزرگ تر از حد تنش نهایی (استحکام نهایی) فلز میگردد، در آن صورت انهدام در اثر گسیختگی مکانیکی صورت میگیرد.

۳- عامل محیطی:

ترکهای ناشی از SCC معمولاً در محیط های زیر اتفاق می افتد :

- اسید کلراید (Acid Chloride)
- آب دریا (Sea Water)
- سولفید هیدروژن + کلراید (H_2S + Chloride)
- کندانس بخار از آب حاوی کلراید (Condensate from Chloride Water)
- کلراید سدیم (NaOH)
- اسید پلی تیونیک- $H_2S_nO_6$ (Polythionic Acid)

*- مکانیزم خوردگی SCC

مکانیزم خوردگی مربوط به SCC هنوز به خوبی روشن نشده است. دلیل اصلی این موضوع روابط پیچیده خواص فلز ، فصل مشترک و محیط خورنده می باشد. مکانیزم SCC در کلیه فلزات و محیط ها یکسان نمی باشد، بنابراین محیط خورنده در ایجاد و شروع ترک های ناشی از SCC نقش مهمی دارد. درجه حرارت، ترکیب شیمیایی محلول، ترکیب شیمیایی فلز، تنش و ساختار فلز فاکتور های مهمی هستند که در ایجاد SCC موثر می باشند. ایجاد حفره یا شیار بر روی سطح فلز باعث تمرکز تنش در آن نقطه میگردد. تمرکز تنش در راس یک شیار با کاهش شعاع شیار به شدت افزایش می یابد. ترک های SCC غالباً از ته حفره ها شروع میگردند و چنانچه دارای شعاع بسیار کوچکی باشند تنش بسیار بالایی در آنها متمرکز می شوند و چون تنش در راس ترک ها بالا می باشد بنابراین تغییر شکل پلاستیک در این نواحی سریع صورت میگیرد. هنگام ایجاد SCC ممکن است ترک های بسیار ریزی در فلز رشد کنند، بدون آنکه هیچ گونه خوردگی در آن ایجاد شده باشد. این نوع ترک ها نتایج بسیار خطرناکی دارند زیرا در محدوده تنش های مجاز قرار دارند. مکانیزم خوردگی تنشی در فلزات و محیط های خورنده متفاوت می باشند. همه محیط ها به نوعی خورنده می باشند ولی قدرت خوردگی در آنها متفاوت است، مثلاً فولاد زنگ نزن در محیط های کلرور دار ترک میخورد ولی در محیط های حاوی آمونیاک ترک نمیخورد در حالیکه آلیاژ برنج در محیط حاوی آمونیاک ترک میخورد ولی در محیط کلرایدی ترک نمیخورد. یکی از انواع خوردگی های SCC، خوردگی تنشی کلرایدی است که در مرز دانه های (Intergranulare) متریال های استنلس استیل آستنیتی و در حضور اکسیژن، یون کلراید و دمای بالا اتفاق می افتد، این خوردگی با رسوب کاربید کروم (Sensitization) در مرز دانه ها شروع

میگردد و باعث خوردگی می شود. خوردگی کلرایدی بوسیله کاهش یون کلراید و اکسیژن در محیط و استفاده از فولاد های کم کربن قابل کنترل می باشد. استنلس استیل های آستنیتی معمولاً در محلول های کلرایدی یا نمکی (Halide) و فولاد های فریتی در محلول های قلیایی و محلول های حاوی آمونیاک و مس در محلول های نیتراتی دچار خوردگی تنشی می شوند. ریسک و خطر SCC بر اثر افزایش غلظت کلراید، افزایش تنش کششی و دمای محلول سرویس افزایش می یابد. افزایش مقدار عنصر نیکل (Ni) در استنلس استیل های آستنیتی باعث بهبود مقاومت آن نسبت به SCC می شود همچنین استنلس استیل های دو فازی (Duplex) در محیط های کلرایدی نسبت به استنلس استیل های آستنیتی در برابر ترک های ناشی از SCC مقاومت بهتری دارند. استنلس استیل های فریتی فاقد نیکل، در محیط های کلرایدی نسبت به SCC حساس می باشند.

*- راههای کنترل SCC

استفاده کردن از آلیاژهای مناسبی که در محیط یا سرویس های خورنده مستعد به ترک های ناشی از تنش خوردگی نمی باشند،اولین راه برای کنترل SCC می باشد. یک راه دیگر در کنترل SCC حذف کردن یا کاهش دادن تنش تا زیر حد مجاز می باشد. کاهش تنش های پسماند ناشی از جوشکاری ممکن است بوسیله عملیات حرارتی تنش زدایی (PWHT) انجام شود. در متریال های استنلس استیل آستنیتی برای کاهش دادن مشکلاتی همچون رسوب کاربید کروم و تردی فاز سیگما بایستی از عملیات حرارتی آنیل کردن (Annealing) استفاده شود. راه دیگر جهت جلوگیری از خوردگی تنشی کاربرد حفاظت کاتدیک می باشد البته هر چند حفاظت کاتدیک برای کنترل ترک های ناشی از SCC موثر هستند ولی ممکن است باعث تسریع در ترک های ناشی از تردی هیدروژنی (SSC) شوند. یکی دیگر از راه های کنترل SCC استفاده از بازدارنده ها (Inhibitor) می باشد. بازدارنده ها موادی هستند که وقتی به مقادیر کم به یک محیط خورنده اضافه می شوند باعث کاهش سرعت خوردگی میگردند. همچنین خصوصیات متالورژیکی متریال بر روی SCC موثر می باشد مثلاً اضافه کردن عناصر آلیاژی مانند وانادیوم، کلومبیوم، تیتانیوم به فولاد و کنترل فرآیند نورد و سرد شدن ورق ها باعث تولید متریال هایی با ساختار دانه های ریز بینیت می شود که دارای استحکام و تافنس مناسب در برابر ترک های ناشی از SCC می باشند.

*- روش های تشخیص ترک های ناشی از SCC

امروزه با استفاده از روش های مدرن بازرسی های غیر مخرب، امکان بررسی ترک های SCC قبل از بروز پارگی قابل تشخیص می باشند. این روش ها شامل آزمایش هیدرو استاتیک، روش نشت شار مغناطیسی (MFL)، روش اولتراسونیک (UT)، روش جریان القایی (Eddy Current) و روش القاء امواج صوتی داخل لوله (EMAT) می باشند.EMAT موثرترین و جدیدترین روش تشخیص SCC می باشد. بنابراین در صورت مشاهده SCC بایستی آن قسمت بریده شود و با قطعه دیگر جایگزین شود. در صورتیکه امکان این کار نباشد ترک های SCC باید بوسیله سنگ زنی بر طرف شوند. چنانچه عمق ترک ها زیاد باشد و امکان سنگ زنی کامل آنها و نیز جایگزین کردن آن با قطعه جدید میسر نباشد، محل مربوطه باید بوسیله Sleeve تقویت شوند و محل مذکور در اولین فرصت مناسب بایستی تعویض گردد.

*- ترک های ناشی از SSC

ترک های ناشی از تردی هیدروژنی (SSC) به علت تغییر پارامترهای محیطی با ترک های ناشی از SCC متفاوت می باشد. آلیاژها به خصوص فولاد ها با سولفید هیدروژن واکنش شیمیایی می دهند و تشکیل سولفیدهای فلزی و هیدروژن اتمی می دهند، اتمهای هیدروژن با هم ترکیب شده و تشکیل مولکول هیدروژن (H_2) می دهند و در ساختار فولاد نفوذ می کنند. وقتی SSC به شکل تردی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement) می باشد، مستعد ترک در دمای پایین تر از دمای

محیط می باشد .آشنایی با SSC در صنایع نفت و گاز اهمیت زیادی دارد زیرا سولفید هیدروژن (H_2S) اغلب به همراه گاز خروجی از چاه های نفت و گاز می باشد . این گاز در محیط مرطوب قادر به تولید محصولات خوردگی می باشد. وقتی این گاز در مجاورت H_2S, CO_2, O_2 قراربگیرد شدیدتر تولید خوردگی مینماید. واکنش شیمیایی خوردگی توسط گاز هیدروژن سولفوره بصورت زیر می باشد:

$$H_2S+Fe \longrightarrow FeS+2H$$

این واکنش خوردگی حفره های عمیقی در فولاد تولید میکنند. در اثر خوردگی ناشی از هیدروژن سولفوره، هیدروژن اتمی تولید می شود، هیدروژن اتمی تولید شده وارد فولاد شده و به فولاد خاصیت شکنندگی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement) میدهد. هیدروژن اتمی درون فولاد به هیدروژن مولکولی تبدیل می شود و انبساط ناشی از آن باعث طبله کردن فولاد های انعطاف پذیر می شود و در فولاد های با استحکام بالا موجب ترک خوردن میگردد. ترک های ناشی از SSC معمولاً در میان دانه ها (Transgranulare) شروع به رشد میکنند و بوسیله یک تنش خارجی یا تنش پسماندگسترش می یابد.ترک های ناشی از تنش سولفیدی در متریال هایی که استحکام بالایی دارند تمایل به شاخه ای شدن (Branched) دارند اما در فولادهای با استحکام پایین ممکن است به صورت شاخه ای نباشند. ترک های SSC ممکن است در جوش یا در منطقه HAZ ایجادشوند که علت آن سریع سرد شدن جوش می باشد. SSC معمولاً در فولادهای کربنی که استحکام بالاتراز ۵۵۰ مگا پاسکال دارند ایجاد می شوند، البته ممکن است در فولادهایی که استحکام کمتر از ۵۵۰ مگا پاسکال دارند نیز ایجاد شوند. در برخی موارد ممکن است ترک های ناشی از SSC بوسیله مکانیسم HIC ایجاد شوند که در این شرایط تنش های ناشی از تاول هیدروژنی باعث گسترش ترک ها می شوند. ترک های ناشی از تنش های سولفیدی (SSC) با نام های Sulphid Cracking, Sulphid Stress, Hydrogen Sulphid Cracking, و Sulphid Corrosion Cracking نیز شناخته می شوند. تفاوت نام ها برای SSC بعلت اختلاف نظر در مکانیسم شکست می باشد.

*- عوامل مؤثر در ایجاد ترک های ناشی از SSC

۱- خواص شیمیایی، عملیات حرارتی، استحکام و ریز ساختار فلز (Microstructure)

۲- غلظت یون هیدروژن (PH) در محیط یا محلول سرویس

۳- غلظت H_2S

۴- وجود تنش کششی

۵- دما

۶- زمان

فولادهای ساده کربنی در مجاورت محلولهایی همچون نیترات سدیم، آمونیوم، اسید نیتریک، اسید سولفوریک، اسید سیانیدریک، آمونیاک کاستیک، و آب دریا مستعد به ترک های ناشی از SSC می باشند.

*- راههای کنترل SSC

۱- استفاده از از متریال هایی که مقاوم به SSC می باشند که این متریال ها بایستی مطابق با الزامات استاندارد NACE MR0175/ISO 15156 و NACE MR0103 باشند.

۲- کنترل محیط خورنده

۳- محافظت متریال در محیطهای ترش (H_2S)

با توجه به اینکه، ضرورت آشنایی با ترک های ناشی از خوردگی SSC و SCC در صنایع نفت و گاز کشور از اهمیت زیادی برخوردار می باشد، روش انجام آزمایشهای عملی مربوط به آنها بر اساس استاندارد NACE TM0177-2016 بطور مفصل مورد بحث و مطالعه قرار میگیرد.

■- استاندارد NACE TM0177 -2016 (روش آزمایشگاهی S.S.C & S.C.C)

●- بخش اول - مقدمه

استاندارد NACE TM0177 روش آزمایشگاهی (Test Method) برای آزمون مقاومت فلزات در برابر ترک های ناشی از تنش سولفیدی (SSC) و ترک های ناشی از تنش خوردگی (SCC) در محیطهای ترش (H_2S) با مقدار PH پایین که تحت تنش کششی هستند انجام میگیرد.ترک های ناشی از SCC به علت حضور کلراید در محیط های حاوی H_2S ایجاد می شوند. در این استاندارد بطور کلی همه ترکهای ناشی از تنش سولفیدی (SSC) و ترکهای ناشی از تنش خوردگی (SCC) و ترک های ناشی از تنش هیدروژن (HSC) را ترکهای محیطی (Environmental Cracking) یا EC میگویند. بنابراین اصطلاح EC برای آزمایش در دمای محیط (Room Temperature) به عنوان SSC و برای آزمایش در دماهای بالاتر(Elevated Temprature) به عنوان SCC در نظر گرفته می شود. هدف این استاندارد، ارزیابی مقاومت انواع فلزات و آلیاژها در مقابل ترک های محیطی برای محیطهای مرطوب گازی حاوی H_2S می باشد. خطر ناشی از شکست SSC در فلزات که در معرض محیطهای ترش(H_2S) هستند در سال ۱۹۵۲ شناخته گردید. تجربیات آزمایشگاهی ثابت کرد که غلظت بسیار اندک H_2S ممکن است موجب شکست ناشی از SSC در فلزات مستعد گردد. در برخی زمینه ها H_2S ممکن است به همراه کلراید موجب خوردگی و ترک ناشی از SSC شود. این استاندارد روش آزمایش SSC و SCC را تحت پوشش قرار میدهد ولی هنگامی که انتخاب متریال در سرویس های ترش مورد نظر می باشد بایستی شکل های دیگر عیوب همچون تاول زدگی هیدروژنی (Hydrogen Blistering)، ترکهای القایی هیدروژنی(HIC)، ترکهای ناشی از خوردگی کلرایدی (Chloride Stress Corrosion Cracking)، خوردگی حفره ای (Pitting Corrosion)، و خوردگی ناشی از کاهش وزن (Mass-Loss Corrosion) نیز در نظر گرفته شود. بطور کلی در صنایع نفت و گاز آلیاژهایی که استحکام بالایی دارند نسبت به آلیاژهایی که استحکام پایین تری دارند بیشتر در معرض خطر ترک های محیطی(EC) می باشند و بهترین روش برای کاهش این خطر، عملیات های حرارتی مناسب می باشد. در برخی فلزات، SSC ممکن است ناشی از تردی هیدروژنی (Hydrogen Embrittlement) باشد. وقتی هیدروژن بصورت کاتدی در سطح فلز ظاهر می شود اتم های هیدروژن بوسیله H_2S که به عنوان یک کاتالیزور می باشد در مناطقی که تنش های کششی سه بعدی (Triaxial) بالایی دارند و یا در عیوب موجود در ساختارهای فلز نفوذ میکنند، بنابراین انعطاف پذیری متریال(Ductility) را کاهش می دهند و باعث شکست ترد می شوند. مقدار تنشی که در SSC موجب شکست می شود ممکن است زیر حد تنش تسلیم (Yield Stress) باشد. در این استاندارد ۴ روش آزمون وجود دارد که عبارتند از :

۱- استاندارد آزمون کشش (Method A)

۲- استاندارد آزمون خمش (Method B)

۳- استاندارد آزمون C-Ring (Method C)

۴- استاندارد آزمون DCB (Method D)

در این استاندارد بخش ۱ تا بخش هفتم، پیشنهادهای عمومی است که در هر ۴ روش آزمون مذکور قابل بکار گیری می باشد.

●- بخش دوم-تغییر پذیری آزمایش EC

تفسیر و بررسی نتایج آزمایش ترک های ناشی از تنش خوردگی کار دشواری است. زیرا ممکن است در محیط آزمایش شکست نمونه ها بوسیله HIC و تاول هیدروژنی ایجاد شوند، این موضوع بویژه در مورد فولادهای کم استحکام که معمولاً تحت آزمایش SSC قرار ندارند بیشتر صدق میکند. محیط آزمایش ممکن است باعث خوردگی و تخریب تدریجی برخی آلیاژهایی شود که معمولاً در محیط ها و سرویس های عادی از بین نمی روند بنابراین شرایط محیطی ممکن است باعث شکست ترک های محیطی در آلیاژهایی گردد که معمولاًدر شرایط عادی ترک های محیطی در آنها اتفاق نمی افتد، این مشکل بطور خاص در استنلس استیل های مارتنزیتی و رسوب سختی، حاد و خطرناک می باشد. بنابراین شرایط زیر بایستی در انتخاب روش آزمون در نظر گرفته شود :

۱- یکسان نبودن خواص مواد (Anisotropy) و تاثیر آن بر روی خواص مکانیکی میتواند به عنوان یک پارامتر مهم در احتمال بروز ترک های محیطی تلقی گردد.

۲- اثرات گالوانیک بین فلزات غیر متشابه می تواند باعث تسریع یا توقف حساسیت ترک شود چنانچه گالوانیک در برخی از آلیاژهای مقاوم به خوردگی پایه نیکل باعث تسریع در رشد ترک می شود و یا اتصال برخی از متریالهای استنلس استیل دو فازی (Duplex Stainless Steel) به فولاد های کربنی و فولاد های کم آلیاژ که دارای پتانسیل آندی (Less Noble Metal) هستند موجب توقف ترک های محیطی (EC) می شوند.

۳- دمای آزمایش بر روی حساسیت ترک موثر می باشد. دمای آزمایش بیشتر از ۲۴ درجه سلیسیوس می تواند خطر شدت SSC در فولاد را کاهش دهد. در حالیکه دمای آزمایش کمتر از ۲۴ درجه سلیسیوس می تواند خطر SSC را افزایش دهد .

۴- روش های مختلف آزمایش ممکن است الزاماً برای همه متریالهلی همسان درجه بندی یکسانی فراهم نکند.

۵- غیر یکنواخت بودن مواد همچون جوش و جدایش (Segragation) می تواند در نتایج آزمایش تاثیر گذار باشد. این واقعیت هنگام مقایسه و ارزیابی نتایج آزمایش روش آزمون کشش در مقابل آزمایش روش آزمون خمش بطور واضح قابل مشاهده می باشد.

۶- حداکثر تنش های بدون شکست برای دوره مشخص آزمایش، بایستی از تنش های آغازین (Threshold) بصورت مجزا در نظر گرفته شوند. در آزمایش، مدت زمان بیشتر و تعداد نمونه های آزمایش بیشتر ممکن است موجب کمتر شدن تنش آغازین (Threshold) گردد.

۷- آزمایش EC می تواند بطور آماری نتایج تغییر پذیر و متفاوتی را نشان دهد. بنابراین برای بدست آوردن مقدار واقعی ویژگی های مقاومت به ترک های محیطی (EC) ممکن است آزمایش های مجدد و تکراری انجام شود.

۸- برخی نمونه های آزمایش از نظر اندازه گیری مقاومت EC ذر مناطق تعیین شده شرایط مناسب تری دارند.

۹- برخی از انواع آزمایش های EC برای تعیین مقاومت، بطور قابل ملاحظه ای به زمان بیشتری نسبت به دیکر آزمایشات دارد.

- بخش سوم-واکنش گرها (Reagent)

گازهای مورد استفاده در آزمایش و محلولهای سدیم کلراید (NaCL)، استیک اسید (CH_3COOH)، سدیم استات (Sodium Acetate) بایستی دارای خلوص شیمیایی حداقل ٪ ۹۹/۵ باشند. آب مورد استفاده در آزمایش باید آب مقطر (Distilled Water) و یا آب دی یونیزه (Deionized Water) باشد و کیفیت آن بایستی برابر یا بیشتر از ASTM Type IV در استاندارد ASTM-1193 باشد. آب لوله نباید در آزمایش استفاده شود. برای حذف گاز اکسیژن باید از گازهای خنثی همچون گاز نیتروژن، گاز آرگون، و دیگر گازهای مناسب استفاده شود.

- بخش چهارم-نمونه های آزمایش و خواص مواد

(Test Specimens & Material Properties)

انتخاب و محل نمونه های آزمایش باید طوری انجام شود که نتایج آزمایش رضایت بخش باشد و انتظار ما را از کارایی آنها در زمان سرویس اثبات نماید. همه نمونه های آزمایش باید از موقعیت و محل هایی که دارای خواص متالورژیکی (Microstructure) و خواص مکانیکی مشابه و یکسان است انتخاب گردند. برای تعیین خواص مواد باید مطابق با استاندارد A370 از دو یا چند نمونه، آزمایش کشش انجام شود و میانگین نتایج هر یک از آزمایشها بایستی برای مشخص شدن استحکام تسلیم نهایی (UTS)، درصد ازدیاد طول نسبی و درصد کاهش سطح مقطع ارزیابی و محاسبه گردد. برش و انتخاب نمونه های آزمایش کشش باید از متریال و مواد مشابه و نیز از قسمت و محل های نزدیک به هم انجام گیرد تا تغییرات ناشی از خواص مواد که معمولاً بین دو نمونه آزمایش اتفاق می افتد کاهش یابد. برخی از خواص مهم متریال یا مواد در ایجاد ترک های محیطی (EC) نقش اساسی دارند. در نتیجه همه اطلاعات مرتبط با ترکیبات شیمیایی، خواص مکانیکی، عملیات حرارتی و سوابق مکانیکی همچونPercent Cold Reduction یا Prestrain باید مشخص شوند و به همراه داده های آزمایش کشش گزارش و ثبت گردند. چنانچه متریالهای مختلف با ترکیبات شیمیایی مشابه و یکسان وجود داشته باشند، هر متریال که عملیات حرارتی و میکروساختار مختلفی دارد بایستی بطور جداگانه آزمایش شوند. میزان سختی نمونه های آزمایش ممکن است قبل و بعد از قرار گرفتن در محیط آزمایش اندازه گیری شوند اما این اندازه گیری در آن قسمت از نمونه های آزمایش که تحت ارزیابی تنش بوده اند نباید انجام گیرد.

● - بخش پنجم-ظروف آزمایش و نگهدارنده ها (Test Vessels and Fixtures)

ابعاد و شکل و قسمت های داخلی ظروف آزمایش باید متناسب با نمونه های آزمایش و نیز نگهدارنده ها باشند. ظروف آزمایش باید قابلیت تخلیه اکسیژن قبل از شروع آزمایش و نیز جلوگیری از ورود هوای اتمسفر به درون محلول را در مدت زمان آزمایش داشته باشند. بنابراین می توان در ظرف آزمایش یک خروجی کوچک در مسیر گاز H_2S با فشار برگشتی به میزان ۲۵۰ پاسکال تعبیه نمود تا از ورود گاز اکسیژن از طریق نشتی های جزئی یا نفوذ اکسیژن از مسیر خروجی (Vent Line) جلوگیری نماید. ابعاد ظروف آزمایش باید به گونه ای باشد که قابلیت گنجایش حجم مشخصی از محلول را متناسب با سطوح نمونه های آزمایش داشته باشد. جنس ظروف آزمایش باید از متریالهایی باشند که بر روی محیط آزمایش هیچ گونه تاثیری نداشته باشند، معمولاً ظروف آزمایش شیشه ای چنین خاصیتی را دارند البته برخی ظروف پلاستیکی نیز تا زمانی که تازه و نو هستند برای آزمایش مناسب می باشند ولی پس از استفاده کردن در مدت زمان طولانی و یا زمانی که کهنه و فرسوده شده اند ممکن است موجب تغییر نتایج آزمایش شوند. چنانچه جنس ظروف آزمایش و نگهدارنده ها (Fixture) از فلزات غیر متشابه باشند و با محیط آزمایش در تماس هستند بایستی آنها را نسبت به نمونه های آزمایش بصورت الکتریکی محافظت نمود تا از ایجاد خوردگی های گالوانیکی جلوگیری گردد.

● - بخش ششم – محلول های آزمایش (Test Solutions)

*** - محلول آزمایش A :**

محلول بافر و اسیدی است که بوسیله گاز H_2S اشباع شده است. محلول آزمایش A باید شامل5.0% وزنی کلراید سدیم (NaCl) و 0.5% درصد وزنی استیک اسید (CH_3COOH) و مابقی آن آب مقطر یا آب دی یونیزه شده باشد.

50.0 g (NaCl) + 5.0 g (CH_3COOH) + Distilled or Deionized Water

انحراف از میزان درصد های مذکور تا ۱٪ ± مجاز می باشد. PH محلول A باید قبل و بعد از اشباع گاز H_2S اندازه گیری شود. PH محلول A قبل از تماس با نمونه های آزمایش باید در حدود ۲/۶ تا ۲/۸ باشد. PH محلول A ممکن است در طول مدت آزمایش افزایش یابد ولی در هر صورت مقدار آن نباید بیشتر از ۴/۰ باشد. هر آزمایشگاهی باید یک مدرک تأیید شده یا دستورالعملی ارائه دهد که اثبات نماید مقدار PH پس از اشباع محلول A توسط گاز H_2S بیشتر از ۳ نبوده است. اگر مقدار PH پس از تزریق H_2S بیشتر از ۴ باشد آزمایش مردود است. محلول آزمایش A بایستی برای روشهای آزمون

کشش(Method A)، آزمون C-Ring (Method C) و آزمون DCB (Method D) استفاده شود. استفاده از محلول آزمایش B یا محلول آزمایش C ممکن است برای روشهای آزمون فوق توسط خریداران یا استفاده کنندگان در نظر گرفته شود.

***- محلول آزمایش B :**

محلول بافر و اسیدی است که بوسیله گازH_2S اشباع شده است. این محلول بایستی شامل 5.0% وزنی کلراید سدیم (NaCl)، 2/5% درصد وزنی استیک اسید (CH_3COOH) و 0.41% درصد وزنی سدیم استات در آب مقطر یا آب دی یونیزه باشد :

50.0g (NaCl)+25g (CH_3COOH)+ 4.1g (CH_3COONa)+921g (Distilled or Deionized Water)

انحراف از میزان درصد های مذکور تا ٪ ۱ ± مجاز می باشد. مقدارPH محلول آزمایشB بایستی قبل و بعد از اشباع گاز H_2S اندازه گیری شود و مقدار PH آن پس از اشباع بوسیله گاز H_2S و قبل از تماس با نمونه های آزمایش بایستی در محدوده ۳/۴ تا ۳/۶ باشد. مقدار PH محلول ممکن است در طول مدت زمان آزمایش افزایش یابد اما در هر صورت نباید مقدار آن بیشتر از ۴,۰ باشد. اگر مقدار PH بیشتر از ۴,۰ باشد آزمایش مردود محسوب می شود. محلول آزمایش B برای آزمایش فولادهای کربنی (Carbon Steel) و فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy Steel) بکار برده می شود. محلول آزمایش B در روشهای آزمون A, C, D استفاده می شود. دمای محلول آزمایش B باید ۳ ± ۲۴ درجه سانتیگراد باشد .

***- محلول آزمایش C :**

محلول نمکی بافر شده به همراه کلراید است. میزان فشار جزئی گاز H_2S و مقدار PH برای شبیه ساختن به محیط واقعی سرویس معمولاً توسط خریداران یا استفاده کنندگان تعیین می شود. محلول آزمایش C بایستی شامل آب مقطر یا آب دی یونیزه شده حاوی 0.4 g/l سدیم استات (CH_3COONa) به همراه کلراید اضافه شده همچون (NaCl) در غلظت های شبیه به محیط واقعی سرویس باشد .. برای بدست آوردن PH مورد نظر بایستی اسید هیدروکلریک(HCl) یا هیدروکسید سدیم (NaOH) به محلول آزمایش اضافه گردد. مقدار PH محلول باید در ابتدا و در انتهای آزمایش اندازه گیری شود . PH محلول باید در حدود 0.2 باشد. گاز آزمایش بایستی ترکیبی از گاز H_2S و گاز دی اکسید کربن (CO_2) باشد و بطور مداوم به محلول آزمایش دمیده شود. برای بدست آوردن محیطی شبیه به محیط واقعی سرویس بایستی میزان گاز H_2S مناسب و به اندازه کافی باشد. محلول آزمایش C برای متریالهای استنلس استیل مارتنزیتی و نیز در روشهای آزمون A,C,D مناسب می باشد. محلول مخصوص روش آزمون B در بخش نهم استاندارد آمده است. بنابراین دمای محلول های آزمایش در همه روشهای آزمون بایستی 3 ± 24 درجه سانتیگراد باشد بجزء در روش آزمون D که دمای آن 1.7 ± 24 درجه سانتیگراد می باشد. هرگونه تغییر در میزان دمای آزمایش بایستی ثبت و گزارش گردد.

***- محلول آزمایش D :**

یکی دیگر از محلول های مورد استفاده در آزمایش های EC محلول D می باشد که الزامات این محلول در بخش ششم استاندارد، پاراگراف 6.5 ذکر گردیده است.

●- بخش هفتم-آزمایش در دما و فشار بالا

(Testing at Elevated Temperature/Pressure)

بخش هفتم این استاندارد مربوط به آزمایش مقاومت فلزات درمقابل ترکهای SCC در دما هاو فشار های بالاست. بنابراین الزامات این بخش در هر ۴ روش آزمون A , B ,C ,D قابل اعمال می باشد. کنترل مکانیسم ترک در محیطهای گازی H_2S در کلاسهای مختلف اغلب متریالها و در دماهای مختلف متفاوت می باشد، چنانچه فولادهای فریتی و استنلس استیل های

ماتنزیتی در دمای محیط مستعد به ترکهای هیدروژنی می باشند و استنلس استیل های آستنیتی به علت فرایند های آندی در دماهای بالا مستعد به ترکهای ناشی از SCC می باشند و استنلس استیل های دوفازی (Duplex) رفتار متفاوتی دارند و در دماهای متوسط مستعد به ترک می باشند. آزمایش در دمای بالا نسبت به آزمایش در دمای محیط یا دمای اتمسفر به شرایط ایمنی بیشتری نیاز دارد. در این استاندارد هرچند برخی از شرایط ایمنی بیان شده است ولی همه موارد ایمنی ذکر نگردیده است، بنابراین شرایط ایمنی آزمایش بایستی با شرایط ایمنی محیط و شرایط واقعی سرویس مطابقت داشته باشد زیرا ممکن است در طول مدت آزمایش گاز H_2S مصرف و تمام گردد و بایستی روش تزریق مجدد گاز H_2S و چگونگی تشکیل مداوم حباب های گازی شرح داده شود. میزان خسارت گاز H_2S و تاثیر آن بر روی خوردگی محیط به چندین عامل بستگی دارد که عبارتند از میزان سرعت خوردگی متریال آزمایش و نیز فشار جزئی گاز H_2S در محیط آزمایش می باشد. اندازه گیری میزان غلظت گاز H_2S در همه محلولهای آزمایش ضروری می باشد و بایستی تمام اطلاعات و داده های آزمایش ثبت و گزارش شوند .

تجهیزات آزمایش (Test Equipment) :

تجهیزات و لوازم آزمایش شامل ظرف آزمایش و لوازم کمکی مجاز بایستی مقاوم به خوردگی و فشار و متناسب با شرایط آزمایش از ایمنی مناسبی برخوردار باشند. ظرف آزمایش باید بوسیله لوازمی همچون ترموکوپل، لوازم اندازه گیری دمای محلول، ورودی و خروجی گاز، عمق سنج در بخش ورودی و وسایل اندازه گیری فشار تجهیز شده باشند. اگر تزریق مداوم گاز H_2S بطور مداوم انجام میگیرد ممکن است یک دستگاه چگالنده (Condenser) بر روی بخش خروجی ظرف آزمایش جهت جلوگیری از هدر رفتن محلول آزمایش نصب شود. این دستگاه در دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد و یا هنگامی که حجم محلول آزمایش کمتر از ۲۰۰ میلی لیتر است مفید می باشد و برای ایمن بودن آن بایستی از شیر خلاص فشار (Pressure Reliefe Valve) استفاده شود. انحراف دقت دستگاه های اندازه گیری فشار باید $\pm ۱٪$ باشد. برای اندازه گیری فشار، مقدار گیج ها بایستی حداکثر ۲۰ درصد از فشار آزمایش بیشتر باشند. چنانچه برای آب بندی کردن ظرف آزمایش از مواد انعطاف پذیر (مواد پیلمری) استفاده شود بایستی مقاومت آنها در برابر گاز H_2S بوسیله اندازه گیریهای مستقل اثبات گردد.

محلول آزمایش (Test Solution) :

محلول آزمایش معمولاً شامل کلراید سدیم (NaCl) با غلظت بالاست، همچنین بافر اسیدی شده برای روشهای مشابه به دمای محیط نیز مجاز است. محلول آزمایش ممکن است دارای عناصر گوگرد نیز باشد.

گاز آزمایش (Test Gas) :

گاز آزمایش معمولاً ترکیبی از گازهای CO_2، H_2S و گازهای خنثی همچون گاز آرگون (Ar) و گاز نیتروژن (N_2) می باشد. در فشارهای جزئی و پایین H_2S آزمایشات بایستی بوسیله گاز خنثی و بدون CO_2 به دقت انجام بگیرد زیرا در ایجاد محصولات خوردگی تاثیر دارد. گاز خنثی باید در جعبه های استاندارد و به تنظیم کننده های مناسب (Regulator) مجهز باشند و آنالیز شیمیایی گاز های ترکیبی که برای آزمایش تهیه شده اند بایستی مشخص شوند.

دستورالعمل آزمایش (Test Procedure):

دستورالعمل آزمایش در دمای بالا بایستی همانند دستورالعمل و الزامات آزمایش در دمای محیط باشد مگر آنکه به صورت زیر تغییراتی ایجاد شده است :

۱- محلول آزمایش و نمونه های آزمایش باید در ظرف آزمایش قراربگیرند، سپس ظرف آزمایش بایستی آب بندی شود و در نهایت با فشار۱/۵ برابر نسبت به حداکثر فشار آزمایش بوسیله گازهای خنثی آزمایش نشتی شود.

۲- ممکن است بعلت گرم شدن و حرارت دیدن محلول، افزایش و انبساط در آن ایجاد شود و باعث لبریز شدن یا انفجار گردد. مقدار حجم محلول آزمایش باید کمتر از ۷۵ درصد کل حجم ظرف آزمایش باشد. برای آزمایش در دمای بالا تر از ۲۲۵ درجه سانتیگراد بایستی ضرایب امنیتی بیشتری در نظر گرفته شود. لذا بایستی سعی شود حجم محلول آزمایش تقریباً کمتر از حجم کلی ظرف باشد.

۳- محلول آزمایش بایستی از طریق لوله های ورودی گاز و بوسیله گاز خنثی به مدت حداقل یک ساعت در لیتر هواگیری شود.

۴- فشار جزئی H_2S یا pH_2S در محلول آزمایش بایستی بوسیله یکی از روشهای زیر مشخص شود :

- برای اندازه گیری دمای آزمایش، بایستی ظرف آزمایش با شیر های بسته شده حرارت داده شود و فشار بخار محلول (P1) باید اندازه گیری شود.

- گاز آزمایش باید به اندازه ای وارد ظرف آزمایش شود که به مقدار فشار کافی آزمایش (PT) برسد.

- فشار جزئی گاز H_2S یا pH_2S در محیط آزمایش از طریق معادله زیر بدست می آید:

$pH_2S = (PT-P1) \times H_2S$

فشار کامل آزمایش = PT

فشار بخار محلول آزمایش = P1

کسر مولکولی H_2S در گاز آزمایش = X_{H2S}

۵- گاز آزمایش ممکن است در صورت نیاز مجدداً تزریق شود بنابراین بایستی از هدر رفتن محلول آزمایش و نیز از ورود گاز اکسیژن در زمان تزریق مجدد جلوگیری شود.

۶- مدت زمان آزمایش برای هر یک از روش های A ,B ,C ,D باید مشخص شوند. میزان مجاز تغییر دمای آزمایش در روشهای A ,B ,C نسبت به دمای مشخص شده (۲۴ درجه سانتیگراد) بایستی۳ ± درجه سانتیگراد باشد. دمای آزمایش باید روزانه یا در فواصل کوتاه تر اندازه گیری و ثبت شود. فشار آزمایش بایستی روزانه بررسی و ثبت گردد. اگر فشار آزمایش بیشتر از 6 PSI به زیر فشار مشخص شده کاهش پیدا کند بایستی گاز مجدد تزریق شود.

۷- ظرف آزمایش در پایان آزمایش و قبل از باز شدن و به هنگام خنک شدن در دمای محیط بایستی بوسیله گاز خنثی پر شود و در صورت امکان نیز قبل از خنک شدن ظرف آزمایش بارهای خارجی آزاد شوند.

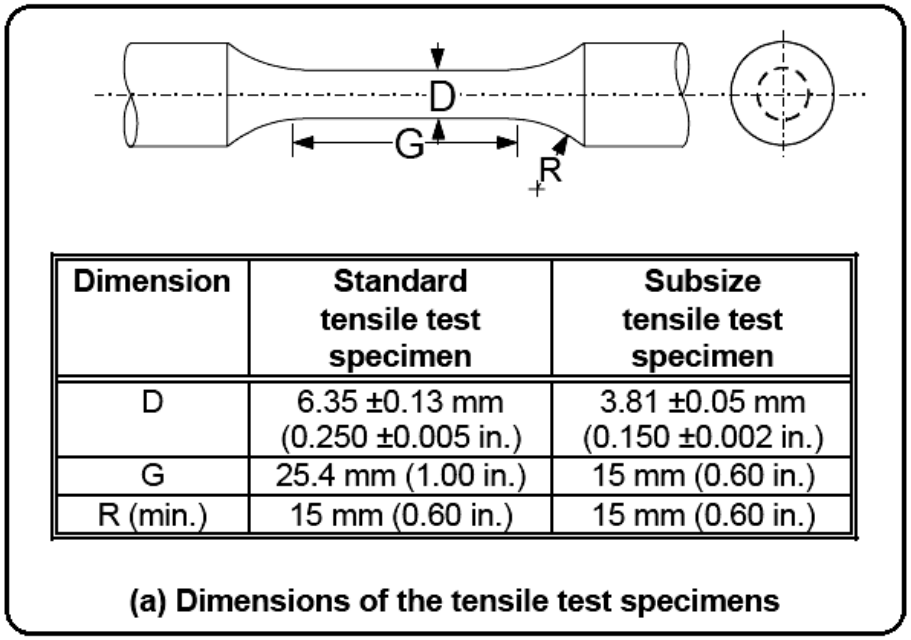
●- بخش هشتم-روش آزمون A (روش آزمون کشش در دما و فشار محیط)

روش آزمون A برای ارزیابی مقاومت فلزات در مقابل ترکهای محیطی (EC) که تحت تنش های کششی تک محوری (Uniaxial) می باشند انجام میگیرد. در این روش آزمایش، نمونه ها بدون شیار و بدون هرگونه تمرکز تنش تحت تنش کششی مشخصی قرار میگیرند و مستعد بودن آنها نسبت به ترک های محیطی از طریق زمان بروز شکست (Time-to-failure) مشخص می شوند. نمونه های آزمایش تحت بارگذاری و تنش کششی مشخصی قرار میگیرند تا شکست (Failure) یا عدم شکست (no-failure) آنها تعیین شوند. روش آزمون A برای آزمایش نمونه ها در دما و فشار محیط (Room Temprature) انجام میگیرد. آزمایش روش آزمون کشش در دمای بالاتر (Elevated Temprature /Pressure) بایستی مطابق با بخش هفتم استاندارد انجام شود.

نمونه های آزمایش (Test Specimen) :

برای انتخاب و برش محل نمونه های آزمایش بایستی دقت شود، زیرا نمونه های آزمایش می توانند در نتایج آزمایش موثر باشند. قطر نمونه های آزمایش باید 6.35 ± 0.13mm و طول گیج مارک نیز باید یک اینچ باشد. قطر نمونه های آزمایش

در سایزهای بسیار پایین (Subsize) بایستی 3.81 ± 0.05 mm و طول گیج مارک نیز باید 15 mm باشد. (تصویر ۳) نمونه های آزمایش پس از ماشین کاری باید در یک محیط خشک و کم رطوبت و یا در یک خشک کن و دور از چربی و روغن نگهداری شود تا برای آزمایش آماده شود. برای کاهش تمرکز تنش (Stress Concentration) بایستی شعاع انحناء در انتهای مقطع نمونه ها حداقل 15mm باشد.



Dimension	Standard tensile test specimen	Subsize tensile test specimen
D	6.35 ±0.13 mm (0.250 ±0.005 in.)	3.81 ±0.05 mm (0.150 ±0.002 in.)
G	25.4 mm (1.00 in.)	15 mm (0.60 in.)
R (min.)	15 mm (0.60 in.)	15 mm (0.60 in.)

(a) Dimensions of the tensile test specimens

تصویر ۳

برای کاهش تمرکز تنش در نمونه های آزمایش باید شرایط زیر رعایت گردند:

- نا پیوستگی کلیه برشها و بریدگیها باید برطرف شوند.
- تیزی مقطع نمونه های آزمایش بایستی صیقل و ملایم شوند.
- انتهای نمونه های آزمایش به علت اتصال به نگهدارنده ها (Fixture) و نیز بعلت جلوگیری از نشتی های ظرف آزمایش بایستی به اندازه کافی بلند باشند.

مقطع نمونه های آزمایش برای اجتناب از حرارت زیاد و کار سرد بایستی به دقت ماشین کاری شوند. در عملیات ماشینکاری هر دو مرحله رفت و برگشت ماشین باید کمتر از 0.05mm از سطح نمونه ها را تراش دهد. عملیات سنگ زنی (Grinding) چنانچه متریال را سخت تر نکند برای صیقل کاری مجاز می باشد. سطح نهایی همه نمونه های آزمایش باید 0.81 µm یا صیقل تر باشد. در صورتیکه به زبری خاصی نیاز باشد ممکن است صیقل کاری نمونه های آزمایش بوسیله ماشین کاری یا صیقل کاری الکتریکی (Electro Polishing) انجام شود. استفاده از هر گونه عملیات پرداخت کاری بجزء سنگ زنی (Grinding) باید در داده ها و اطلاعات آزمایش ثبت و گزارش شوند. هنگامی که از صیقل کاری الکتریکی استفاده می شود، شرایط شستشوی نمونه های آزمایش باید طوری باشد که در مرحله آزمایش اتم های هیدروژن نتوانند در آن جذب شوند. هنگامی که تهیه نمونه های آزمایش کشش به علت سایز یا شکل متریال مشکل می باشد ممکن است از نمونه های Subsize استفاده شود. شکست در نمونه های Subsize نسبت به نمونه های استاندارد آزمایش کشش در مدت زمان کمتری اتفاق می افتد. استفاده از نمونه های Subsize بایستی بطور دقیق در داده ها و اطلاعات آزمایش ثبت و گزارش شوند. برای حک کردن در انتهای نمونه های آزمایش ممکن است از قلم های حکاکی یا استنسیل های ارتعاشی (Vibratory Stencile) استفاده شود و نبایستی بر روی مقطع نمونه ها حکاکی صورت بگیرد. نمونه های آزمایش باید قبل

از آزمایش بوسیله حلالهای شیمیایی گریس زدایی یا چربی زدایی شوند و نهایتاً بوسیله استون شستشو شوند. مقطع نمونه های آزمایش پس از تمیز کاری نباید کثیف یا دستکاری شوند.

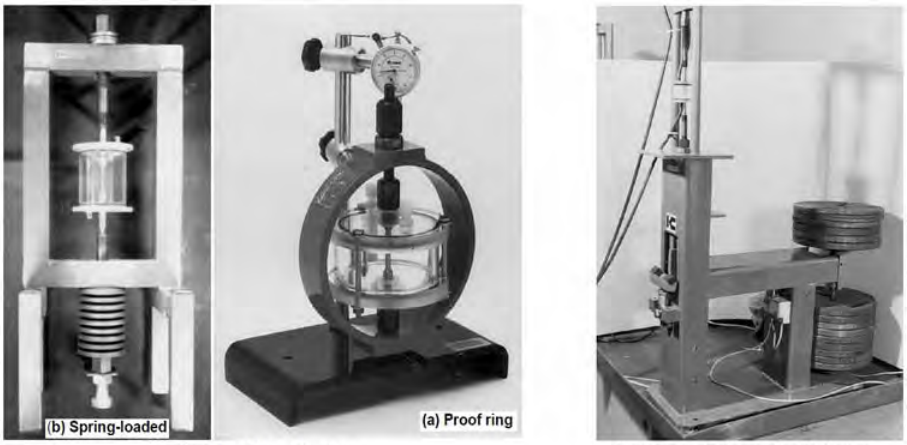
محلول آزمایش (Test Solution) :

در روش آزمون A از محلولهای A ,B ,C که در بخش ششم استاندارد بیان شده است می توان استفاده کرد.

تجهیزات آزمایش (Test Equipment) :

درروش آزمون A میتوان از انواع نگهدانده ها (Fixture) برای نگهداشتن نمونه های تحت تنش و ظرف آزمایش که برای آزمایش خوردگیهای تنشی مناسب می باشد، استفاده کرد. بارگذاری در آزمون روش A بایستی بوسیله دستگاههای بار ثابت یا بار دائم (Spring Load – Proof Ring) انجام شود.

همه دستگاههای بارگذاری بعلت دقت در اندازه گیری بار بر روی نمونه های آزمایش بایستی کالیبره شوند. خطای دستگاههای بارگذاری کالیبره شده نباید بیشتر از ٪1 باشد. استفاده از دستگاههای بارگذاری ثابت در متریالهای مستعد که شروع و رشد ترک در آنها بسیار جزئی است و ترک بطور کامل در آنها گسترش نمی یابد بسیار دشوار است. بنابراین، برای تعیین کردن ترک ها در بارگذاری ثابت بایستی تمامی ترکهای نیمه گسترده بازرسی چشمی شوند. مشخص کردن ترکهایی که ریز و پراکنده هستند و یا بوسیله محصولات و رسوبات خوردگی محو شده اند بسیار دشوار می باشد. بنابراین نتایج آزمایشات انجام شده نشان داده که آزمایش کردن متریالهای مستعد به ترک بوسیله دستگاههای بارگذاری ثابت قابل اعتماد نمی باشند. آزمایشات آزمون کشش ممکن است بوسیله دستگاههای بار ثابت همچون دستگاه Dead Weight یا دستگاه های Proof Ring- Spring Loaded (تصویر۴) انجام شود



تصویر - ۴

برای استفاده کردن از دستگاه Proof Ring در آزمون روش A بایستی شرایط زیر رعایت شوند:

- دستگاه Proof Ring ، قبل از کالیبره شدن بایستی به عنوان یک پیش شرط لازم حداقل ۱۰ برابر بیشتر از حداکثر میزان بار مجاز Proof Ring تحت تنش قرار بگیرد. در واقع بایستی ٪۱۱۰ باشد.

- میزان بار بر روی نمونه های آزمایش کشش باید در محدوده مقدار بار Proof Ring باشد، بنابراین بایستی از دستگاههایی استفاده شوند که بارهای اعمال شده، در قطر رینگ ها 6% انحراف نسبت به قطر اولیه آنها ایجاد کنند ولی نباید کمتر از 0.51mm باشند. اگر انحراف ایجاد شده در قطر اولیه رینگ دستگاه Proof Ring بر اثر بارهای اعمال شده کمتر از 0.51mm یا کمتر از 6% باشد، انحراف کالیبراسیون، مقدار کالیبراسیون و مقدار بار آزمایش باید مشخص شوند. ممکن است کاهش اساسی و قابل توجه در انحراف Proof Ring به دلایل زیر ایجاد شوند :

۱- کاهش قابل توجه انحراف در Proof Ring ممکن است به دلیل شروع و رشد ترک در نمونه های آزمایش باشد.
۲- ممکن است به دلیل تسلیم شدن نمونه های آزمایش باشد.
۳- ممکن است به دلیل کاهش یا آزاد شدن تنش باشد.
- انحراف Proof Ring در طول مدت آزمایش یا در پایان آزمایش بایستی اندازه گیری شود.
وقتی تنش اعمال شده بر روی نمونه های آزمایش در حدود ٪۱۰ از استحکام تسلیم متریال می باشد شروع انحراف بایستی ثبت و گزارش شود. نمونه های آزمایش به صورت الکتریکی از متریال های دیگر که در معرض محلول آزمایش قرار دارند بایستی محافظت شوند. همه نمونه های آزمایش باید در یک ظرف کاملاً آب بندی شده قرار بگیرند و از ورود هوا به داخل آن جلوگیری شود. اگر نگهدارنده ها (Fixture) بطور کامل در محلول آزمایش قرار بگیرند ممکن است از جنس متریال نمونه های آزمایش ساخته شوند. اگر جنس نمونه های آزمایش با جنس نگهدارنده ها متفاوت باشد بایستی بطور الکتریکی از نمونه های آزمایش محافظت شوند و در صورت امکان، نگهدارنده ها می توانند بوسیله عایق های غیر رسانا محافظت شوند. اندازه و ابعاد ظرف آزمایش باید متناسب با حجم محلول آزمایش باشند. حجم محلول آزمایش نسبت به سطوح نمونه های آزمایش باید 30 ± 10 mL/cm2 باشد.

محاسبه تنش(Stress Calculation) :

در روش آزمون A ، بارگذاری بر روی نمونه های آزمایش که تحت تنش کششی هستند بوسیله معادلات زیر محاسبه می شوند:

$P = S \times A$

P = بار

S = تنش بکار رفته

A = مساحت واقعی سطح مقطع نمونه

ترتیب آزمایش(Testing Sequence) :

حداقل قطر نمونه های کشش بایستی اندازه گیری شوند. برای مشخص شدن میزان تنش بایستی بارگذاری بر روی نمونه های آزمایش کشش محاسبه شوند. نمونه های آزمایش کشش ابتدا بایستی تمیز و سپس در مخزن آزمایش قرار بگیرند. ظرف آزمایش جهت جلوگیری ازورود هوا و نشتی در طول زمان آزمایش باید کاملاً آب بندی شود. بارگذاری بر روی نمونه های آزمایش ممکن است قبل یا بعد از تزریق گاز خنثی در ظرف آزمایش انجام بگیرد. نمونه های آزمایش ممکن است تحت تنشی بیشتر از استحکام تسلیم بارگذاری شوند. در هنگام بارگذاری برای جلوگیری از میزان بار اضافه بایستی دقت لازم صورت بگیرد. اگرمیزان بار اعمال شده در آزمایش بیشتر از میزان بار مورد نظر باشد بارگذاری مجدد باید انجام گیرد و یا آزمایش بایستی منتفی و پایان یابد. پس از پر شدن ظرف آزمایش بوسیله محلول بایستی مقطع نمونه های آزمایش بطور کامل در محلول آزمایش قرار بگیرند. محلول آزمایش جهت اطمینان از خالی بودن اکسیژن پیش از ورود گاز H_2S در آن باید بوسیله یکی از روشهای زیر هواگیری شود.:
۱- محلول آزمایش ممکن است در ظرف آزمایش بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه (100mL/min) به مدت حداقل یک ساعت هواگیری شود.
۲- محلول آزمایش ممکن است قبلاً در یک ظرف آب بندی شده که بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل ۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه پر شده است هواگیری گردد. سپس محلول به درون ظرف منتقل می شود. پس از آب بندی کردن ظرف و پر کردن آن با محلول مجدداً گاز خنثی به مدت حداقل ۲۰ دقیقه در آن تزریق می شود.
۳- روشهای دیگری که منجر به هواگیری کامل، قبل از ورود گاز H_2S ، می شود ممکن است استفاده گردد.

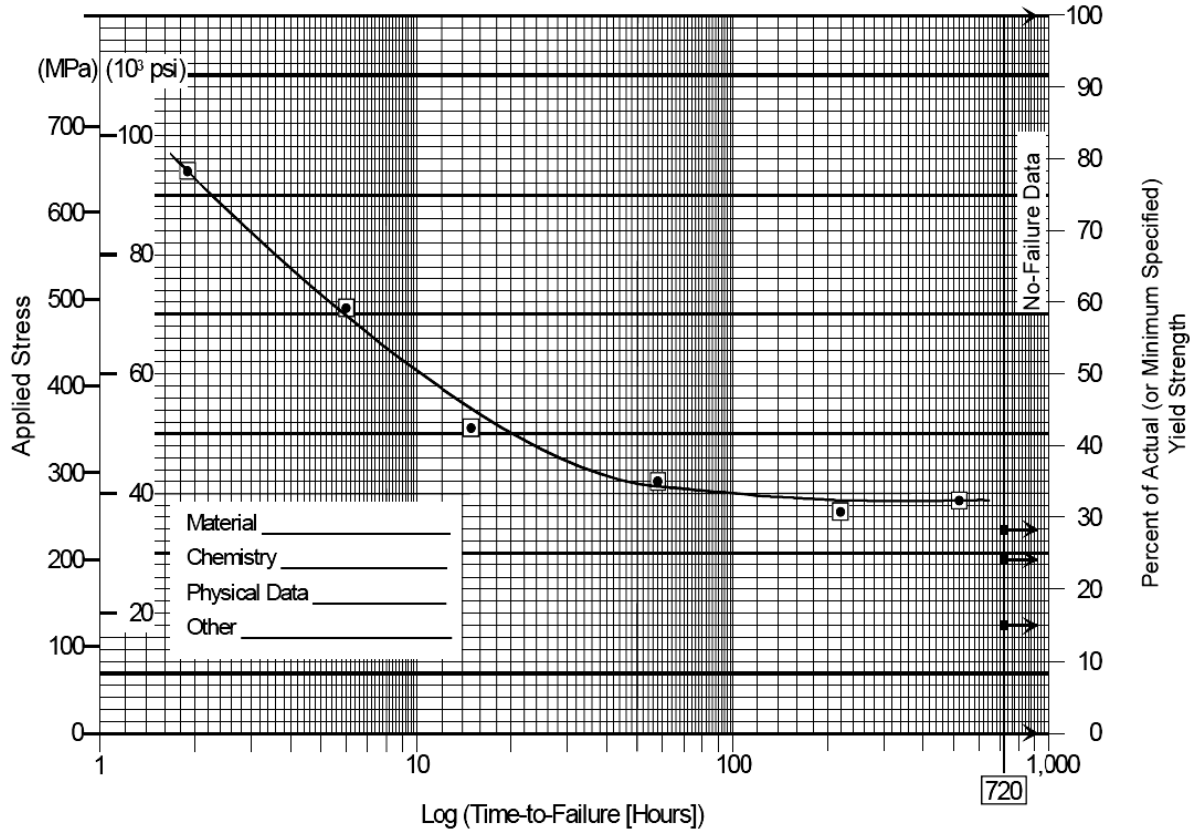
محلول آزمایش بایستی بوسیله گاز H_2S با نرخ حداقل ۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه به مدت حداقل ۲۰ دقیقه در لیتر اشباع شود. تزریق مداوم گاز H_2S بایستی در تمام مدت آزمایش با نرخ کم در ظرف آزمایش و لوله خروجی گاز جریان داشته باشد. غلظت و فشار بسیار ناچیز گاز H_2S صرفاً جهت جلوگیری از ورود هوا در درون ظرف آزمایش از طریق نشتی های کوچک است. هنگامی که گاز H_2S در درون ظرف آزمایش تزریق می شود چنانچه ناخالصیهای اکسیژن در ظرف وجود داشته باشند بصورت یک ابر کدر بر روی گاز H_2S ظاهر می شوند، بنابراین در صورت ظاهر شدن ابر کدر در گاز H_2S بایستی آزمایش مردود در نظر گرفته شود و نمونه های آزمایش باید فوراً از ظرف آزمایش خارج و تمیز گردند. همچنین محلول آزمایش باید تعویض و به جای دور منتقل شود و هواگیری مجدد در محلول انجام شود. ایجاد شکست در نمونه آزمایش یا مدت زمان ۷۲۰ ساعت آزمایش بایستی به عنوان پایان آزمایش در نظر گرفته شود. بنابراین هر کدام از موارد فوق زودتر اتفاق بیفتد باید آزمایش را پایان داد. در صورت نیاز ممکن است برای مشخص شدن مقدار دقیق تنش بدون شکست (no-failure) نمونه های بیشتری آزمایش شوند. در پایان آزمایش، نمونه های آزمایش کششی بایستی تمیز گردند و برای مشاهده ترک بازرسی شوند. بنابراین نمونه های آزمایش کشش که دارای ترک هستند باید به دقت بررسی شوند. شکست در متریالهایی که به عنوان نمونه های آزمایش بکار میروند ممکن است به صورت های زیر ایجاد شوند :

۱- نمونه های آزمایش ممکن است بطور کامل دچار شکست شوند و از همدیگر جدا شوند.

۲- پس از تکمیل شدن آزمایش در مدت ۷۲۰ ساعت بایستی از ترکهای ایجاد شده بر روی مقطع نمونه های آزمایش کشش در بزرگ نمایی X ۱۰ بازرسی چشمی انجام بگیرد. بررسی های متالوگرافی، اسکن کردن میکروسکپی یا آزمایشات مکانیکی می توانند نشان دهند که ترکهای ایجاد شده بر روی مقاطع نمونه های آزمایش کشش به علت ترکهای محیطی می باشند یا بعلت دلایل دیگر بوده است. بنابراین اگر اثبات گردد، ترکهای مشاهده شده بر روی نمونه های آزمایش کشش به علت ترکهای محیطی (EC) نبوده است نتایج آزمایش مورد تایید می باشد. زمان بروز شکست (Time-to-failure) ممکن است بوسیله زمان سنج های الکتریکی یا ریز گزینه ها (Micro Switch) ثبت شود.

ثبت کردن نتایج آزمایش(Reporting of Test Result) :

کلیه اطلاعات مربوط به نمونه های شکسته شده یا بدون شکست (Failure/no failure) و مشاهدات چشمی از ترکهای سطحی برای هر میزان تنش بایستی درپایان آزمایش گزارش و ثبت گردند. همچنین کلیه اطلاعات مربوط به آنالیز شیمیایی ، خواص مکانیکی، عملیات حرارتی، بایستی ثبت و گزارش شود. تصویر ۶ نمونه ای از Semilog Graph مربوط به اعمال بار بر زمان بروز شکست در روش آزمون A می باشد و بخش اول و دوم جدول شماره یک مربوط به نمونه فرمت گزارش اطلاعات روش آزمون کشش (A) است.



تصویر – ۵

TABLE 1—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 2):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177
Method A—NACE Standard Tensile Test

Lab Data for Material: _____ **Tested per NACE Standard TM0177(A)**

Test Specimen Geometry: ☐ Standard ☐ Nonstandard Nominal Diameter _____ Gauge Length _____
Constant Load— ☐ Dead Weight ☐ Hydraulic ☐ Other_____
Sustained Load— ☐ Proof Ring ☐ Spring ☐ Other_____
☐ Post-Test Proof Ring Deflection Measurement

Chemistry: ☐ Test Solution A ☐ Test Solution B ☐ Test Solution C (define) _____ ☐ Other Test Solution_____

☐ Outlet Trap to Exclude Oxygen ☐ Temperature Maintained 24° ±3°C (75° ±5°F) ☐ Temperature Maintained _____ ±3°C (±5°F)

Material Identification	Test Specimen Properties							Test Stress (% of Yield Strength)								Test Solution pH(E)		Applied Heat Treatment	Remarks (Including Surface Condition and H_2S Level)
	Location(B)	Orientation(C)	Yield Strength(D) ( )	Ultimate Tensile Strength ( )	Elongation (%)	Reduction in Area (%)	Hardness ( )	Time-to-Failure (Hours) NF = No Failure at 720 hours								Start	Finish		

TABLE 1—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 1):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177[A]
Method A—NACE Standard Tensile Test

Submitting Company_____ Submittal Date_____
Submitted by _____ Telephone No._____Testing Lab _____
Alloy Designation _____General Material Type_____

Chemistry	Heat Number/Identification					
C Mn Si P S Ni Cr Mo V Al Ti Nb N Cu Other						
Material Processing History Melt Practice (e.g., OH, BOF, EF, AOD)[B]						
Product Form						
Heat Treatment (Specify time, temperature, and cooling mode for each cycle in process.)						
Other Mechanical, Thermal, Chemical, or Coating Treatment[C]						

- بخش نهم-روش آزمون خمش-B (Bent-Beam Test)

روش آزمون B (آزمون خمش) یکی از پر کاربردترین روشهای آزمایش است که مربوط به آزمایش فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژ (Low Alloy Steel) می باشد که تحت تنش خمشی قرار گرفته اند تا مقاومت آنها نسبت به بروز ترک در محیط های آبی حاوی گاز H_2S و دارای PH پایین ارزیابی گردند. سایزهای پایین و استاندارد شده نمونه های آزمایش در روش آزمون B برای متریالهای نازک موجب آسانتر شدن آزمایش می شود. در روش آزمون خمش نمونه های آزمایش تحت تنش مشخصی بارگذاری می شوند تا نتیجه شکست یا عدم شکست (Failure/no failure) آنها مشخص شوند. آزمایش خمش در دمای محیط (Room Temprature) و در فشار اتمسفر (Atomospheric Pressure) انجام می شود. آزمایش روش آزمون خمش در دما یا فشار بالاتر (Elevated Temprature /Pressure) بایستی مطابق با بخش هفتم استاندارد انجام شود. نمونه های آزمایش در روش آزمون B در تنش های خمشی متفاوتی در دمای محیط آزمایش می شوند تا شکست یا عدم شکست آنها بوسیله ترک های ایجاد شده مشخص شوند. برای ارزیابی مقاومت متریالها نسبت به SSC بایستی تنش بحرانی(Sc) محاسبه شود. تنش محاسبه شده در روش آزمون B یک تنش کاذب (Pesudo-Stress) می باشد زیرا :

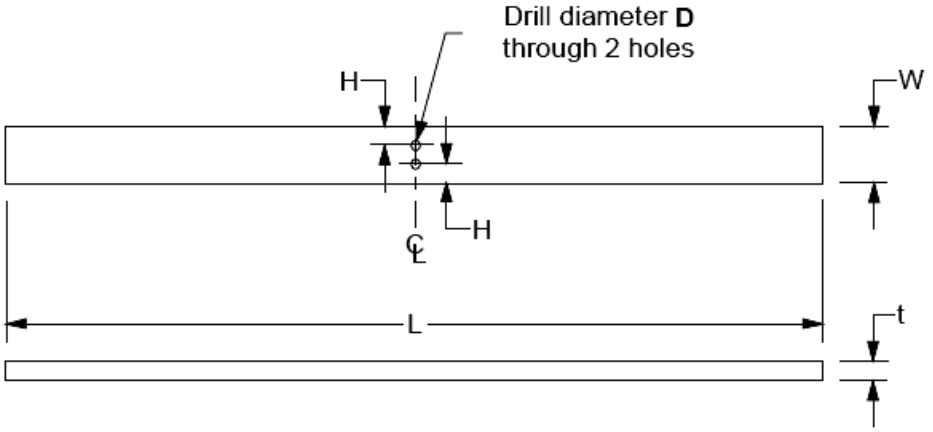
۱- تنش واقعی یا توزیع تنش در نمونه های آزمایش ایجاد نمی شود .

۲- انحراف الاستیسیته متمرکز منجر به تغییر شکل پلاستیک نمی شود.

۳- ایجاد ترک یا رشد ترک در نمونه های آزمایش باعث کاهش تنش نمی شود.
بنابراین روش آزمون B برای مشخص کردن دامنه تنش آغازین (Threshold Stress) مناسب نمی باشد.

نمونه های آزمایش(Test Specimens) :

ابعاد استاندارد نمونه های آزمایش در آزمون خمش بایستی دارای 4.75 ± 0.13mm عرض و 1.52±0.13mm ضخامت و 67.3 ± 1.3mm طول باشد (تصویر۶)



Dimension	Size	
	(mm)	(in.)
L	67.3 ±1.3	2.65 ±0.050
t	1.52 ±0.13	0.060 ±0.0050
W	4.57 ±0.13	0.180 ±0.0050
H	1.58 ±0.05	0.062 ±0.002
D	0.71 ±0.01	0.028 ±0.0005 (No. 70 Drill)

Dimensional Drawing of the Standard Bent-Beam Test Specimen

تصویر – ۶

نمونه های آزمایش باید پس از تمیز کاری در یک خشک کن و در محیط کم رطوبت و دور از چربی و مواد روغنی نگهداری شوند تا اینکه برای آزمایش آماده و مهیا گردند. انتخاب محل و موقعیت برش نمونه های آزمایش در متریال اصلی بایستی به همراه نتایج آزمایش ثبت و گزارش شوند. برای بدست آوردن ابعاد نهایی نمونه های آزمایش بایستی ضخامت آنها را ماشینکاری و نازک کرد. زبری سطح نهایی نمونه های آزمایش بایستی 0.81µm باشد. قبل از ماشین کاری سطح نمونه های آزمایش بایستی در وسط طول نمونه ها دو عدد سوراخ به ابعاد 1.5mm تعبیه شود. ممکن است هر دو انتهای نمونه آزمایش در ابعاد 13mm بوسیله قلم های حکاکی یا استنسیل های ارتعاشی (Vibration Stencile) نشانه گذاری شوند. تمیز کاری و آماده سازی سطح و لبه های نمونه های آزمایش باید بوسیله کاغذ سنباده دستی شماره ۲۴۰ و موازی با محور طولی نمونه های آزمایش انجام شود سپس بوسیله حلال های شیمیایی گریس زدایی یا چربی زدایی شوند و نهایتاً بوسیله استون شستشو شوند. پس از تمیز کاری قسمت مقطع نمونه های آزمایش نباید دستکاری یا آلوده شوند.

محلول آزمایش (Test Solution):

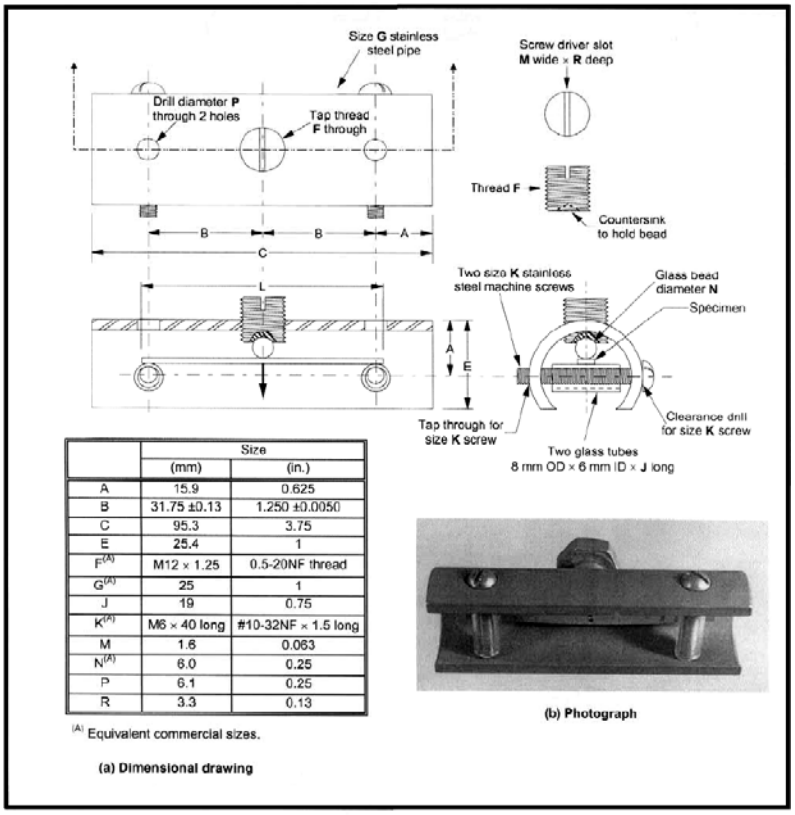
محلول آزمایش در روش آزمون خمش باید شامل 0.5% وزنی استیک اسید بلوری حل شده در آب مقطر یا آب دی یونیزه شده باشد و بایستی فاقد کلراید سدیم (NaCl) باشد.

5.0 g (CH_3COOH) + 995 g Distilled or Deionized Water

استفاده از محلول های آزمایش A, B, C در روش آزمون خمش (Bent-Beam Test) استاندارد شده نمی باشند.

تجهیزات آزمایش (Test Equipment) :

آزمایش روش آزمون خمش بایستی بوسیله نگهدارنده هایی که در نمونه های آزمایش ۳ نقطه خمش (Three Point Bending) اعمال میکنند انجام بگیرد (تصویر۷).



	Size	
	(mm)	(in.)
A	15.9	0.625
B	31.75 ±0.13	1.250 ±0.0050
C	95.3	3.75
E	25.4	1
F[A]	M12 × 1.25	0.5-20NF thread
G[A]	25	1
J	19	0.75
K[A]	M6 × 40 long	#10-32NF × 1.5 long
M	1.6	0.063
N[A]	6.0	0.25
P	6.1	0.25
R	3.3	0.13

Typical Stressing Fixture for Bent-Beam Test Specimen

تصویر - ۷

البته برخی نگهدارنده ها ممکن است در ۴ نقطه اعمال تنش کنند. نگهدارنده هایی که بطور کامل در معرض محلول آزمایش قرارمیگیرند باید مقاوم به خوردگی باشند. جنس نگهدارنده ها (Fixture) معمولاً بایستی از متریال UNS No. –S31600 باشد که مقاوم به خوردگی است و باید تمامی اجسامی که به نگهدارنده ها اتصال می شوند بصورت الکتریکی محافظت شوند. گیج های مربوط به اندازه گیری انحناء (خمش) باید در اندازه های 0.0025 mm درجه بندی شده باشند. اندازه گیری انحناء خمش در نمونه های آزمایش باید بوسیله گیج های مجزا یا گیج های نصب شده بر روی نگهدارنده های مخصوص بارگذاری، انجام شود. برای ارزیابی کیفیت مناسب یک دستگاه اندازه گیری انحناء خمش (Deflection Gauge) بایستی اندازه گیری در وسط طول نمونه آزمایش انجام بگیرد.

ظرف آزمایش (Test Vessel) :

ظرف آزمایش بایستی در اندازه ای باشد که نسبت به سطوح نمونه های آزمایش ، گنجایش $30 \pm 10\ mL/cm^2$ را داشته باشد. حداکثر مجاز حجم محلول در ظرف آزمایش باید ۱۰ لیتر باشد و مسیر ورودی و خروجی ظرف برای جلوگیری از ورود اکسیژن به درون آن بایستی مجهز به شیر آلات باشد. برای ورود گاز خنثی و نیز دمیدن گاز H_2S باید از یک دمنده شیشه ای (Bubbler Glass) که در زیر نمونه های آزمایش قرار دارند، استفاده شود. بهنگام دمیدن گاز H_2S، حبابهای ایجاد شده گاز نباید هیچ برخوردی با نمونه های آزمایش داشته باشند.

محاسبه انحناء (Deflection Calculation) :

برای محاسبات انحناء خمش در متریالها باید از یک تنش کاذب بیرونی (S) استفاده شود. مقدار تنش بحرانی (S) در فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژ معمولاً در محدوده ۶۹ مگا پاسکال (10^4 PSI) و در سختی 22-24 HRC می باشد. بنابراین در صورت افزایش مقدار سختی فولاد، تنش کاذب کاهش مییابد. مقدار انتخاب شده برای محاسبه تنش کاذب (S) باید در محاسبات مقدار انحناء نمونه های آزمایش در نظر گرفته شود. انحناء نمونه های آزمایش برای هر مقدار تنش کاذب بایستی بوسیله معادله زیر محاسبه شود:

$$D = \frac{S\ell^2}{6Et}$$

که:

مقدار انحناء نمونه آزمایش = D

تنش کاذب (تنش فشاری) = S

فاصله میان انتهای نگهدارنده ها = L

مدول الاستیسیته = E

ضخامت نمونه آزمایش = t

ترتیب آزمایش (Testing Sequence) :

ابعاد نمونه های آزمایش بایستی اندازه گیری شوند و میزان انحناء برای مقدار تنش کاذب مورد نظر باید محاسبه شود. نمونه های آزمایش بایستی بوسیله نگهدارنده ها (Fixture) تحت تنش قرار بگیرند. انحناء نگهدارنده ها بایستی تقریباً 0.0025mm باشد و بوسیله گیج های مدرج اندازه گیری شوند. ایجاد انحناء در روش آزمون خمش بایستی به دقت اعمال شود تا از مقدار مورد نظر تجاوز ننماید. اگر میزان انحناء بیشتر از مقدار مورد نظر گردید بایستی آزمایش با انحناء بیشتر ادامه یابد یا اینکه مردود در نظر گرفته شود. نمونه های آزمایش باید پس از تمیز کاری در ظرف قرار بگیرند و ظرف آزمایش پس از هواگیری و آب بندی کردن بایستی بوسیله محلول پر شود. محلول آزمایش باید بوسیله یکی از حالت های زیر بطور کامل هواگیری شود تا نسبت به عدم ورود گاز اکسیژن قبل از دمیدن گاز H_2S اطمینان حاصل گردد:

۱- محلول آزمایش ممکن است بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل 100mL/min به مدت حداقل یک ساعت هواگیری شود.

۲- محلول آزمایش ممکن است قبل از انتقال دادن در ظرف آزمایش، بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل 100mL/min به مدت حداقل یک ساعت هواگیری شود وپس از هواگیری محلول و آب بندی کردن ظرف آزمایش، مجدداً محلول آزمایش بایستی بوسیله گاز خنثی به مدت حداقل ۲۰ دقیقه هواگیری گردد.

۳- روشهای دیگر هواگیری چنانچه قبل از ورود گاز H_2S بطور کامل منجر به هواگیری شود ممکن است استفاده گردد.

پس از هواگیری، بایستی گاز H_2S با نرخ حداقل 100mL/min به مدت حداقل ۲۰ دقیقه در هر لیتر در محلول آزمایش دمیده شود. تزریق گاز H_2S در ظرف آزمایش بایستی بوسیله حبابهای گازی H_2S با نرخ حداقل 100mL/min در هر لیتر به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بصورت دوره ای تکرار شود. عملیات تزریق مکرر گاز H_2S باید ۳ مرتبه در هفته در طول آزمایش انجام شود و روزهای تزریق مجدد گاز H_2S باید روزهای اول، سوم و پنجم هر هفته باشد. وقتی گاز H_2S در درون ظرف آزمایش وارد میگردد ناخالصی ها و آلودگی های اکسیژن بصورت یک ابر کدر مشاهده می شود. در صورت مشاهده ناخا لصی های اکسیژن در محلول، بایستی آزمایش مردود محسوب شود و محلول نیز فوراً منتقل و تعویض شود و نمونه های آزمایش از درون آن خارج و هواگیری مجدد انجام گیرد. مدت زمان ۷۲۰ ساعت آزمایش یا هنگامی که همه نمونه های

آزمایش دچار شکست شدند به عنوان پایان و اتمام آزمایش محسوب میگردد. بنابراین هر کدام از موارد مذکور زودتر اتفاق بیفتد به عنوان پایان آزمایش در نظر گرفته می شود. در روش آزمون خمش برای دقیق تر نشان دادن Sc ممکن است آزمایش مجدد انجام گیرد یا نمونه های بیشتری آزمایش شوند.

ارزیابی شکست (Failure Detection) :

ترک ایجاد شده در نمونه های آزمایش باید بصورت چشمی و به کمک میکروسکوپ دو چشمی کم قدرت مشخص شوند. اگر نمونه های آزمایش فقط دارای یک یا چند مورد ترک باشند، شکل نمونه های آزمایش بصورت قابل ملاحظه ای تغییر میکند. بنابراین، این علائم درتشخیص دادن نمونه های ترک خورده کمک میکند. البته ممکن است ترک های زیادی در نمونه های آزمایش وجود داشته باشند در حالیکه هیچ گونه تغییر شکلی ایجاد نشده است زیرا محصولات فرایند خوردگی ممکن است ترکها را محو و مخفی کند و باعث مشکوک شدن ترکها گردد، در این صورت بایستی دقت و بررسی بیشتری انجام گیرد. درصورت مشخص نبودن ترکها ممکن است برای تشخیص دادن ترکها در نمونه های آزمایش، تمیز کاری مکانیکی یامقطع زنی متالوگرافی انجام شود. شکست (Failure) در واقع همان ترک خوردن نمونه های آزمایش می باشد. سطح نمونه های آزمایش پس از قرار گرفتن در محلول بایستی تمیز و در بزرگ نمایی 10X بصورت چشمی بررسی شوند تا ترک های ناشی از خمش ۲۰ درجه ارزیابی گردند.

گزارش و ثبت نتایج آزمایش (Reporting of Test Result) :

اطلاعات مربوط به شکست یا عدم شکست (Failure/no failure) و میزان تنش کاذب بیرونی (S) بایستی گزارش شود. ثبت مدت زمان برای ایجاد شکست اختیاری است. مقدار تنش کاذب (Sc) بصورت زیر محاسبه می شود :

$$S_c = \frac{\frac{\sum S}{68.95\ MPa} + 2\sum T}{n}$$

که :

مقدار تنش کاذب بر اساس مگا پاسکال که برای انحناء خمش استفاده می شود = S

نتیجه آزمایش (۱+ برای نمونه بدون ترک و ۱- برای نمونه ترک خورده) = T

وقتی از فرمول مذکور استفاده می شود چنانچه در داده های تنش کاذب نسبت به مقدار تنش کاذب اولیه محاسبه شده (Sc x 68.95 MPa) بیشتر از 210 MPa ± انحراف وجود داشته باشد بایستی آزمایش مردود در نظر گرفته شود و مجدداً یک تنش کاذب جدید محاسبه شود. در این صورت بایستی از فرمول زیر استفاده شود :

$$S_c = \frac{\frac{\sum S}{10^4 psi} + 2\sum T}{n}$$

که:

مقدار تنش کاذب بر اساس psi که برای مقدار انحناء خمش محاسبه می شود = S

نتیجه آزمایش (۱+ برای نمونه بدون ترک که پذیرفته شده است و ۱- برای نمونه ترک خورده) = T

تعداد کل نمونه های آزمایش = n

وقتی از فرمول مذکور استفاده می شود چنانچه در داده های تنش کاذب نسبت به مقدار تنش کاذب اولیه محاسبه شده ($Sc \times 10^4$ psi) بیشتر از 30000 psi ± انحراف وجود داشته باشد آزمایش بایستی مردود در نظر گرفته شود و باید یک

تنش کاذب جدید محاسبه شود. بنابراین مقدار تنش کاذب برای هر متریال آزمایش شده بایستی ثبت و گزارش شود. چنانچه Sc جدید محاسبه شده است باید آنرا گزارش مجدد نمود و مقدار تنش کاذب اولیه نباید گزارش شود. کلیه اطلاعات مربوط به خواص شیمیایی، خواص مکانیکی، عملیات حرارتی و دیگر داده های آزمایش باید گزارش و ثبت شوند. بخش اول و دوم جدول شماره ۲ مربوط به نمونه فرمت اطلاعات روش آزمون خمش (B) می باشد.

TABLE 2—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 1):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177[A]
Method B—NACE Standard Bent-Beam Test

Submitting Company_____ Submittal Date_____
Submitted by _____ Telephone No._____Testing Lab_____
Alloy Designation _____ General Material Type_____

Chemistry	Heat Number/Identification					
C Mn Si P S Ni Cr Mo V Al Ti Nb N Cu Other						
Material Processing History Melt Practice (e.g., OH, BOF, EF, AOD)[B]						
Product Form						
Heat Treatment (Specify time, temperature, and cooling mode for each cycle in process.)						
Other Mechanical, Thermal, Chemical, or Coating Treatment[C]						

[A] Test method must be fully described if not in accordance with TM0177.
[B] Melt practice: open-hearth (OH), basic oxygen furnace (BOF), electric furnace (EF), argon-oxygen decarburization (AOD).
[C] E.g., cold work, plating, nitriding, prestrain.

TABLE 2—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 2):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177
Method B—NACE Standard Bent-Beam Test

Lab Data for Material: _____ **Tested per NACE Standard TM0177[A]**

Test Specimen Geometry: ☐ **Standard** ☐ **Nonstandard** _____ **Nominal Size** _____ **Length** _____
☐ **Statistical S_c Method Applied** _____

Chemistry: ☐ **0.5 wt% glacial acetic acid in distilled or deionized water** ☐ **Other Test Solution**_____

☐ **Outlet Trap to Exclude Oxygen** ☐ **Temperature Maintained 24° ±3°C (75° ±5°F)** ☐ **Temperature Maintained** _____ **±3°C (±5°F)**

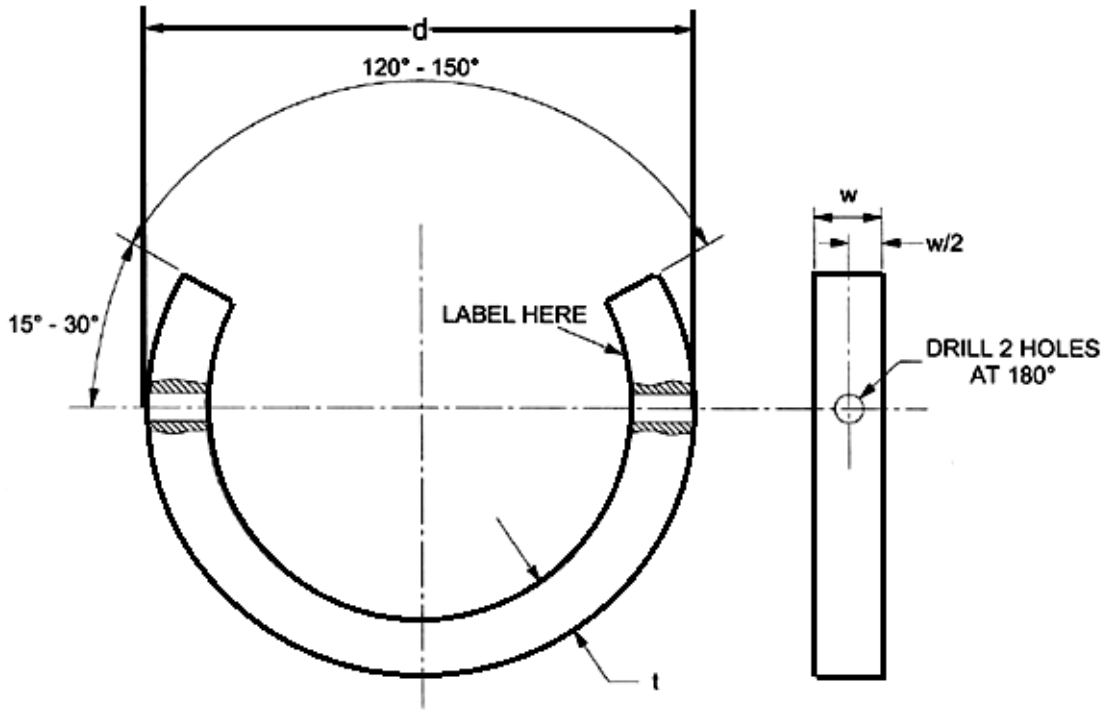
Material Identification	Test Specimen Properties							Psuedo-Stress (S) Value ( )								S_c Value	Test Solution pH[E]		Applied Heat Treatment	Remarks (Including Surface Condition and H_2S Level)
	Location[B]	Orientation[C]	Yield Strength[D] ( )	Ultimate Tensile Strength ( )	Elongation (%)	Reduction in Area (%)	Hardness ( )	Time-to-Failure (Hours) NF = No Failure at 720 hours									Start	Finish		

● - بخش دهم – روش آزمونC (C-Ring Test)

روش آزمون C برای ارزیابی مقاومت فلزات در برابر ترکهای محیطی (EC) که تحت تنش های حلقوی (Proof Test) می باشند انجام میگیرد. این روش آزمون برای آزمایشات مربوط به محصولات لوله ای شکل کم قطر و میله ها مناسب می باشد. مستعد بودن نمونه های آزمایش C-Ring به ترکهای محیطی (EC) بوسیله ترکهایی که در زمان بروز شکست (Time-to-failure)ایجاد می شوند مشخص میگردند. وقتی نمونه های آزمایش تحت مقداری از تنش خارجی انحناء پیدا میکنند ممکن است شکست یا عدم شکست (Failure/no failure) اتفاق بیفتد. وقتی چندین نمونه آزمایش با مقدار تنش های متفاوت آزمایش می شوند فقط یک تنش آغازین (Threshold Stress) برای ترکهای محیطی (EC) میتوان در نظر گرفت. آزمایش C-Ring در دمای محیط و فشار اتمسفر انجام می شود. آزمایش C-Ring در دمای بالاتر (Elevated Temprature) بایستی مطابق با الزامات بخش هفتم استاندارد انجام شود.

نمونه های آزمایش (Test Specimens) :

نمونه های آزمایش C-Ring باید بدون شیار و مطابق با استاندارد ASTM G 38 باشند. سایز نمونه های C-Ring ممکن است در عرض (Wide) متفاوت باشند. قطر خارجی نمونه های آزمایش C-Ring نباید کمتر از 15.9 mm باشد زیرا در ماشین کاری مشکلات زیادی را ایجاد میکند و ممکن است باعث کاهش دقت در بار گذاری یا ایجاد تنش شود. نمونه های آزمایش بایستی مطابق با تصویر زیر باشند.



Dimensional Drawing of the C-Ring Test Specimen

مقدار تنش های حلقوی یا محیطی (Proof Stress) ممکن است در قسمت پهنا یا عرض نمونه ها متفاوت باشد. در آزمایش روش C اختلاف میزان تنش بستگی به اختلاف عرض نسبت به ضخامت (w/t) و نیز اختلاف قطر نسبت به ضخامت (d/t) دارد. مقدار اختلاف عرض نسبت به ضخامت بایستی بین ۲ تا ۱۰ باشد و مقدار اختلاف قطر نسبت به ضخامت باید بین ۱۰ تا ۱۰۰ باشد. جنس نگهدارنده ها (Fixture) بایستی از جنس نمونه های آزمایش باشند. اگر جنس نگهدارنده ها نسبت به جنس نمونه های آزمایش متفاوت باشند بایستی بصورت الکتریکی محافظت شوند تا از خوردگی گالوانیک جلوگیری شود. نمونه های آزمایش بایستی به صورت تدریجی و مرحله ای ماشینکاری شوند. هر دو مرحله رفت و

برگشت ماشینکاری نباید بیشتر از 0.05 mm از سطح فلز را کاهش دهد. زبری سطح نهایی نمونه های آزمایش باید 0.81µm یا صیقل تر باشد. نمونه های آزمایش پس از تمیز کاری بایستی در یک محیط کم رطوبت و یا در یک خشک کن و به دور از مواد روغنی یا چربی نگهداری شوند تا برای آزمایش آماده و مهیا باشند. سطوح ماشینکاری شده نمونه های آزمایش بایستی کیفیت بالایی داشته باشند زیرا برای آزمایشات خوردگی باید از سطوح با کیفیت استفاده شود. در آزمایش C-Ring ممکن است از سطوح با کیفیت و پیش ساخته تیوب یا میله ها به عنوان نمونه آزمایش استفاده شود. استفاده از هر گونه عملیات سطح سازی یا پرداخت کاری به غیر از ماشین کاری بایستی در داده های آزمایش گزارش و ثبت شوند. قسمت های انتهایی نمونه های آزمایش ممکن است بوسیله قلم های حکاکی (Stamping) یا بوسیله استنسیل های ارتعاشی (Vibratory Stencile) مشخص شوند.

تمیز کاری نمونه های آزمایش (Test Specimens Cleaning) :

نمونه های C-Ring بایستی قبل از آزمایش بوسیله حلالهای شیمیایی چربی زدایی یا گریس زدایی شوند و نهایتاً بوسیله استون شستشو شوند . قسمت های مقطع نمونه های آزمایش پس از تمیز کاری نباید آلوده یا کثیف شوند .

محلول آزمایش برای روش آزمون C- (Test Solution for Method C):

محلول آزمایش برای روش آزمون C در بخش ششم استاندارد توضیح داده شده است.

تجهیزات آزمایش (Test Equipment) :

تجهیزاتی که برای تحت تنش قرار دادن نمونه های آزمایش C-Ring نیاز است بایستی شامل کولیس (Caliper) یا تجهیزات مشابه که قادر به اندازه گیری در اندازه های 0.025mm است، آچار با سایز های مختلف که برای سفت کردن پیچ های نگهدارنده ها استفاده می شوند، و وسایل قید و بست باشند. نمونه های آزمایش بایستی بطور کامل در معرض محلول آزمایش قرار بگیرند. از خوردگی گالوانیک میان نمونه ها و نگهدارنده ها و نیز ظرف آزمایش بایستی جلوگیری شود و برای این منظور میتوان از واشر های تفکیک کننده برای محافظت الکتریکی نمونه های آزمایش نسبت به نگهدارنده ها استفاده نمود.

ظرف آزمایش (Test Vessel) :

اندازه ظرف آزمایش باید طوری باشد که گنجایش 30 ± 10 mL/ cm^2 نسبت به سطح نمونه های آزمایش را داشته باشد. برای وارد کردن گاز خنثی و گاز H_2S در محلول آزمایش بایستی از یک دمنده شیشه ای (Bubbler Glass) که در زیر نمونه های آزمایش قرار دارد استفاده شود و حباب های گاز H_2S نباید هیچ برخوردی با سطوح نمونه های آزمایش داشته باشند.

محاسبه انحناء (Deflection Calculation) :

انحناء نمونه های آزمایش C-Ring باید بوسیله معادله زیر محاسبه شود :

$$D = \frac{\pi d\,(d - t)\,S}{4tE}$$

که :

D = انحناء نمونه آزمایش C-Ring

d = قطر خارجی نمونه آزمایش C-Ring

t = ضخامت نمونه آزمایش C-Ring

S = تنش خارجی مورد نظر

مدول الاستیسیته = E

محاسبه انحناء نمونه های آزمایش بر اساس معادله مذکور باید محدود به تنش های زیر حد الاستیک متریال باشد. حد الاستیک بسیاری از آلیاژهای مقاوم به خوردگی (CRAs) پایین تراز offset 0.2 % (تنش تسلیم) می باشد. در معادله مذکور، برای محاسبه انحناء مورد نیاز برای ایجاد تنش بر روی نمونه های آزمایش تا نسبت 100% برای روش 0.2 % تنش تسلیم (Offset Proof Stress) میتوان در معادله اصلی، معادله SY + E (0.002) را جایگزین تنش خارجی (S) نمود. البته این معادله برای همه آلیاژها معتبر نمی باشد و بایستی قبل از استفاده کردن بر روی متریالها بجزء فولادهای کربنی و کم آلیاژ بررسی و کنترل شود. میزان انحناء نمونه های آزمایش در روش آزمون C میتواند بوسیله Strain Guage الکتریکی که بطور مستقیم بر روی نمونه های آزمایش نصب شده اند مشخص گردد. Strain Guage بایستی بر روی قطر خارجی و در موقعیت ۹۰ درجه هر C-Ring قرار بگیرد.

ترتیب آزمایش (Testing Sequence) :

ابعاد نمونه های آزمایش C-Ring باید اندازه گیری شوند و مقدار انحناء آن بایستی عیناً و دقیق محاسبه شود. نمونه های آزمایش C-Ring باید بوسیله محکم کردن پیچ های نگهدارنده (Fixture) تحت تنش قرار بگیرند و تا انحناء نزدیک به 0.025 mm بایستی اندازه گیری شود. انحناء نمونه های آزمایش باید در مرکز پیچ نگهدارنده ها اندازه گیری شود. این اندازه گیری ها ممکن است در قطر خارجی، قطر داخلی یا وسط دیواره (Midwall) انجام شود. اگر مقدار انحناء ایجاد شده بیشتر از مقدار انحناء مورد نظر باشد، آزمایش بایستی در انحناء بیشتر ادامه یابد یا آزمایش مردود در نظر گرفته شود. نمونه های آزمایش پس از تمیز کاری بایستی در ظرف آزمایش قرار بگیرند سپس ظرف آزمایش باید با محلول مخصوص پر و نهایتاً آب بندی شود. محلول آزمایش بایستی بوسیله یکی از روشهای زیر هواگیری گردد تا نسبت به عدم ورود گاز اکسیژن، قبل از تزریق گاز H_2S در محلول اطمینان حاصل گردد :

۱- محلول آزمایش ممکن است بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل 100 mL/min و به مدت حداقل یک ساعت در درون ظرف آزمایش هواگیری شود.

۲- محلول آزمایش ممکن است قبل از انتقال دادن آن در ظرف آزمایش بوسیله گازخنثی با نرخ حداقل 100 mL/min به مدت حداقل یک ساعت هواگیری شود و پس از هواگیری محلول و آب بندی کردن ظرف آزمایش مجدداً محلول آزمایش بایستی بوسیله گاز خنثی به مدت حداقل ۲۰ دقیقه هواگیری شود.

۳- روشهای دیگر هواگیری چنانچه قبل از ورود گاز H_2S بطور کامل منجر به هواگیری گردد ممکن است استفاده شود .

محلول آزمایش باید پس از هواگیری بوسیله گاز H_2S با نرخ حداقل 100 mL/min به مدت حداقل ۲۰ دقیقه در لیتراشباع شود. جریان مداوم گاز H_2S در ظرف آزمایش و خروجی آن بایستی با نرخ کم (فشار پایین) در تمام طول مدت آزمایش انجام شود. میزان غلظت گاز H_2S و جریان و فشار بسیار ناچیز آن صرفاً برای جلوگیری از ورود هوا در درون ظرف آزمایش از طریق نشتی های کوچک است. وقتی گاز H_2S در درون ظرف آزمایش دمیده می شود، درصورت وجود نا خالصی های اکسیژن یک ابر کدر رنگ در ظرف آزمایش ظاهر می شود. بنابراین در صورت ظاهر شدن ابر کدر رنگ بر روی گاز H_2S بایستی آزمایش مردود در نظر گرفته شود و نمونه های آزمایش فوراً از درون ظرف خارج و تمیز شوند و محلول آزمایش نیز بایستی منتقل و تعویض گردد و نهایتاً هواگیری مجدد انجام شود. مدت زمان ۷۲۰ ساعت یا زمانی که نمونه های آزمایش دچار شکست شدند به عنوان پایان آزمایش محسوب می شود. بنابر این هر کدام از موارد مذکور زودتر اتفاق افتاد بایستی آزمایش را پایان داد.

بررسی شکست (Failure Detection) :

آلیاژهایی که نمونه های آزمایش آنها در تنشهای بسیار بالایی بصورت قابل توجه ای مستعد به ترکهای محیطی (EC) می باشند ممکن است در تمام ضخامت آنها ترک ایجاد شود یا ترک بطور بسیار آسان در آنها رشد کند. ایجاد ترک در آلیاژهایی که نسبت به ترک های محیطی مقاومت بیشتری دارند بطور آرام شروع می شود و مشخص کردن آنها نیز بسیار دشوار می باشد. ترکهای ریز ممکن است در نقاط مختلف متریال شروع به رشد کنند ولی بوسیله محصولات خوردگی محو شوند، بنابراین ، اولین ترکی که در بزرگ نمایی 10X مشخص گردید بهتر است آنرا به عنوان معیار شکست گزارش نمود. یک روش پیشنهادی برای مشخص کردن ترک ها در نمونه های آزمایش C-Ring این است که پس از آزمایش اولیه میتوان میزان تنش بر روی نمونه ها رانسبت به میزان تنش اصلی که در آزمایش انجام گردید افزایش داد تا اینکه ترکها آشکار شوند. در روش آزمون C ، ترک های محیطی (EC) به علت خاصیت پوسیده شدن (خوردگی) سطح آنها نسبت به ترک های مکانیکی قابل تشخیص می باشند.

ثبت و گزارش نتایج آزمایش (Reporting of Result) :

اطلاعات مربوط به شکست یا عدم شکست (Failure / no failure) برای هر میزان تنش بایستی ثبت و گزارش شود. اگر اطلاعات مربوط به زمان شکست (Time-to-failure) ثبت شده است بایستی آن را گزارش نمود. اطلاعات مربوط به خواص شیمیایی، خواص مکانیکی، عملیات حرارتی و دیگر اطلاعات بدست آمده باید گزارش شوند. بخش اول و دوم جدول شماره ۳ مربوط به نمونه فرمت اطلاعات روش آزمون C می باشد.

TABLE 3—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 1): Testing in Accordance with NACE Standard TM0177[A] Method C—NACE Standard C-Ring Test

Submitting Company_____ Submittal Date_____
Submitted by _____ Telephone No._____ Testing Lab_____
Alloy Designation _____ General Material Type_____

Chemistry	Heat Number/Identification					
C Mn Si P S Ni Cr Mo V Al Ti Nb N Cu Other						
Material Processing History Melt Practice (e.g., OH, BOF, EF, AOD)[B]						
Product Form						
Heat Treatment (Specify time, temperature, and cooling mode for each cycle in process.)						
Other Mechanical, Thermal, Chemical, or Coating Treatment[C]						

TABLE 3—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 2):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177
Method C—NACE Standard C-RingTest

Lab Data for Material: _____ Tested per NACE Standard TM0177[A]

Test Specimen Geometry: Outside Diameter _____ Wall/Thickness _____ Width _____
Test Equipment: ☐ Bolting Material Same as Specimen
☐ Correction for Yield Applied

Chemistry: ☐ Test Solution A ☐ Test Solution B ☐ Test Solution C (define)_____ ☐ Other Test Solution _____

☐ Outlet Trap to Exclude Oxygen ☐ Temperature Maintained 24°C ±3°C (75°F ±5°F) ☐ Temperature Maintained _____±3°C (±5°F)

Material Identification	Test Specimen Properties							Applied Stress (% of Yield Strength)								Test Solution pH[E]		Applied Heat Treatment	Remarks (Including Surface Condition and H_2S Level)
	Location[B]	Orientation[C]	Yield Strength[D] ( )	Ultimate Tensile Strength ( )	Elongation (%)	Reduction In Area (%)	Hardness ( )									Start	Finish		
								Time-to-Failure (Hours) NF = No Failure at 720 hours											

● - بخش یازدهم- روش آزمون D- (Double – Cantilever – Beam)

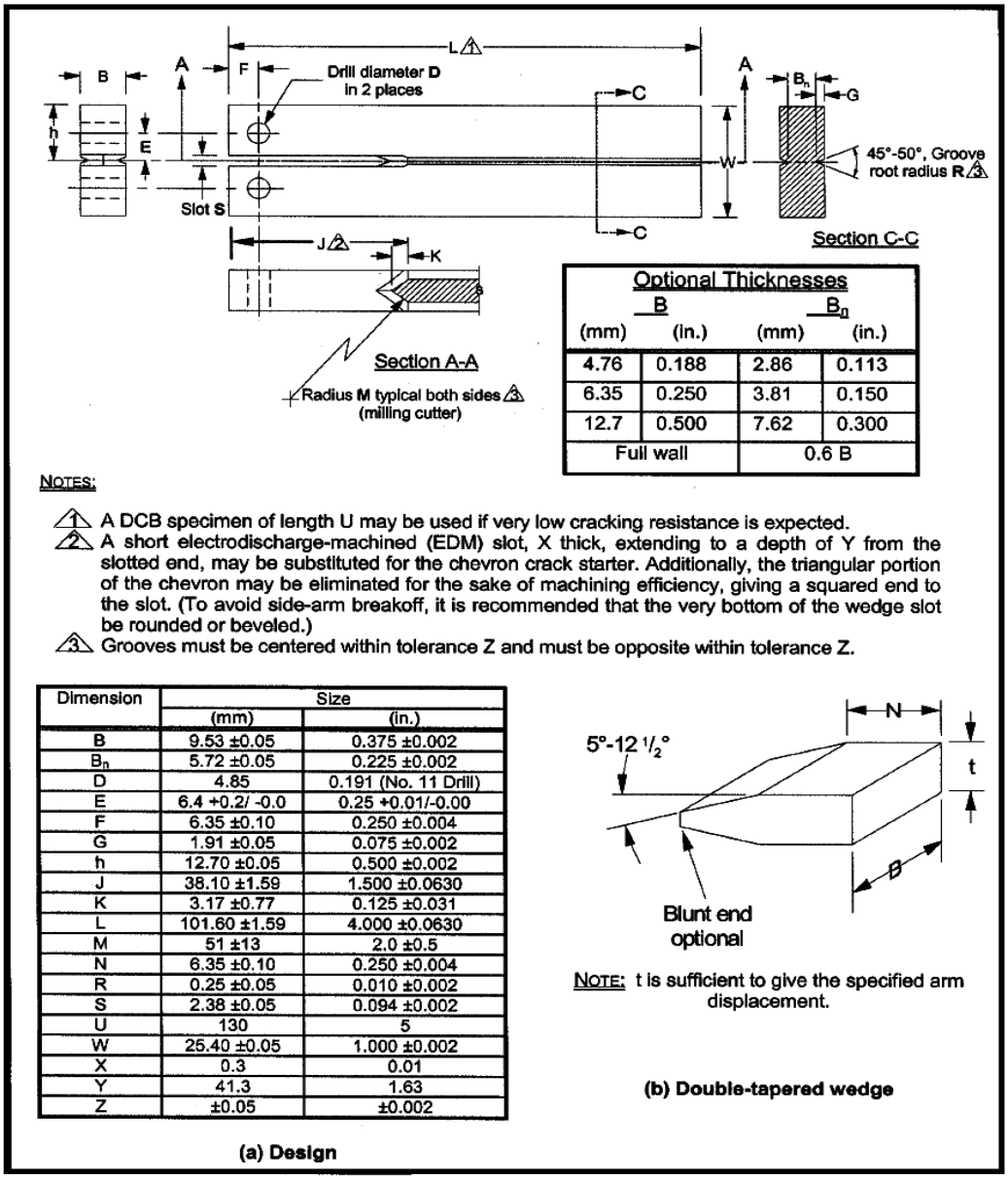
روش آزمون D برای ارزیابی مقاومت متریال های فلزی در برابر رشد (Propogation) ترک های محیطی که اصطلاحاً آن را فاکتور شدت تنش بحرانی (K_I) میگویند، انجام میگیرد. فاکتور شدت تنش در ترکهای ناشی از تنش سولفیدی به عنوان K_{ISSC} می باشد، و در موارد کلی دیگر فاکتور شدت تنش در ترک های محیطی به عنوان K_{IEC} شناخته می شود. مقاومت در برابر رشد ترک یکی از مباحث مکانیک شکست است. در روش آزمون DCB ، شروع ترک ها (Initiation) یا حفره های مشکوک بررسی نمی شود زیرا مکانیسم شروع ترک همیشه در آزمایشات وجود دارد. در روش آزمون D ، آزمایش SSC برای فولادهای کربنی و فولاد های کم آلیاژ به مدت زمان کمتری نیاز دارد. روش آزمون D هرگز نتایج ارزیابی شکست یا عدم شکست را بررسی نمیکند بلکه مقاومت یک فلز در مقابل رشد ترک را به صورت یک عدد ارائه مینماید. موضوع آزمایشات مکانیک شکست برای ارزیابی مقاومت در برابر رشد ترکهای محیطی اخیراً بوسیله NACE TG085 و کار گروه (WG) 085c و کمیته E 8.06.02 و G1.06.04 از استاندارد ASTM مطرح شده است. بنابراین استفاده کنندگان از این روش آزمون بایستی برای آشنایی با دانش و تکنیک آن با گروههای مذکور ارتباط فنی داشته باشند. آزمایش روش آزمون D در دمای محیط و فشار اتمسفر انجام می شود و میتواند فاکتورشدت تنش در آستانه خوردگی ناشی ازتنش سولفیدی (K_{ISSC}) را محاسبه کند. آزمایش روش DCB در دما و فشار بالا (Elevated Temprature/Pressure) بایستی مطابق با الزامات بخش هفتم استاندارد انجام شود و فاکتور شدت تنش در آن باید به عنوان K_{IEC} در نظر گرفته شود. محاسبه و ارزیابی K_{IEC} دقیقاً مشابه محاسبه K_{ISSC} می باشد.

نمونه آزمایش (Test Specimen):

نمونه های DCB بایستی مطابق با (تصویر ۸) باشند. برای بارگذاری بر روی نمونه های DCB باید از یک گوه (Wedge) استفاده شود. جنس گوه بایستی با کلاس یا جنس متریال نمونه های آزمایش یکسان باشد. برای افزایش سختی گوه ممکن است بر روی آن عملیات حرارتی یا کار سرد انجام شود تا در زمان بارگذاری از ایجاد سایش جلوگیری گردد. ممکن است برای جلوگیری از خوردگی، گوه ها بوسیله نوارهای تفلون (PTFE) محافظت شوند. ضخامت نمونه های آزمایش DCB باید 9.53mm اسمی باشد . ابعاد کامل نمونه های ازمایش باید مطابق با تصویر ۸ باشد. در آزمایشات مربوط به متریالهایی که K_{ISSC} پایین دارند (۲۲ تا ۲۷ مگا پاسکال) یا متریال هایی که استحکام تسلیم پایین تر دارند و ممکن است شروع ترک در آنها دشوار باشد، استفاده کردن از دستگاه EDM (Electrodischarge-Machined) کمک بسیار مفیدی در جلوگیری از

ترک های فرعی یا شاخه ای و شروع SCC میکند. خستگی پیش از ترک نمونه های آزمایش DCB بایستی در مدت زمان مناسب و در تنشهای متوالی تحت بارگذاری قرار بگیرند.

حدود ۱ تا ۳ میلی متر نزدیک به محل شیار V برای خستگی قبل از ترک (Fatigue Precracking) قابل قبول می باشد. برای اجتناب از نتایج اشتباه، حداکثر بار قبل از ترک بایستی کمتر از 70% از فاکتور شدت تنش اولیه مورد نظر (K_I) باشد که مقدار فاکتور شدت تنش معمولاً ۳۰ مگاپاسکال است یا ممکن است مقدار آن بوسیله گوه تعیین شود. میزان نسبت حداقل به حداکثر بار (Load) بایستی در حدود0.1 تا 0.2 باشد. مقدار بار گذاری قبل از ترک در نمونه های آزمایش بایستی ۲/۳ حداکثر باری باشد که ممکن است در ۲۰۰۰۰ سیکل تنش، ترک را در نقاط مختلف گسترش دهد.



Optional Thicknesses			
B		B_n	
(mm)	(in.)	(mm)	(in.)
4.76	0.188	2.86	0.113
6.35	0.250	3.81	0.150
12.7	0.500	7.62	0.300
Full wall		0.6 B	

NOTES:

1. A DCB specimen of length U may be used if very low cracking resistance is expected.
2. A short electrodischarge-machined (EDM) slot, X thick, extending to a depth of Y from the slotted end, may be substituted for the chevron crack starter. Additionally, the triangular portion of the chevron may be eliminated for the sake of machining efficiency, giving a squared end to the slot. (To avoid side-arm breakoff, it is recommended that the very bottom of the wedge slot be rounded or beveled.)
3. Grooves must be centered within tolerance Z and must be opposite within tolerance Z.

Dimension	Size	
	(mm)	(in.)
B	9.53 ±0.05	0.375 ±0.002
B_n	5.72 ±0.05	0.225 ±0.002
D	4.85	0.191 (No. 11 Drill)
E	6.4 +0.2/ -0.0	0.25 +0.01/-0.00
F	6.35 ±0.10	0.250 ±0.004
G	1.91 ±0.05	0.075 ±0.002
h	12.70 ±0.05	0.500 ±0.002
J	38.10 ±1.59	1.500 ±0.0630
K	3.17 ±0.77	0.125 ±0.031
L	101.60 ±1.59	4.000 ±0.0630
M	51 ±13	2.0 ±0.5
N	6.35 ±0.10	0.250 ±0.004
R	0.25 ±0.05	0.010 ±0.002
S	2.38 ±0.05	0.094 ±0.002
U	130	5
W	25.40 ±0.05	1.000 ±0.002
X	0.3	0.01
Y	41.3	1.63
Z	±0.05	±0.002

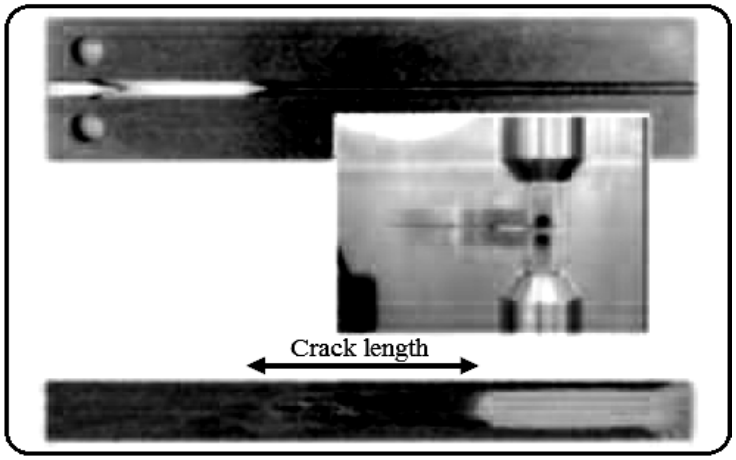
(a) Design

NOTE: t is sufficient to give the specified arm displacement.

(b) Double-tapered wedge

DCB Specimen

تصویر – ۸



کنترل ابعادی(Dimensional Check) :

ابعاد B، B_n، 2h و فاصله مرکز سوراخ ها از انتهای نمونه های آزمایش DCB بایستی اندازه گیری شوند. برای اندازه گیری B_n باید از میکرومتر تیغه ای (Blade Micrometer) استفاده شود.

مشخصات نمونه های آزمایش (Test Specimens Identification) :

مشخصات نمونه های آزمایش DCB بایستی بوسیله قلم های حکاکی یا استنسیل های ارتعاشی (Vibratory Stencile) در قسمت های انتهایی نمونه ها که در آن قسمت بوسیله گوه تحت تنش نمی باشند یا نزدیک به دو سوراخ تعبیه شده درج گردند.

تمیز کاری نمونه آزمایش (Test Specimen Cleaning) :

نمونه های آزمایش DCB باید بوسیله حلالهای شیمیایی گریس زدایی و چربی زدایی شوند و نهایتاً بوسیله استون شستشو شوند.

محلول آزمایش برای روش آزمون D- (Test Solution for Method D) :

محلول های A، B و C که با گاز H_2S اشباع شده اند می توانند در روش آزمون D استفاده شوند. برای اطلاعات بیشتر بخش ششم استاندارد مطالعه شود.

تجهیزات آزمایش (Test Equipment) :

اندازه ظرف آزمایش باید طوری باشد که برای هر نمونه آزمایش گنجایش یک لیتر محلول داشته باشد. حجم محلول آزمایش نسبت به سطوح نمونه ها بایستی ۱۰ تا ۱۲ میلی لیتر بر سانتی متر مربع باشد حداکثر حجم محلول آزمایش بایستی ۱۰ لیتر باشد تا اشباع محلول آزمایش بوسیله گاز H_2S به آسانی انجام شود. ممکن است برای آسان قرار دادن گوه در درون نمونه های آزمایش، یک نگهدارنده کوچک به گیره میز متصل شود و برای ایجاد فواصل یکسان در نمونه های آزمایش بایستی از یک ورق یا نگهدارنده دیگر استفاده شود. همچنین برای ورود گاز H_2S و گاز خنثی بایستی از یک دمنده شیشه ای که در زیر نمونه های آزمایش قرار دارد، استفاده شود و حباب های گازی نباید هیچ برخوردی با سطوح نمونه های آزمایش داشته باشند.

ترتیب آزمایش (Testing Sequence) :

برای اندازه گیری شیار (Slot) بایستی از فیلر گیج (Feeler Gauge) استفاده شود. از آنجایی که شدت تنش اولیه بر روی مقدار نهایی K_{ISSC} فولاد های کربنی و فولادهای کم آلیاژ تاثیر میگذارد، برای مقاومت گرید های چنین متریالهایی در برابر SSC بایستی ضخامت گوه ها در آزمایش طوری انتخاب شوند که Arm Displacement آنها مطابق جدول زیر (جدول ۴) باشند.

Arm Displacement در روش آزمون D برای همه گریدهای فولاد نباید بیشتر از حداکثر میزان مجاز در جدول شماره ۴ باشد.

TABLE 4—Arm Displacements for API and Other Grade Oilfield Tubular Steels

Grade[A]	Yield Strength Range		Acceptable Arm Displacement (δ)	
	MPa	(ksi)	mm	(0.001 in.)
L-80	552-655	(80-95)	0.71-0.97	(28-38)
C-90	621-724	(90-105)	0.64-0.89	(25-35)
C-95, T-95	655-758	(95-110)	0.58-0.84	(23-33)
Grade 100[B]	689-793	(100-115)	0.51-0.76	(20-30)
Grade 105[B]	724-827	(105-120)	0.46-0.71	(18-28)
Grade 110[B]	758-862	(110-125)	0.38-0.64	(15-25)
P-110	758-965	(110-140)	0.25-0.64	(10-25)
Q-125	862-1,030	(125-150)	0.25-0.51	(10-20)

[A] API grades unless noted otherwise.
[B] Non-API grades.

جدول شماره ۵ دستورالعمل های انتخاب ضخامت گوه برای آزمایش فولادهای کربنی و فولادهای کم آلیاژی که در جدول۴ ذکر نشده اند و نیز آلیاژهای دیگر را ارائه میدهد.

TABLE 5—Suggested Arm Displacements for Selected Alloys and Strength Levels

Material Yield Strength		Arm Displacement (δ), mm (0.001 in.)[A]									
MPa	(ksi)	Low-Alloy Steels[B]		UNS J91540		Duplex Stainless Steels		UNS N10276		Ti-3-8-6-4-4	
552	(80)	0.71-1.07	(28-42)	0.64-0.89	(25-35)	—		—		—	
621	(90)	0.58-0.89	(23-35)	0.46-0.71	(18-28)	—		—		—	
689	(100)	0.48-0.79	(19-31)	0.20-0.46	(8-18)	—		—		—	
827	(120)	0.33-0.58	(13-23)	—		0.89-1.02	(35-40)	—		—	
965	(140)	0.20-0.46	(8-18)	—		0.64-0.89	(25-35)	—		1.02-1.52	(40-60)
1,100	(160)	0.18-0.38	(7-15)	—		—		1.27-1.78	(50-70)	—	
1,240	(180)	0.15-0.30	(6-12)	—		—		1.02-1.27	(40-50)	—	

[A] These values apply at the indicated yield strength, not over a range of yield strengths. Therefore, the user should interpolate or extrapolate to the actual yield strength of the alloy being used.
[B] For oilfield tubular steels, use Table 4.

فولادهایی که استحکام تسلیم (Yield Strenght) آنها زیر ۵۵۰ مگا پاسکال (80 KSI) می باشد، ممکن است Arm Displacement آنها از طریق معادله های زیر انجام شود :

$$\delta\,(\text{mm}) = \left[2.02 - \frac{\text{YS (MPa)}}{530} \pm 0.13\,\text{mm} \right] \qquad (7a)$$

$$\delta\ (\text{in.}) = \left[0.080 - \frac{\text{YS (ksi)}}{1{,}953} \pm 0.0050\,\text{in.} \right] \qquad (7b)$$

Arm Displacement های ذکرشده در جداول فوق مربوط به آزمایش در دمای محیط می باشند، اما تجربیات اخیر نشان داده است، فولادهایی که در دمای بالا یا در دما و محیط آرامتر در محلولی به غیر از محلول A آزمایش شده اند ممکن است برای ایجاد شروع و رشد ترک به Arm Displacement های بیشتری بجز آنهایی که در جداول فوق آمده اند نیاز باشد. بنابراین باید مقدار Arm Displacement های مشخصی برای آزمایش در دمای بالا یا آزمایش در محلول آرامتر پیشنهاد شود و ممکن است آزمایشات مقدماتی برای چنین Arm Displacement هایی انجام شود. انتخاب ضخامت گوه در روش آزمون D باید به دقت انجام شود. برای محاسبه Arm Displacement، بایستی ابتدا فاصله اولیه میان سوراخهای نمونه های آزمایش را اندازه گیری نمود، سپس گوه ها باید در درون شیار نمونه ها (Slot) قرار بگیرند طوریکه با نمونه های آزمایش DCB یکسان و یکنواخت گردند، پس از آن بایستی مجدداً فاصله میان سوراخها اندازه گیری شود و Arm Displacement واقعی محاسبه می شود. اگر مقدار واقعی Arm Displacement های مربوط به فولادهای کربنی و فولاد های کم آلیاژ که در جدول ۵ ذکر شده اند از میزان مجاز مورد نظر کمتر باشند، ممکن است یک گوه جدیدتر در درون شیار نمونه ها قرار بگیرد تا مقدار قابل قبول Arm Displacement بدست آید.

اگر مقدار Arm Displacement واقعی از میزان مجاز مورد نظر بیشتر باشد باید گوه خارج شود و بایستی قبل از بارگذاری مجدد بر روی نمونه های آزمایش، خستگی قبل از ترک یا EDM Slot افزایش یابد تا نمونه ها در منطقه پلاستیک، تغییر شکل یابند. نمونه های آزمایش DCB بایستی بوسیله حلالهای شیمیایی گریس زدایی یا چربی زدایی شوند سپس بوسیله استون شستشو شوند. نمونه های آزمایش خستگی قبل از ترک باید در حالت خشک تمیز شوند و پس از تمیزکاری بایستی در درون ظرف آزمایش قرار بگیرند و برای هر نمونه آزمایش DCB باید یک لیتر محلول در نظر گرفته شود. در واقع محلول آزمایش نسبت به سطوح نمونه های آزمایش بایستی ۱۰تا ۱۲ میلی لیتر در هر سانتیمتر مربع باشد. محلول آزمایش باید بوسیله یکی از روشهای پیشنهادی زیر هواگیری شود تا نسبت به عدم ورود گاز اکسیژن ، قبل از تزریق گاز H_2S در محلول اطمینان حاصل گردد :

۱- محلول آزمایش ممکن است بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل 100 mL/min و به مدت حداقل یک ساعت در درون ظرف آزمایش هواگیری شود.

۲- محلول آزمایش ممکن است قبل از انتقال دادن آن در ظرف آزمایش بوسیله گاز خنثی با نرخ حداقل 100 mL/min به مدت حداقل یک ساعت هواگیری شود و پس از هواگیری محلول و آب بندی کردن ظرف آزمایش، بایستی محلول آزمایش مجدداً بوسیله گاز خنثی به مدت حداقل ۲۰ دقیقه هواگیری شود.

۳- روشهای دیگر هواگیری چنانچه قبل از ورود گاز H_2S بطور کامل منجر به هواگیری گردد ممکن است استفاده شود.

محلول آزمایش باید پس از هواگیری بوسیله گاز H_2S با نرخ حداقل ۲۳۰۰ میلی گرم بر لیترانجام شود. وقتی محلول D استفاده می شود حداقل غلظت H_2S باید ۱۶۰ میلی گرم بر لیتر باشد، همچنین تزریق گاز بایستی در حدود ۲ ساعت باشد. وقتی گاز H_2S در درون ظرف آزمایش دمیده می شود، درصورت وجود نا خالصی های اکسیژن یک ابر کدر رنگ در ظرف آزمایش ظاهر می شود. بنابراین در صورت ظاهر شدن ابر کدر رنگ بر روی گاز H_2S بایستی آزمایش مردود در نظر گرفته شود و نمونه های آزمایش فوراً از درون ظرف خارج و تمیز شوند و محلول آزمایش نیز بایستی منتقل و تعویض گردد و نهایتاً هواگیری مجدد انجام شود. دمای محلول آزمایش در تمام مدت آزمایش بایستی در محدوده دمایی 24 ± 1.7 درجه سانتیگراد باشد زیرا مقدار K_{ISSC} در فولاد های کم آلیاژ در دمای نزدیک به دمای محیط بطور قابل توجه ای متفاوت و متغیر می باشند. بنابراین بایستی به طور مکرر دمای محلول بررسی و ثبت شود و نهایتاً میانگین آن در گزارش نهایی ثبت شود. مدت زمان آزمایش DCB برای فولاد های کربنی و فولاد های کم آلیاژ بایستی ۱۴ روز باشد. متریال های استنلس استیل و فلزات غیر آهنی (Nonferrous) همچون فلزات پایه نیکل (Ni)، پایه زیرکونیوم (Zr)، پایه تیتانیوم (Ti) و نیکل-

مس (Ni/Co) در آزمون روش D به مدت زمان بیشتری نیاز دارند، زیرا بایستی اطمینان حاصل گردد که رشد ترک در متریال های مذکور متوقف شده است. بنابراین مدت زمان کافی و مناسب برای آزمایش چنین متریالهایی ۷۲۰ ساعت می باشد تا در این فاصله زمانی رشد ترک به نهایت خود رسیده باشد. در هرصورت مدت زمان آزمایش بایستی بین اعضاء مسئول، توافق شده باشد و در نتایج آزمایش ثبت و گزارش گردد. تمیز کردن و برداشتن رسوبات و محصولات خوردگی از روی سطح نمونه های آزمایش باید بوسیله سند بلاست یا Vapor Honing (تمیز کاری و صیقل کردن از طریق اسپری ذرات ساینده ریز بوسیله بخار) و یا وسایل دیگری که سطوح نمونه ها را تخریب نمیکند، انجام شود. پس از بدست آمدن نمودار بار بر جابجایی (Load-vs-Displacement) و مشخص شدن تعادل بار ناشی از گوه (P)، میتوان گوه ها را خارج نمود و نمونه های آزمایش بایستی برای بررسی ترک های سطحی باز شوند. برای بررسی ترک ها در نمونه های آزمایش DCB ممکن است به ماشین کشش نیاز باشد اما درفولادهای فریتی (Ferritic Steel) این کار آسان تر و بوسیله قرار دادن نمونه های آزمایش در مایع بسیارسرد نیتروژن انجام میگیرد، سپس بوسیله چکش یا قلم های درزی (Chisel) از همدیگر جدا می شوند.

ارزیابی K_{ISSC} - K_{ISSC} (Determination of K_{ISSC}) :

برای تعیین مقدار K_{ISSC} باید شکست های سطحی ایجاد شده بر روی نمونه های آزمایش بررسی شوند و بایستی دارای ویژگی های ذکر شده در پاراگراف 11.6.1 از استانداردNACE TM0177 باشند. اگر آزمایش DCB ویژگی های ذکر شده در پاراگراف فوق را داشته باشد مورد قبول می باشد. در نمونه های آزمایش DCB، فاصله انتهای شیار (Slot) تا محل دقیق نوک ترک بایستی بوسیله کولیس های مدرج (Dial Caliper) اندازه گیری شوند و از این فاصله اندازه گیری شده بایستی برای بدست آوردن طول ترک، 6.35 mm کم شود. در صورت هرگونه تردیدی ممکن است مرز شکست های ترد (شکست های ناشی از SCC) قبل از جداسازی نمونه ها بوسیله تکنیک Staining یا پس از جدا سازی بوسیله میکروسکوپ الکترونی کنترل و بررسی شوند. فاکتور شدت تنش در آزمایش SSC برای نمونه هایی که ضخامت پایین دارند (Flat) بایستی به صورت معادله شماره 8 انجام شود و فاکتور شدت تنش برای نمونه هایی که ضخامت کامل دارند (Curved) بایستی به صورت معادله شماره 9 محاسبه شود، معادله شماره 9 از محاسبه معادله شماره 10 بدست می آید :

گزارش نتایج آزمایش (Reporting of Test Result) :

مقدار K_{ISSC} و Arm Displacement مربوط به همه نمونه های آزمایش بایستی گزارش شوند. اطلاعات مربوط به خواص شیمیایی، خواص مکانیکی، عملیات حرارتی و دیگر اطلاعات مربوط به آزمایش بایستی گزارش شوند. بخش اول و دوم جدول شماره ۶ مربوط به نمونه فرمت گزارش روش آزمون D می باشد :

$$K_{ISSC}\ (\text{flat DCB test specimen}) = \frac{Pa(2\sqrt{3} + 2.38h/a)(B/B_n)^{1/\sqrt{3}}}{Bh^{3/2}} \qquad (8)$$

where:

K_{ISSC} = threshold stress intensity factor for SSC;
P = equilibrium (final) wedge load, measured in the loading plane;
a = crack length, as described in Paragraph 11.6.2;
h = height of each arm;
B = DCB test specimen thickness; and
B_n = web thickness.

(For any dimension that was found in Paragraph 11.2.7.1 to lie outside the specified tolerance, this actual dimension, rather than the nominal, shall be used to compute K_{ISSC}.)

11.6.3.1 Calculation check:

Data:	B = 9.53 mm	(0.375 in.);
	B_n = 5.72 mm	(0.225 in.);
	h = 12.7 mm	(0.500 in.);
	P = 1,870 N	(421 lbf);
	a = 46.48 mm	(1.830 in.); and
	K_{ISSC} = 35.3 MPa√m	(32.1 ksi√in.).

11.6.4 The stress intensity factor for SSC of full-wall thickness (curved) DCB test specimens shall be computed using Equation (9).[18]

$$K_{ISSC}\text{ (curved DCB test specimen)} = \left(\frac{3I}{Bh^3}\right)^{1/2} K_{ISSC}\text{ (flat DCB test specimen)} \quad (9)$$

where:

K_{ISSC} (flat DCB test specimen) is calculated using Equation (9); and

Quantity I is computed from Equation (10) as follows:

$$I = -\frac{h}{4}\left(\frac{D^2}{4}-h^2\right)^{3/2} + \frac{D^2h}{32}\left(\frac{D^2}{4}-h^2\right)^{1/2} + \frac{D^4}{128}\sin^{-1}\left(\frac{2h}{D}\right) + \frac{h}{4}\left[\left(\frac{D}{2}-B\right)^2-h^2\right]^{3/2} - \frac{h}{8}\left(\frac{D}{2}-B\right)^2\left[\left(\frac{D}{2}-B\right)^2-h^2\right]^{1/2} - \frac{1}{8}\left(\frac{D}{2}-B\right)^4\sin^{-1}\left(\frac{2h}{D-2B}\right) \quad (10)$$

TABLE 6—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 2):
Testing in Accordance with NACE Standard TM0177
Method D—NACE Standard DCB Test

Lab Data for Material: _____ **Tested in accordance with NACE Standard TM0177[A]**

DCB Specimen Geometry: ☐ Standard ☐ Nonstandard: Thickness _____ Height (2h) _____ Length _____
☐ Galvanic Couple _____ ☐ Fatigue Precrack ☐ EDM Crack Starter

Chemistry: ☐ Test Solution A ☐ Test Solution B ☐ Test Solution C (define) _____ ☐ Other Test Solution _____

☐ Outlet Trap to Exclude Oxygen ☐ Temperature Maintained 24° ±1.7°C (75° ±3.0°F) ☐ Temperature Maintained _____ ±1.7°C (±3.0°F)

Material Identification			DCB Test Specimen Properties[D]					Data for Valid Tests										Test Solution pH		Remarks (Including Surface Condition and H_2S Level)
	Location[B]	Orientation[C]	Yield Strength[D] ( )	Ultimate Tensile Strength ( )	Elongation (%)	Reduction in Area (%)	Hardness ( )	Arm Displacement (δ) ( )				$K_{I_{SCC}}$ or $K_{I_{EC}}$( )								Start	Finish	
								1	2	3	4	1	2	3	4	Mean	Std. Dev.			

[A] Test method must be fully described if not in accordance with NACE Standard TM0177.
[B] Location of test specimen may be: tubulars—outside diameter (OD), midwall (MW), or inside diameter (ID); solids—surface (S), quarter-thickness (QT), midradius (MR), center (C), or edge (E).
[C] Orientation may be longitudinal (L) or transverse (T).
[D] Open parentheses must be filled with metric or English units, as appropriate to the data. Yield strength is assumed to be 0.2% offset unless otherwise noted.[E] Enter pH for test conducted on nonfailed DCB test specimen at highest stress if summarizing data.

TABLE 6—NACE Uniform Material Testing Report Form (Part 1): Testing in Accordance with NACE Standard TM0177[A] Method D—NACE Standard DCB Test

Submitting Company_____ Submittal Date_____
Submitted by _____ Telephone No._____Testing Lab_____
Alloy Designation _____General Material Type_____

Chemistry	Heat Number/Identification					
C Mn Si P S Ni Cr Mo V Al Ti Nb N Cu Other						
Material Processing History Melt Practice (e.g., OH, BOF, EF, AOD)[B]						
Product Form						
Heat Treatment (Specify time, temperature, and cooling mode for each cycle in process.)						
Other Mechanical, Thermal, Chemical, or Coating Treatment[C]						

[A] Test method must be fully described if not in accordance with TM0177.
[B] Melt practice: open-hearth (OH), basic oxygen furnace (BOF), electric furnace (EF), argon-oxygen decarburization (AOD).
[C] E.g., cold work, plating, nitriding, prestrain.

بنابراین، از آنجایی که ترک های ناشی از SSC و SCC ممکن است خسارات مالی برای تجهیزات صنعتی و به علت وجود H_2S خطرات جانی برای نیروهای انسانی ایجاد نمایند، در این نگارش ابتدا بطور اجمالی به بررسی علل پدیده ترکهای ناشی از تنش خوردگی(SCC) و ترک های ناشی از تنش سولفیدی (SSC) پرداخته شده است. راههای شناسایی و راههای جلوگیری از خطرات این گونه ترک ها نیز در ادامه مبحث مورد بررسی قرار گرفته است. درپایان مبحث نیز بطور تفصیلی الزامات روشهای عملی و آزمایشگاهی مربوط به آنها بر اساس استاندارد NACE TM0177 ویرایش سال ۲۰۱۶ میلادی به صورت کاربردی شرح داده شده است. مباحث و مطالب این نگارش هرگز موجب عدم مراجعه به استاندارد نمی شود زیرا این استاندارد جامع ترین و کامل ترین مرجع و منبع در زمینه روشهای آزمایشگاهی SSC و SCC می باشد. با این وجود فراگیران بایستی اطلاعات جامع و تکمیلی و دقیق تر را از مطالب و الزامات استاندارد اقتباس نمایند.

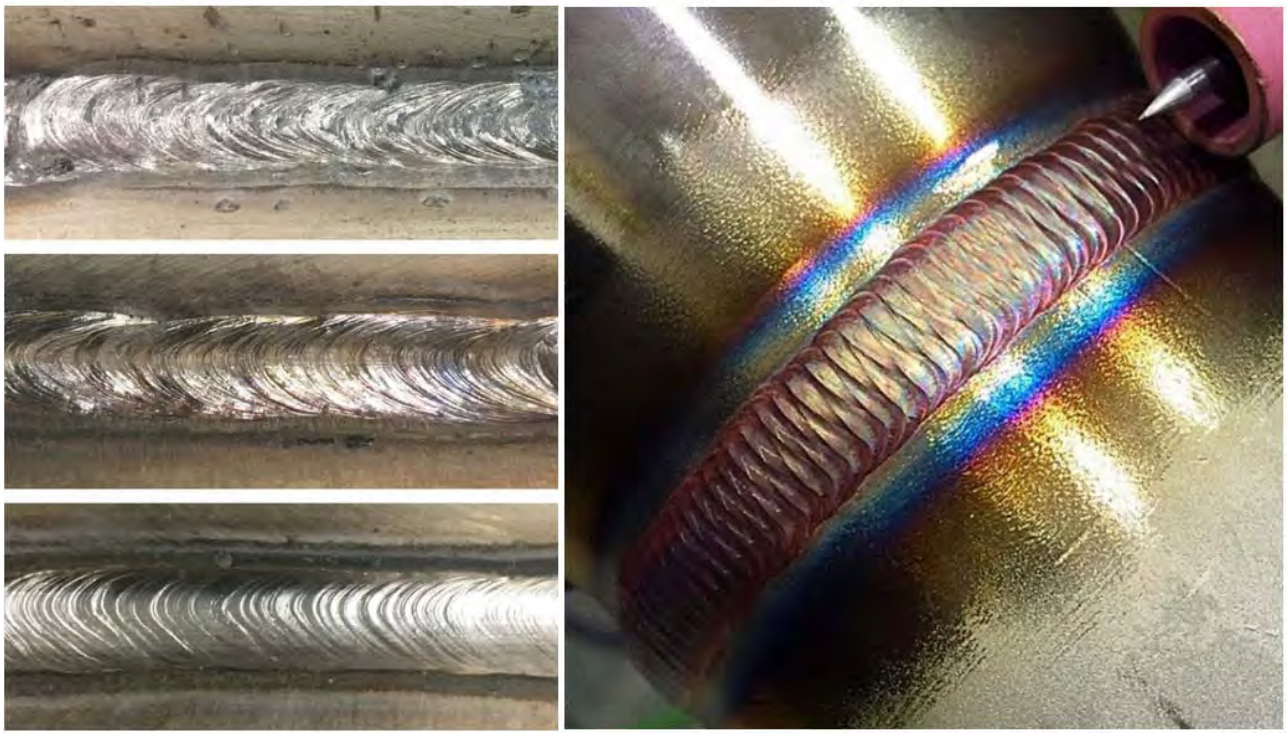
Reference:

1- NACE TM0177 Laboratory “Testing of Metal for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking inH_2S Environments”
2- ISO-8044 “Corrosion of Metals and Alloys – Basic Terms and Definition”
3- ASTM D 1193 “Standard Specification for Reagent Water”
4- ASTM A370 “Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of Steel Products”
5- ASTM G 38 “Standard Practice for Making and Using C - Ring Stress Corrosion Test Specimens”

فصل پنجم

❋- (WQT) Welder Qualification Test

❋- در دو فرآیند جوشکاری (SMAW & GTAW)



*- مقدمه :

هدف از تست جوشکار این است که توانایی جوشکار برای تولید جوشهای لب به لب یا جوشهای گوشه ای (Fillet) سالم با استفاده از PQR هایی که قبلاً تأیید شده اند تعیین گردد.

به همان اندازه که برای تهیه‌ی WPS و انجام PQR استاندارد مرجع مهم است برای WQT، تست جوشکار نیز مهم است. چون تست جوشکار بر اساس WPS تأیید شده انجام می شود بنابراین می توان گفت که مرجع استاندارد تست جوشکار از مرجع تهیه‌ی WPS و PQR تبعیّت می کند. به تعبیری می توان گفت به استناد پاراگراف QW-301.2، تا مدرک فنی WPS تأیید شده ای نباشد در حقیقت تست جوشکار امکان پذیر نمی باشد.

ARTICLE III
WELDING PERFORMANCE QUALIFICATIONS

QW-300 GENERAL

QW-301 TESTS

QW-301.1 Intent of Tests. The performance qualification tests are intended to determine the ability of welders and welding operators to make sound welds.

QW-301.2 Qualification Tests. Each organization shall qualify each welder or welding operator for each welding process to be used in production welding. The performance qualification test shall be welded in accordance with qualified Welding Procedure Specifications (WPS), or Standard Welding Procedure Specifications (SWPS) listed in Mandatory Appendix E, except that when performance qualification is done in accordance with a WPS or SWPS that requires a preheat or postweld heat treatment, these may be omitted.

شکل-۵۹۵ : تست جوشکار بر اساس WPS

***- پاراگراف 300 (GENERAL)

***- پاراگراف 300 – کلیات

***- پاراگراف 301 (TESTS)

***- پاراگراف 301 – تستها

*- پاراگراف 301.1 (Intent of Tests)

*- پاراگراف 301.1 – هدف از تستها: تست های واجد شرایط بودن عملکرد برای تعیین توانایی جوشکارها و اپراتورهای جوشکاری در تولید جوشهای سالم در نظر گرفته شده است.

*- پاراگراف 301.2 (Qualification Tests)

*- پاراگراف 301.2 – تستهای ارزیابی کیفی: هر سازنده یا پیمانکار باید هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری خود را برای هر فرآیندی که در حین اجراء باید مورد استفاده قرار گیرد مورد ارزیابی کیفی قرار داده و صلاحیت ایشان را به تأیید برساند. تستهای جوشکاران باید طبق WPS های تأیید شده یا WPS های استاندارد WPSs مندرج در ضمیمهٔ E انجام شود با این استثناء که زمانیکه این تستها مطابق WPS یا WPS های استانداردی انجام شود که به پیش گرمایش یا PWHT نیاز دارند این عملیات می تواند برای تست جوشکاران حذف گردند.

- **<u>توجه:</u>** در پاراگراف فوق بصراحت قید شده که تست جوشکار می بایستی بر اساس یک WPS یا یک SWPS تأیید شده انجام شود اما در انتها یک استثناء قائل شده است مبنی بر اینکه ***به جز وقتی که صلاحیت عملکرد مطابق با (WPS) یا (SWPS) انجام شود که نیاز به پیش گرم یا عملیات حرارتی پس از جوش دارد ، در این حالت ممکن است این موارد حذف شوند. حال منظور این قسمت از پاراگراف فوق در حقیقت چیست؟

توضیحات لازم: احتمالاً به طور معمول، جوشکاران را با استفاده از WPS هایی آزمایش می کنند که نیاز به پیشگرم کم (۱۵ درجه سانتیگراد) دارند و نیازی به PWHT نداشته باشند. اگر بنا به دلایلی تصمیم گرفته شد که جوشکار را واجد شرایط کنید و از WPS مواد P-No. 5A پیروی کنید که مطابق آن به پیشگرم کردن ۱۵۰ درجه سانتیگراد و PWHT احتیاج داشته باشد ، می توانید او را آزمایش کنید ولی پیشگرم نکنید و یا تست کوپن جوشکار را PWHT نکنید. یعنی اگر WPS تأیید شده مربوط به متریال P-No. 5A می باشد و نیاز به ۱۵۰ درجه سانتیگراد پیشگرم و PWHT دارد شما می توانید برای تست جوشکار مسئله‌ی پیشگرم و PWHT را حذف کنید.

محدوده هایی که برای تست جوشکار در نظر گرفته می شود، در استانداردهای مختلف متفاوت است. بطور مثال به چند نمونه از این گونه اختلاف محدودیتها دقت شود:

*- مقایسه ای ساده از تست جوشکار در دو استاندارد API 1104 و ASME Section IX

●- تست جوشکار در استاندارد API 1104

این استاندارد برای خطوط لوله انتقال سیالات مایع (نفت) و گاز بوده که در این استاندارد برای تست جوشکار دو نوع روش پیشنهاد شده است :

a)- روش Single Qualification در API 1104

در این روش دو قطعه لوله با طول مناسب پس از مونتاژ و آماده سازی، توسط جوشکار در حالت مشخصی جوشکاری می شود و در نهایت پس از تأیید جوش توسط آزمایش رادیوگرافی، آن جوشکار با در نظر گرفتن محدودیتهای قطر و ضخامت، برای جوشکاری در آن حالت یا حالتهایی که استاندارد مجاز دانسته است، مجاز به جوشکاری می گردد. در این روش جوشکار می تواند بجای تمام قطر لوله بخشی از قطر لوله را جوشکاری نماید با این شرط که تمامی شرایط حالت مورد نظر را دارا باشد.

شکل-۵۹۶ : تست جوشکار به روش Single Qualification

b)- روش Multiple Qualification در API 1104

در این روش دو تست بر روی حداقل سایز ۶ اینچ گرفته می شود. یکی بصورت جوش لب به لب در حالت 5G و تست بعدی یک لوله هم سایز همین لوله بصورت اتصال (Branch) به سمت پایین گرفته می شود. در واقع بصورت یک اتصال T شکل . مراحل آماده سازی این اتصال به این شکل است که لوله ای که قرار است بصورت اتصال (Branch) انتخاب شود لبه های آن بصورت زیر برشکاری می شود. در ضمن محل اتصال این Branch با لوله‌ی اصلی Run باید سوراخ کاملی ایجاد شود. این سوراخ کمک می کند به برش قطعات مورد نیاز برای تستهای Nick-Break از قطعه‌ی تست جوشکار.

شکل-۵۹۷ : آماده سازی قطعه تست برای تست جوشکار به روش Multiple Qualification

شکل-۵۹۸ : آماده سازی قطعه تست برای تست جوشکار به روش Multiple Qualification

شکل-۵۹۹ : آماده سازی و جوش قطعه تست برای تست جوشکار به روش Multiple Qualification

بعد از برشکاری و لبه سازی مناسب به قطعه‌ی اصلی یا باصطلاح Run به سمت پایین مونتاژ شود. جوشکار باید در همین حالت اتصال مزبور را جوشکاری نماید و مطمئناً جوش ساده ای برای جوشکار نخواهد بود.

این توضیحات در مورد این دو تست مطابق استاندارد API 1104 داده شد تا بعد بتوان مقایسه ای ساده با استاندارد ASME Section IX داشت. اختلاف این دو استاندارد بصورت خیلی ساده به شرح زیر است:

۱- در ابتدا در استاندارد API 1104 برای تست یک جوشکار هم می توان از لوله Pipe Nipples استفاده کرد و هم از بخشی از لوله تحت عنوان Sigement of Pipe Nipples با این شرط که این بخش از لوله تمامی شرایط جوش یک لوله‌ی کامل را دارا باشد.

اما این وضعیت در استاندارد ASME Section IX به این صورت نیست. در استاندارد ASME Section IX جوشکار باید لوله را بدون در نظر گرفتن سایز آن بصورت کامل جوشکاری نماید دلیل این کار هم سنجش مهارت جوشکار در دو سمت لوله است چون ممکن است بعضی از جوشکاران سمت راست لوله را بهتر از سمت چپ لوله جوشکاری کنند و برخی عکس این حالت، اما وقتی هر دو سمت را باید جوش دهد مهارت جوشکار در دو سمت سنجیده می شود.

۲- محدوده های قطر لوله در استاندارد API 1104 با همین محدوده در استاندارد ASME Section IX متفاوت است. به این محدوده های دو استاندارد دقت شود.

محدوده های قطر در استاندارد API 1104

۱- لوله های با قطر خارجی کمتر از 2 in.

۲- لوله های با قطر خارجی 2 in. تا لوله های با قطر خارجی 12 in.

۳- لوله های با قطر خارجی بیشتر از 12 in.

محدوده های قطر در استاندارد ASME Section IX

۱- لوله های با قطر خارجی کمتر از 1 in.

۲- لوله های با قطر خارجی 1 in. تا لوله های با قطر خارجی $2\ ^{7}/_{8}$ in.

۳- لوله های با قطر خارجی بیشتر از $2\ ^{7}/_{8}$ in.

با توجه به محدوده های قطر در استاندارد ASME Section IX مشخص می شود که محدودیتی در رابطه با حداکثر قطر ندارد در صورتی که در استاندارد API 1104 برای حداکثر قطر محدودیت وجود دارد.

محدوده های ضخامت در استاندارد API 1104

۱- ضخامت دیوارۀ اسمی لوله کمتر از 4.8 mm

۲- ضخامت دیوارۀ اسمی لوله از 4.8 mm تا ضخامت دیوارۀ اسمی لوله 19.1 mm

۳- ضخامت دیوارۀ اسمی لوله بیشتر از 19.1 mm

در استاندارد API 1104 ضخامت بیشتر از 19.1 mm برای جوشکار ضخامت QUALIFIED نامحدود را تأیید می کند.

محدوده های ضخامت در استاندارد ASME Section IX

۱- همه‌ی ضخامتهای زیر 13 mm

۲- ضخامتهای 13 mm و بیشتر

در استاندارد ASME Section IX ضخامت بیشتر از 13 mm برای جوشکار ضخامت QUALIFIED نامحدود را تأیید می کند.

در استاندارد API 1104 تست مخربی که برای قطعه‌ی تست جوشکار انجام می شود تست Nick-break است در صورتی که در استاندارد ASME Section IX اصلاً از این تست استفاده نمی شود.

اگر پارامترهای مربوط به تست جوشکار در دو استاندارد مذکور بصورت دقیق بررسی شوند می توان اختلافهای بیشتری را مشخص کرد. اما برای مقایسهٔ این دو استاندارد به همین تعداد بسنده می شود.

البته باید توجه کرد که محدودهٔ کاربرد استاندارد API 1104 فقط در حوزهٔ خط لوله است در صورتی که دامنهٔ فعالیت استاندارد ASME Section IX بسیار گسترده است. این استاندارد در حقیقت یک استاندارد مرجع است برای خیلی از استانداردهاست که در زمینه های مختلف فعالیت می کنند مثل استانداردهای ساخت مخازن ذخیره ای، مخازن تحت فشار، سیستم های لوله کشی های صنعتی، و تحت شرایط خاصی خطوط انتقال لوله و غیره...

در این بخش بصورت مفصل به بحث تست جوشکار پرداخته می شود. بخش سوم از استاندارد ASME Section IX مربوط به تست جوشکار است. سعی شده مطالب مهمی که در رابطه با تست جوشکار در این بخش قید شده مورد بررسی قرار گیرد.

***- پاراگراف QW-300 (GENERAL)

*- پاراگراف QW-300.1

ارزیابی کیفی جوشکاران برای هر فرآیندی توسط متغیرهای اساسی محدود شده است. این متغیرها در QW-350 لیست شده و در Article IV Welding Data تعریف شده اند. ارزیابی کیفی اپراتور جوشکاری برای هر نوع جوش توسط متغیرهای اساسی ارائه شده در QW-360 محدود شده است.

یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری می توانند توسط آزمایشات غیر مخرب بر روی تست کوپن یا اولین اتصالاتی که در عمل جوشکاری می نمایند با در نظر گرفتن محدودیتهای QW-304 و QW-305 و یا بوسیله‌ی انجام تستهای خمش بر روی تست کوپن هایشان تأیید صلاحیت گردند.

به منظور ایجاد استمرار صلاحیت عملکرد ، استمرار واجد شرایط بودن جوشکار یا اپراتور جوشکاری از زمان تکمیل جوشکاری قطعه (های) آزمایشی آغاز می شود ، به شرط انجام تست مورد نیاز و قابل قبولی نتایج تست به دست آمده.

***- پاراگراف QW-301 (Tests)

*- پاراگراف QW-301.1 (Intent of Tests)

*- پاراگراف QW-301.1 هدف از تستها : تستهای ارزیابی کیفی جوشکاران بدین منظور است تا توانائی جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری برای تولید جوشهای سالم معین گردد.

*- پاراگراف QW-301.2 (Qualification Tests)

*- پاراگراف 301.2 – تستهای ارزیابی کیفی: هر سازنده یا پیمانکار باید هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری خود را برای هر فرآیندی که در حین اجراء باید مورد استفاده قرار گیرد مورد ارزیابی کیفی قرار داده و صلاحیت ایشان را به تأیید برساند. تستهای جوشکاران باید طبق WPS های تأیید شده یا WPS های استاندارد WPSs مندرج در ضمیمهٔ E انجام شود با این استثناء که زمانیکه این تستها مطابق WPS یا WPS های استانداردی انجام شود که به پیش گرمایش یا PWHT نیاز دارند این عملیات می تواند برای تست جوشکاران حذف گردند.

تغییرات خارج از حدی که منجر به لزوم ارزیابی کیفی مجدد می شود برای جوشکاران در QW-350 و برای اپراتورهای جوشکاری در QW-360 آورده شده است. الزامات قابل قبول آزمایشات رادیوگرافی، مکانیکی و چشمی در QW-304 و QW-305 شرح داده شده است. تستهای مجدد و تجدید ارزیابی کیفی در QW-320 آورده شده است. جوشکار یا اپراتور جوشکاری که تست کوپنهای PQR هائی را جوشکاری می تماید که الزامات QW-200 را بر آورده می کند در محدوده

های تست جوشکار که در QW-304 برای جوشکاران و در QW-305 برای اپراتورهای جوشکاری لیست شده اند نیز مورد تأیید می باشد. او تنها در محدودهٔ وضعیت های مشخص شده در QW-303 مورد تأیید می باشد.

***- پاراگراف QW-302 (Type of Test Required)

***- پاراگراف QW-302 نوع تست لازم شده

*- پاراگراف QW-302.1 (Mechanical Tests)

*- پاراگراف QW-302.1 تستهای میکانیکی

به استثنای مواردی که ممکن است برای فرآیندهای ویژه (QW-380) مشخص شود ، نوع و تعداد نمونه های تست مورد نیاز برای آزمایش مکانیکی مطابق با QW-452 می باشد. نمونه های تست جوش شیاری باید به روشی مشابه آنچه در شکل QW-463.2 (a) تا QW-463.2 (g) نشان داده شده است، برداشته شوند. نمونه های تست جوش گوشه ایی (Fillet) باید به روشی مشابه آنچه در شکلهای QW-462.4 (a) تا QW-462.4 (d) و شکل QW-463.2 (h) نشان داده شده است، برداشته شوند.

کلیه آزمایشهای مکانیکی باید الزامات شرح داده شده در QW-160 یا QW-180 هنگام اجرائی شدن رعایت کنند.

*- پاراگراف QW-302.2 (Volumetric NDE)

*- پاراگراف QW-302.2 آزمایشات غیر مخرب

- **آزمایشات غیر مخرب:** زمانیکه جوشکار یا اپراتور جوشکاری مطابق با QW-304 و QW-350 توسط آزمایشات غیر مخرب تأیید صلاحیت می گردند، حداقل طول جوش تست کوپن که مورد آزمایش قرار می گیرد باید 6 in. (150 mm) بوده و شامل کل جوش محیطی لوله باشد با این استثناء که برای لوله های قطر کم ممکن است چند تست کوپن مورد نیاز باشد ولی تعداد تست کوپن ها حداکثر چهار عدد می باشد همچنین تکنیک آزمایش و ضوابط پذیرش باید مطابق با پاراگراف QW-191 باشد.

***- پاراگراف QW-304 (Welders)

***- پاراگراف QW-304 جوشکاران: به استثناء الزامات خاص QW-380 ، هر جوشکاری که تحت مقررات کُد جوشکاری می کند باید آزمایشات مکانیکی و چشمی را که به ترتیب در QW-302.1 و QW-302.4 شرح داده شده از سر بگذراند. به عنوان جایگزین جوشکارانی که توسط فرآیندهای PAW, GTAW, SAW & SMAW و GMAW (به جز فرآیند جوشکاری Short-circuiting mode برای آزمایش رادیوگرافی) یا ترکیبی از این فرآیند ها، اتصالات شیاری را جوشکاری می نمایند می توانند توسط آزمایشات غیر مخرب مطابق با پاراگراف QW-191 تأیید صلاحیت گردند، مگر در مورد متریالهای P-No.21 تا و P-No.26 ، P-No.51 تا و P-No.53 و P-No.61 تا و P-No.62 . البته جوشکارانی که اتصالات شیاری متریالهای P-No.21 تا و P-No.26 ، P-No.51 تا وP-No.53 را با فرآیند GTAW جوشکاری می کنند نیز می توانند توسط آزمایشات غیر مخرب طبق QW-191 تأیید صلاحیت گردند و آزمایشات غیر مخرب باید مطابق با QW-302.2 باشد.

جوشکاری که صلاحیت دارد تا مطابق با یک WPS تأیید شده جوشکاری نماید همچنین می توانند مطابق با سایر WPS های تأیید شده با بکاربردن همان فرآیند و در محدودهٔ متغیرهای اساسی QW-350 جوشکاری نماید.

*- پاراگراف QW-304.1 (Examination)

*- پاراگراف QW-304.1 آزمایش: جوش انجام شده بر روی تست کوپن جوشکار را می توان توسط آزمایشات چشمی و مکانیکی مطابق پاراگرافهای QW-302.1 و QW-302.4 یا توسط آزمایشات غیر مخرب مطابق پاراگراف QW-302.2 برای فرآیندها و شیوه انتقال قوس مشخص شده در پاراگراف QW-304 آزمایش نمود. به عنوان جایگزین، حداقل 6 in. (150

(mm از طول اولین جوشهای انجام شده‌ی هر جوشکار توسط فرآیندها و یا شیوه های انتقال قوس مشخص شده در QW-304 می تواند بوسیله‌ی آزمایشات غیر مخرب مورد آزمایش قرار گیرد.

(a)- برای لوله یا لوله های جوشکاری شده در وضعیت های 5G و 6G یا وضعیتهای خاص، تمامی جوش محیطی انجام شده توسط جوشکار باید مورد آزمایش قرار گیرد.

(b)- برای لوله های با قطر کم که طول جوش محیطی آنها تامین کنندهٔ حداقل طول لازم اشاره شده در بالا نیست اتصالات بیشتری باید توسط جوشکار، جوشکاری شود با این استثناء که جمع تعداد اتصالات جوشکاری شده نباید از ۴ مورد بیشتر شود.

(c)- تکنیک آزمایش و ضوابط پذیرش برای جوشهای تولید شده باید مطابق با QW-191 باشد.

*- پاراگراف QW-304.2 (Failure to Meet Examination Standards)

*- پاراگراف QW-304.2 عدم رعایت استانداردهای آزمایش: اگر جوش انجام شده ای که برای تأیید صلاحیت جوشکار انتخاب شده، استانداردهای آزمایش را تامین ننماید آن جوشکار در تست مردود شده است. در این صورت کل جوشهای انجام شده بوسیله‌ی این جوشکار باید مورد آزمایش قرار گیرد و توسط یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری صلاحیت دار تعمیر گردد. به عنوان جایگزین آنطور که در QW-320 اجازه داده شده می توان جوشکار را مجداً تست نمود.

***- پاراگراف QW-306 (Combination of Welding Processes)

***- پاراگراف QW-306 ترکیبی از فرآیندهای جوشکاری: هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری برای فرآیندهائی که لازم است در جوشکاری حین عملیات ساخت مورد استفاده قرار دهد باید در محدوده های داده شده در QW-301 مورد ارزیابی کیفی قرار گیرد. یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری می تواند برای احراز صلاحیت برای جوشکاری بر روی یک تست کوپن فقط از یک فرآیند و یا چند فرآیند استفاده نماید. دو یا چند جوشکار یا اپراتور جوشکاری هر کدام می توانند برای تأیید صلاحیت با استفاده از فرآیندهای یکسان یا متفاوت بر روی یک تست کوپن جوشکاری نمایند.

برای تأیید صلاحیت در مواردی که از چند فرآیند بر روی یک تست کوپن استفاده می شود حدود ضخامتهای فلز جوش رسوب یافته و تست خمش و تست جوش گوشه ای (Fillet) در QW-306 آورده شده است و باید برای هر جوشکار یا اپراتور جوشکاری بصورت انفرادی در مورد هر فرآیند جوشکاری یا جائیکه تغییری در متغیرهای اساسی رخ می دهد مورد ملاحظه قرار گیرند.

جوشکار یا اپراتور جوشکاری که با انجام چند فرآیند بر روی یک تست کوپن تأیید صلاحیت گردیده، صلاحیت این را دارد تا در عملیات ساخت با هر کدام از این فرآیندها به تنهایی یا در ترکیبهای مختلف، جوشکاری نماید مشروط بر آنکه او در محدودهٔ تأیید شده‌ی هر فرآیند، جوشکاری نماید.

نکتهٔ مهم: عدم موفقیت در هر قسمت از تست ترکیبی از چند فرآیند بر روی یک تست کوپن به معنی مردود شدن جوشکار در حالت ترکیبی می باشد.

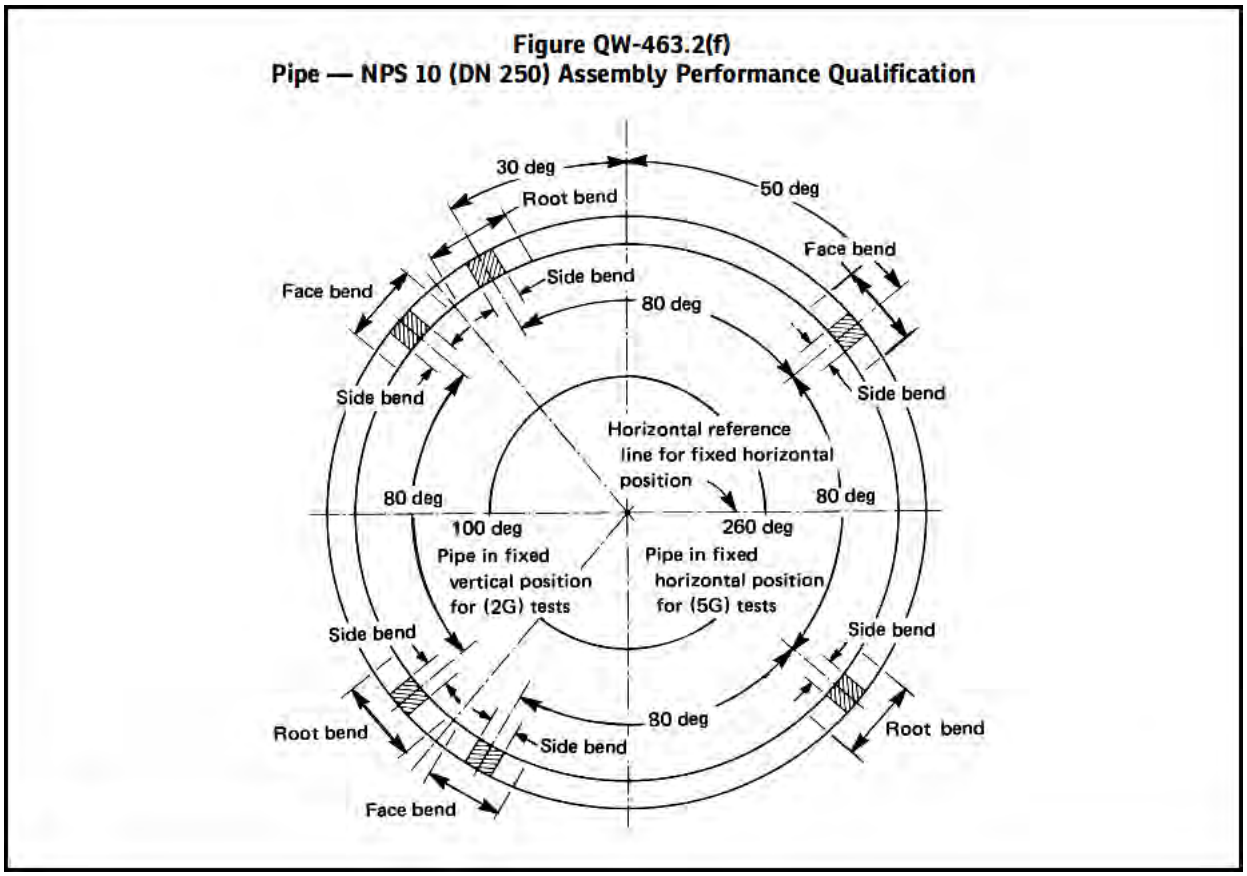
***- پاراگراف QW-310 (QUALIFICATION TEST COUPONS)

***- پاراگراف QW-310 تست کوپن های ارزیابی کیفی

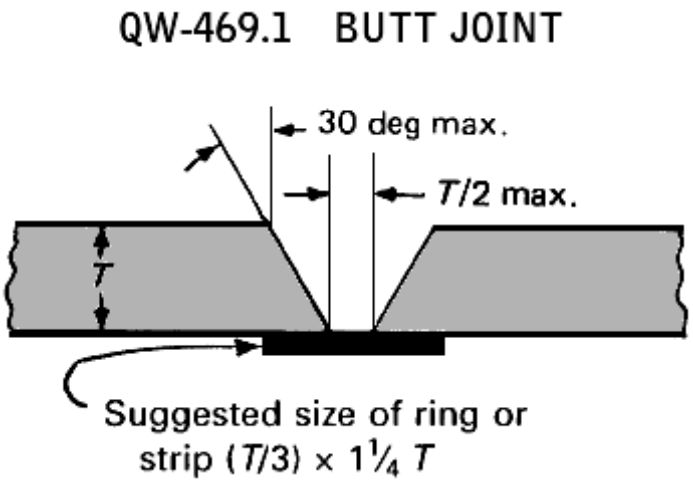
*- پاراگراف QW-310.1 (Test Coupons)

*- پاراگراف QW-310.1 تست کوپن ها: تست کوپن ها می توانند ورق، لوله یا شکل دیگری از محصول باشند. زمانیکه برای تأیید صلاحیت جوشکار برای جوشکاری در تمامی وضعیتها بر روی لوله، جوشکاری بر روی لوله ای در هر دو وضعیت 2G و 5G (مطابق شکل 461.4) انجام می شود، لوله هائی با قطرهای NPS 6 (DN 150) و NPS 8 (DN 200) و

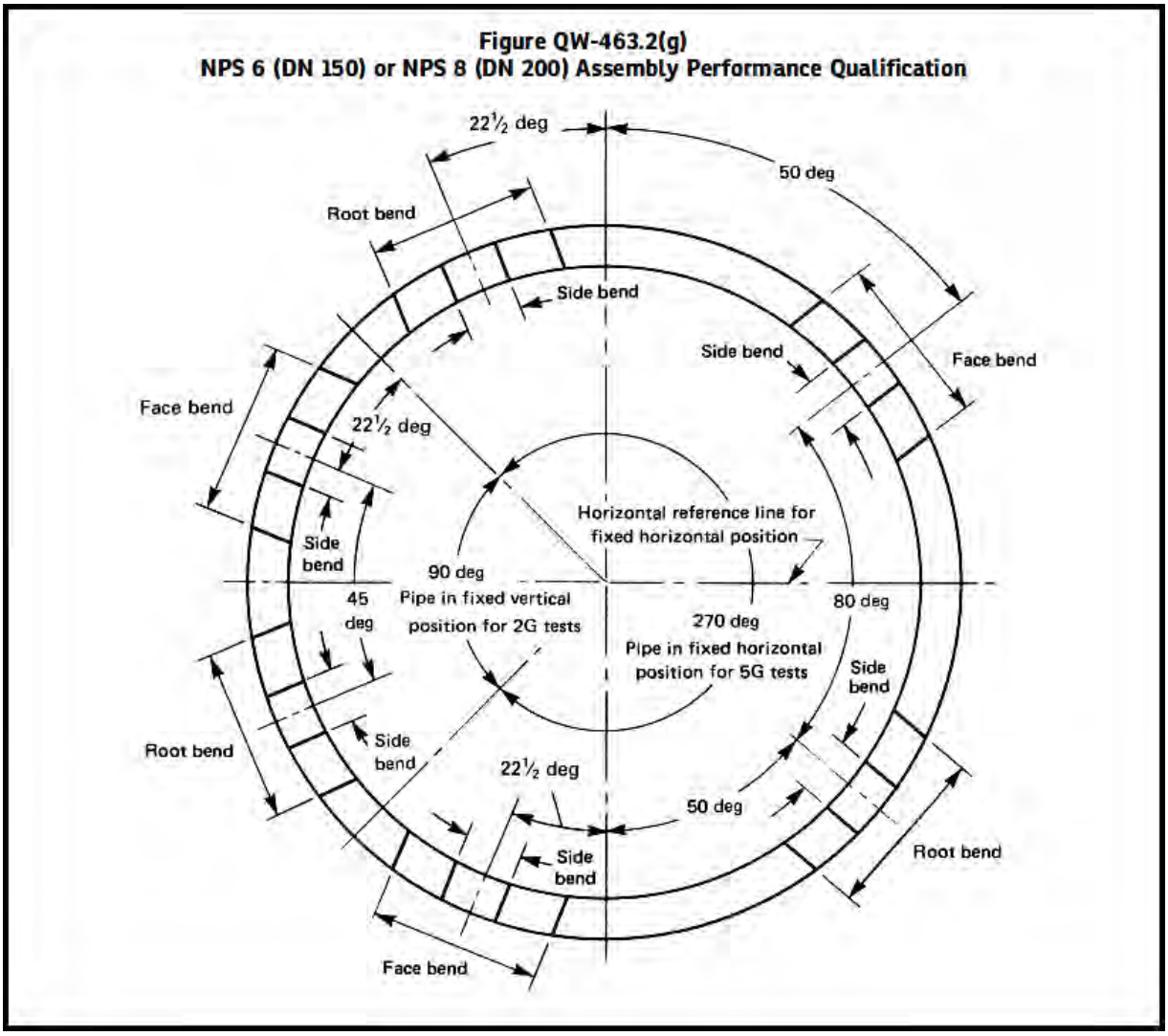
NPS 10 (DN 250) یا بیشتر باید بکار برده شود تا نمونه های تست برای لوله های با قطر NPS 10 (DN 250) یا بیشتر مطابق شکل QW-463.2(f) و برای لوله های NPS 8 (DN 200) , NPS 6 (DN 150) مطابق شکل QW-463.2(g) از آنها تهیه شود.



شکل-۶۰۰ : شکلهای QW-463.2(f) لوله .in 10 برای تهیه نمونه های لازم برای ارزیابی کیفی عملکرد جوشکار



شکل-۶۰۱ : شکل QW-469.1 جوش شیاری با پشت بند



شکل-۶۰۲ : شکلهای QW-463.2(f) لوله .in 6 & 8 برای تهیه نمونه های لازم برای ارزیابی کیفی عملکرد جوشکار

*- پاراگراف QW-310.2 (Welding Groove With Backing)

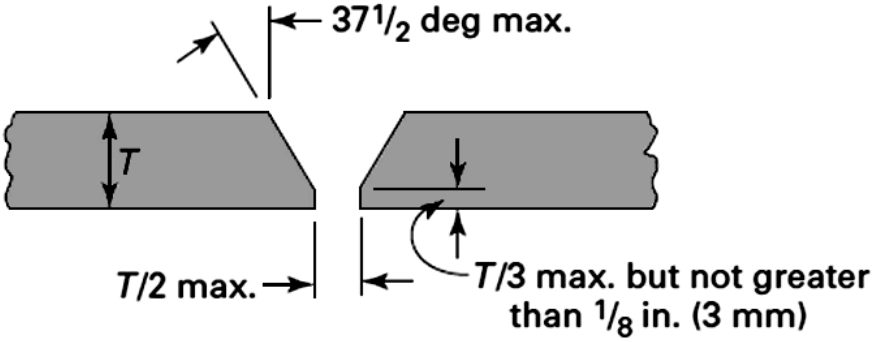
*- پاراگراف QW-310.2 جوش شیاری با پشت بند: ابعاد شیار جوش تست کوپن بکار رفته برای تست تأیید صلاحیت جوشکار، برای جوشهای شیاری دو طرفه یا جوشهای شیاری یک طرفه با تسمهٔ پشت بند (Backing) باید همانند ابعادی باشد که در WPS های سازنده تأیید گردید یا باید همانند ابعادی باشد که در شکل QW-469.1 نشان داده شده است.

جوش شیاری یک طرفه بر روی یک تست کوپن با تسمهٔ پشت بند (Backing) یا جوش شیاری دو طرفه بر روی تست کوپن باید به مثابه جوش با (Backing) تلقی گردد. جوشهای شیاری با نفوذ جزئی و جوشهای گوشه ای (Fillet) نیز باید به مثابه جوش با (Backing) تلقی گردد.

*- پاراگراف QW-310.3 (Welding Groove Without Backing)

*- پاراگراف QW-310.3 جوش شیاری بدون پشت بند: ابعاد شیار جوش تست کوپن بکار رفته برای تست تأیید صلاحیت جوشکار، برای جوشهای شیاری یک طرفه بدون تسمهٔ پشت بند (Backing) باید همانند ابعادی باشد که در WPS های سازنده تأیید گردید یا باید همانند ابعادی باشد که در شکل QW-469.2 نشان داده شده است.

QW-469.2 ALTERNATIVE BUTT JOINT



شکل-۶۰۳ : شکل QW-469.2 جوش شیاری بدون پشت بند

***- پاراگراف QW-320 (RETESTS AND RENEWAL OF QUALIFICATION)

***- پاراگراف QW-320 تست مجدد و تجدید تأیید صلاحیت

***- پاراگراف QW-321 (Retests)

***- پاراگراف QW-321 تست های مجدد: جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در یک یا چند تست شرح داده شده در QW-304 یا QW-305 مردود می شود می تواند تحت شرایط زیر مجدداً تست شود.

*- پاراگراف QW-321.1 (Immediate Retest Using Visual Examination)

*- پاراگراف QW-321.1 تست مجدد بلافاصله با استفاده از آزمایشات چشمی: چنانچه جوش انجام شده بر روی تست کوپن در مرحلهٔ آزمایشات چشمی مطابق QW-302.4 مردود گردد تست مجدد انجام شده باید قبل از انجام تست های مکانیکی مورد آزمایشات چشمی قرار گیرد.

پس اگر بلافاصله بعد از مردود شدن تست مجدد انجام شود جوشکار یا اپراتور جوشکاری باید دو تست کوپن را یکی بعد از دیگری برای هر وضعیتی که در آن مردود شده جوشکاری نماید بطوری که واجد الزامات آزمایشات چشمی باشند، بازرس جوش می تواند یکی از این دو نمونه را که از نظر چشمی قبول شده اند برای انجام تستهای مکانیکی انتخاب نماید.

*- پاراگراف QW-321.2 (Immediate Retest Using Mechanical Testing)

*- پاراگراف QW-321.2 تست مجدد بلافاصله با استفاده از تستهای مکانیکی

زمانیکه تست کوپن در مرحلهٔ تستهای مکانیکی QW-302.1 مردود شده است، تست مکانیکی باید تجدید شود. اگر بلافاصله بعد از مردود شدن، تست مجدد انجام شود جوشکار یا اپراتور جوشکاری باید دو تست کوپن را یکی بعد از دیگری برای هر وضعیتی که در آن مردود شده جوشکاری نماید بطوری که واجد الزامات تست باشند.

*- پاراگراف QW-321.3 (Immediate Retest Using Volumetric NDE)

*- پاراگراف QW-321.3 تست مجدد بلافاصله با استفاده از تستهای غیر مخرب

زمانیکه تست کوپن ها در نتیجه‌ی آزمایشات غیر مخرب مطابق پاراگراف QW-302.2 مردود شده اند تست مجدد بلافاصله باید توسطه همان روش انجام شود.

(a)- برای جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری در مورد ورق باید دو تست کوپن هر کدام به طول 6 in. (150 mm) و در مورد لوله از دو تست کوپن یا بیشتر با قطری مشابه که جمعاً 12 in. (300 mm) از جوش که باید شامل جوش محیطی

کامل لوله یا لوله ها باشد، رادیوگرافی می شود. (برای لوله های با قطر کوچک نیازی نیست که تعداد کوپن ها بیشتر از هشت لوله باشد)

(b)- بنا به اختیار سازنده، جوشکاری که در آزمایشات جایگزین Production weld ها مردود شده می تواند با آزمایش جوشهای اضافی معادل دو برابر طول جوش یا تست کوپن های مشخص شده در QW-304.1 مجدداً تست شود. اگر جوشهای تست مجدد شده قابل قبول بودند صلاحیت آن جوشکار تأیید شده و جوشهای تست قبلی که مردود شده بودند باید توسط خودش و یا یک جوشکار تأیید صلاحیت شده تعمیر گردند. ولی اگر جوشهای تست مجدد شده الزامات استاندارد را برآورده ننماید آن جوشکار در تست مجدد مردود شده و باید تمامی جوشهای انجام شده توسط او بطور کامل آزمایش شده و اتصالات معیوب توسط جوشکار یا اپراتور جوشکاری صلاحیت دار تعمیر گردند.

(c)- بنا به اختیار سازنده، اپراتور جوشکاری که در آزمایشات جایگزین Production weld ها مردود شده می تواند با آزمایش جوشهای اضافی معادل دو برابر طول جوش یا تست کوپن های مشخص شده در QW-305.1 مجدداً تست شود. اگر جوشهای تست مجدد شده قابل قبول بودند صلاحیت آن اپراتور جوشکار تأیید شده و جوشهای تست قبلی که مردود شده بودند باید توسط خودش و یا یک اپراتور جوشکار تأیید صلاحیت شده تعمیر گردند. ولی اگر جوشهای تست مجدد شده الزامات استاندارد را برآورده ننماید آن اپراتور جوشکار در تست مجدد مردود شده و باید تمامی جوشهای انجام شده توسط او بطور کامل آزمایش شده و اتصالات معیوب توسط جوشکار یا اپراتور جوشکاری صلاحیت دار تعمیر گردند.

*- پاراگراف QW-321.4 (Further Training)

*- پاراگراف QW-321.4 آموزش اضافی : زمانیکه جوشکار یا اپراتور جوشکاری تمرینات یا آموزشهای بیشتری را از سر گذراند، تست جدیدی در وضعیتهایی که مردود شده باید از او بعمل آید.

- اگر جوشکاری در تست جوشکاری مردود شود، تست مجدد او چه زمانی انجام می شود؟

در استاندارد ASME Section IX-2019 زمان مشخصی برای این منظور قید نشده است. این زمانها و محدودیتها بیشتر در مشخصات فنی پروژه ها قید می شوند. در اینجا قسمتی از مشخصات فنی یک پروژه را مرور می کنیم:

11.0 RETEST AND RENEWAL OF QUALIFICATION

11.1 As an all-embracing approach, in the mutual opinion of the CONTRACTOR and the TPA/COMPANY's Inspectors, the welder/welding operator who fails to pass the qualification test may be given a second opportunity to be qualified. No further retests shall be given until the welder has submitted a proof of subsequent training that shows he has kept practice within a period of at least two weeks. A welder that fails a retest may not retest again for two months, if his ability and skill were found poor.

11.2 Welder and welding operator qualification certificates shall normally be valid for one year from qualification performance date.

شکل-۶۰۴ : پاراگراف ۱۱ از مشخصات فنی یک پروژه

*- پاراگراف 11.0- تست مجدد و ارزیابی کیفی مجدد

*- پاراگراف 11.1- به مثابهٔ یک توافق دوجانبه بین بازرسین پیمانکار و TPA یا کارفرما، جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در تست مردود می شود می توان فرصت دیگری برای تست داد. هیچ تست مجددی انجام نمی شود مگر اینکه جوشکار مدارکی دال بر طی دوره های آموزشی ارائه بدهد که نشان بدهد حداقل دو هفته تمرین کرده است. جوشکاری که در این تست نیز مردود شود، اگر معلوم شود که توانائی و مهارتش ضعیف است نمی تواند تا دو ماه دیگر مورد تست مجدد قرار گردد.

*- پاراگراف 11.2- گواهینامه کیفیت (Certificate) جوشکار یا اپراتور جوشکاری باید معمولاً از تاریخ انجام برای یک مدت یک ساله اعتبار داشته باشد.

***- پاراگراف QW-322 (EXPIRATION, REVOCATION, AND…)

***- پاراگراف QW-322 انقضاء، لغو و تمدید صلاحیت

*- پاراگراف QW-322.1 (Continuity and Revocation of Qualification)

*- پاراگراف QW-322.1 استمرار و ابطال صلاحیت: صلاحیت یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری متأثر از موارد زیر است.

(a)- استمرار: صلاحیت عملکرد جوشکار یا اپراتور دستگاه جوشکاری باید معتبر باقی بماند ، مشروط بر اینکه بیش از ۶ ماه از زمان آخرین استفاده در فرآیند جوشکاری تحت نظارت و کنترل سازمان (های) واجد شرایط یا سازمان شرکت کننده ، که به ترتیب در QG-106.2 و QG-106.3 مشخص شده است.

(۱)- جوشکاری که از فرآیند دستی و یا نیمه اتوماتیک استفاده کند یا؛

(۲)- اپراتور جوشکاری که از فرآیند اتوماتیک یا ماشینی استفاده کند.

(b) – ابطال: زمانیکه دلائل خاص وجود دارد که توانایی جوشکارها یا اپراتورهای دستگاه جوشکاری در بر آوردن الزامات مشخصات فنی زیر سوال می برد صلاحیت او باید لغو گردد. سایر صلاحیت های ایشان که مورد سوال قرار نگرفته اند به قوت خود باقی می مانند.

*- پاراگراف QW-322.2 (Renewal of Qualification)

*- پاراگراف QW-322.2 تجدید صلاحیت

(a)- صلاحیتهای منقضی شده مطابق با QW-322.1 می تواند برای هر فرآیندی با جوشکاری یک تست کوپن خواه ورق و خواه لوله در مورد هر متریال، ضخامت یا قطر و در هر وضعیت مطابق با الزامات QW-301 و با موفقیت انجام تست های مورد نیاز QW-302 تجدید گردند. موفقیت این آزمایشات، صلاحیت قبلی جوشکار یا اپراتور جوشکاری را برای آن فرآیند، آن متریال، آن ضخامتها، قطرها، وضعیت ها و سایر متغیرهائی که او قبلاً تأیید صلاحیت شده بود، تجدید می کند. مشروط بر آنکه الزامات QW-304 و QW-305 بر آورده گردد تجدید صلاحیت تحت پاراگراف QW-322.1(a) می تواند بر روی جوشهای تولید شده (Production Work) انجام شود.

(b)- جوشکاران یا اپراتورهای جوشکاری که صلاحیتشان مطابق با مقررات QW-322.1(b) لغو گردیده باید مجدداً مورد ارزیابی کیفی قرار گیرند. در این ارزیابی باید از تست کوپنی استفاده شود که متناسب با فعالیتهای جوشکاری برنامه ریزی شده باشد. تست کوپن باید مطابق با الزامات QW-301 جوشکاری شده و مطابق با الزامات QW-302 تست شود. موفقیت در این تستها صلاحیت آنها را به حال اول بر می گرداند.

***- پاراگراف QW-350 (WELDING VARIABLES FOR WELDERS)

***- پاراگراف QW-350 متغیرهای جوشکاری برای جوشکاران

***- پاراگراف QW-351 (General)

***- پاراگراف QW-351 کلیات: هر گاه تغییری در یک یا چند متغیر اساسی که برای هر فرآیند جوشکاری وجود دارد، روی بدهد صلاحیت جوشکار باید مجدداً مورد ارزیابی قرار گیرد. زمانیکه ترکیبی از چند فرآیند جوشکاری استفاده می شود صلاحیت هر جوشکار باید برای فرآیند یا فرآیندهای جوشکاری خاصی که در عمل باید مورد استفاده قرار دهد مورد ارزیابی قرار گرفته و تأیید گردد. یک جوشکار می تواند توسط هر فرآیند بتنهایی و یا توسط ترکیبی از چند فرآیند بر روی یک تست کوپن مورد آزمایش تعیین صلاحیت قرار گیرد.

حدود ضخامت فلز جوش که او (جوشکار) در آن محدوده تعیین صلاحیت می گردد بستگی به ضخامت تقریبی فلز جوش رسوب یافته در هر فرآیند منهای بخشهای تقویتی جوش Weld Reinforcement دارد. این ضخامت همانطور که در QW-452 آورده شده باید به عنوان ضخامت تست کوپن مد نظر گرفته شود.

در عملیات اجرائی جوشکاری، جوشکاران نمی توانند فلز جوش را بیشتر از آنچه که توسط QW-452 برای هر فرآیندی که آنها تأیید صلاحیت گردیده اند، رسوب دهند.

*- جدول متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار

***- جدول QW-353 (SMAW) Essential Variables

***- جدول QW-353 متغیرات اساسی فرآیند (SMAW)

جدول-۲۴۹ : جدول QW-353 متغیرات اساسی فرآیند (SMAW)

QW-353
SHIELDED METAL-ARC WELDING (SMAW)
Essential Variables

Paragraph		Brief of Variables
QW-402 Joints	.4	– Backing
QW-403 Base Metals	.16	Φ Pipe diameter
	.18	Φ P-Number
QW-404 Filler Metals	.15	Φ F-Number
	.30	Φ *t* Weld deposit
QW-405 Positions	.1	+ Position
	.3	Φ ↑↓ Vertical welding

*- پاراگراف QW-402.4 (-Backing)

QW-402 JOINTS

QW-402.4 The deletion of the backing in single-welded groove welds. Double-welded groove welds are considered welding with backing.

شکل-۶۰۵ : تعریف متغیر QW-402.4 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

ترجمه: حذف پشت بند (Backing) در جوشهای شیاری که از یکطرف جوشکاری می شوند. در جوشهای شیاری که از دو طرف جوشکاری می شوند، جوش طرف اول به مثابهٔ پشت بند (Backing) تلقی می گردد.

توضیح: کلاً در تست جوشکار وجود پشت بند برای جوشکاری در واقع یک نمرهٔ منفی است. حال چنانچه جوشکار بتواند جوشی را ارائه نماید که فاقد پشت بند باشد این حذف پشت بند بعنوان یک امتیاز برای جوشکار لحاظ می شود و جوشکاری که با شرایط بدون پشت بند قبول شده باشد می تواند جوشهای با و بدون پشت بند را جوشکاری نماید اما عکس آن صادق نیست یعنی جوشکاری که با جوش دارای پشت بند قبول شده باشد مجاز به جوشکاری جوش بدون پشت بند نمی باشد. جوشهای دو طرفه را نیز باید بعنوان جوش با پشت بند تلقی کرد.

*- جدول QW-433 (… Alternate F-Numbers for Welder Performance)

در جدول QW-433 رابطهٔ .F-No با بودن یا نبودن پشت بند مشخص شده است. این جدول مربوط به استثنائات .F-No می باشد زیرا تغییر .F-No برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است اما در این جدول چند استثناء را می بینیم.

جدول-۲۵۰ : رابطهٔ .F-No با Backing در QW-433 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

QW-433 Alternate F-Numbers for Welder Performance Qualification										
Qualified With → / Qualified For ↓	F-No. 1 With Backing	F-No. 1 Without Backing	F-No. 2 With Backing	F-No. 2 Without Backing	F-No. 3 With Backing	F-No. 3 Without Backing	F-No. 4 With Backing	F-No. 4 Without Backing	F-No. 5 With Backing	F-No. 5 Without Backing
F-No. 1 With Backing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
F-No. 1 Without Backing		X								
F-No. 2 With Backing			X	X	X	X	X	X		
F-No. 2 Without Backing				X						
F-No. 3 With Backing					X	X	X	X		
F-No. 3 Without Backing						X				
F-No. 4 With Backing							X	X		
F-No. 4 Without Backing								X		
F-No. 5 With Backing									X	X
F-No. 5 Without Backing										X

استفاده از جدول فوق به این صورت می باشد که مثلاً

a)- جوشکاری که با الکترود F-No. 3 اتصالی را با داشتن پشت بند جوشکاری نماید این جوشکار صلاحیت جوشکاری با الکترود F-No. 1, F-No. 2, F-No. 3 بر روی اتصالاتی که دارای پشت بند هستند، می باشند.

b)- جوشکاری که با الکترود F-No. 4 اتصالی را بدون داشتن پشت بند جوشکاری نماید این جوشکار صلاحیت جوشکاری با الکترود F-No. 1, F-No.2, F-No.3 بر روی اتصالاتی که دارای پشت بند هستند، همچنین صلاحیت جوشکاری با الکترود F-No. 4 بر روی اتصالاتی که بدون داشتن پشت بند هستند، می باشند.

c)- جوشکاری که با الکترود F-No. 5 اتصالی را با داشتن پشت بند جوشکاری نماید این جوشکار صلاحیت جوشکاری با الکترود F-No. 1, F-No. 5 بر روی اتصالاتی که دارای پشت بند هستند، می باشند.

باید توجه داشت که اگر جوشکاری هنگام تست قطعه کارش را باصطلاح Back weld کند چنین کاری نیز حکم جوش با پشت بند را دارد. و این جوشکار مجاز به جوشکاری بدون داشتن پشت بند را ندارد.

*- پاراگراف QW-403.16 (Φ Pipe Diameter)

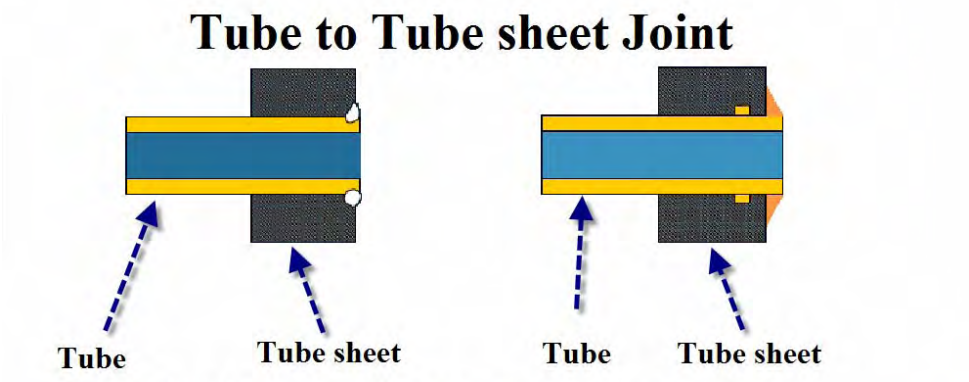
QW-403.16 A change in the pipe diameter beyond the range qualified in QW-452, except as otherwise permitted in QW-303.1, QW-303.2, QW-381.2(c), or QW-382.1(f). For tube-to-tubesheet welding: an increase or decrease greater than 10% of the specified tube diameter.

(a) For a groove weld attaching a set-on nozzle or branch (with the weld preparation on the nozzle or branch), the range qualified from Table QW-452.3 shall be based on the nozzle or branch pipe O.D.

(b) For a groove weld attaching a set-in nozzle or branch (with the weld preparation on the shell, head, or run pipe), the range qualified from Table QW-452.3 shall be based on the shell, head, or run pipe O.D.

شکل-۶۰۶ : تعریف متغیر QW-403.16 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

ترجمه: تغییر در قطر لوله ورای محدوده ای که در QW-452 تأیید گردیده مگر آنطوری که در QW-303.1 و QW-381.2(c), QW-303.2 یا QW-382.1(f) مجاز دانسته شده باشد. برای جوشکاری (tube-to-tubesheet) : یک افزایش یا کاهش بیشتر از 10% قطر تیوب مشخص شده.



شکل-۶۰۷ : اتصال تیوب به تیوب شیت

(a)- برای جوش شیاری اتصال نازل نوع (Set on) یا انشعاب (با آماده سازی جوش بر روی نازل یا انشعاب) ، اساس محدوده واجد شرایط نازل یا قطر بیرونی لوله انشعاب باید بر اساس جدول QW-452.3 باشد.

(b)- برای جوش شیاری اتصال نازل نوع (Set in) یا انشعاب (با آماده سازی جوش بر روی بدنه، کلگی یا لوله هدر) ، اساس محدوده واجد شرایط بدنه، کلگی یا قطر بیرونی لوله هدر باید بر اساس جدول QW-452.3 باشد.

توضیح: اول به جدول QW-452.3 مراجعه کنیم و محدوده های قطر را برای جوشکار بررسی کنیم:

*- جدول QW-452.3 (GROOVE-WELD DIAMETER LIMITS) Table-

جدول-۲۵۱ : محدوده های قطر برای جوشهای شیاری QW-452.3 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

Table QW-452.3
Groove-Weld Diameter Limits

Outside Diameter of Test Coupon, in. (mm)	Outside Diameter Qualified, in. (mm)	
	Min.	Max.
Less than 1 (25)	Size welded	Unlimited
1 (25) to $2\frac{7}{8}$ (73)	1 (25)	Unlimited
Over $2\frac{7}{8}$ (73)	$2\frac{7}{8}$ (73)	Unlimited

یادداشتهای کلی جدول QW-452.3

(a)- نوع و تعداد تست های مورد نیاز مطابق با QW-452.1

(b)- قطر بیرونی $2\frac{7}{8}$ in. (73 mm) برابر است با سایز اسمی لوله NPS $2\frac{1}{2}$ (DN 65).

در جدول QW-452.3 سه محدودهٔ قطر خارجی را برای جوشکار مشخص کرده است

جدول کلاً دارای دو ستون است. ستون اول مربوط به قطر خارجی لوله‌ی تست کوپنی است که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند و ستون دوم مربوط به محدوده های حداقل و حداکثر قطر خارجی لوله هایی است که پس از تأیید جوشکار، جوشکار مجاز به جوش آنها می باشد. حال توضیح این محدوده ها:

محدودهٔ اول: اگر قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند کمتر از 1 in. باشد محدودهٔ حداقل و حداکثر قطر خارجی مجاز برای این جوشکار بشرح زیر است:

حداقل قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید برابر قطر خارجی همان تست کوپن است که جوش داده است

حداکثر قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید نامحدود است.

مثال: قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند ½ in. است:

حداقل قطر خارجی برابر است با همان ½ in.

حداکثر قطر خارجی هم که نامحدود است.

محدودهٔ دوم: اگر قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند 1 in. تا $2\frac{7}{8}$ in. باشد محدودهٔ حداقل و حداکثر قطر خارجی مجاز برای این جوشکار بشرح زیر است:

حداقل قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید برابر قطر خارجی 1 in. است.

حداکثر قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید نامحدود است.

مثال: قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند 2 in. است

حداقل قطر خارجی برابر است با 1 in.

حداکثر قطر خارجی هم که نامحدود است.

محدودهٔ سوم: اگر قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند بالاتر از 2 7/8 in. باشد محدودهٔ حداقل و حداکثر قطر خارجی مجاز برای این جوشکار بشرح زیر است:

حداقل قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید برابر قطر خارجی 2 7/8 in. است.

حداکثر قطر خارجی که می تواند جوشکاری نماید نامحدود است.

مثال: قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند 12 in. است.

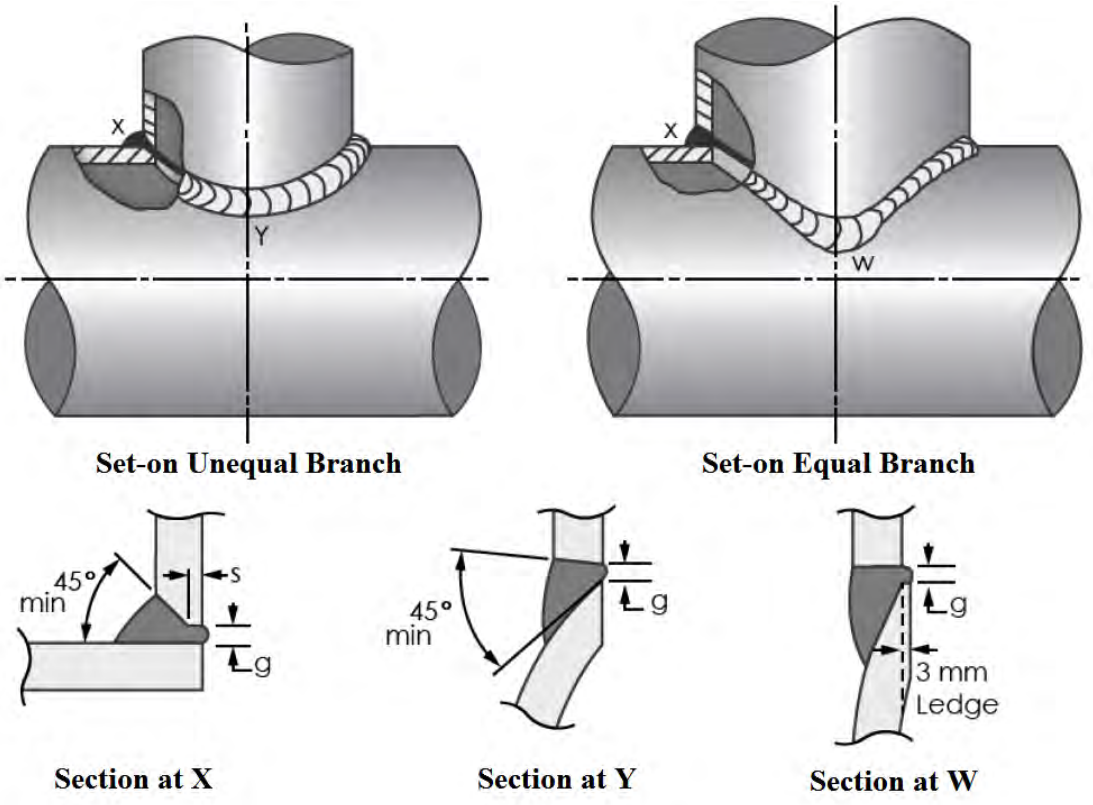
حداقل قطر خارجی برابر است با 2 7/8 in. است.

حداکثر قطر خارجی هم که نامحدود است.

نتیجه: اگر قطر خارجی لوله‌ی تست کوپن که جوشکار بر روی آن جوشکاری می کند 12 in. باشد این جوشکار مطابق جدول QW-452.3 مجاز به جوشکاری لوله با قطر خارجی 2 in. نمی باشد.

توجه ویژه: در این پاراگراف از دو واژه برای اتصالات نازلها استفاده شده است، به ترتیب از واژه Set on و Set in استفاده شده است. حال این دو واژه به چه نوع اتصالاتی گفته می شود؟

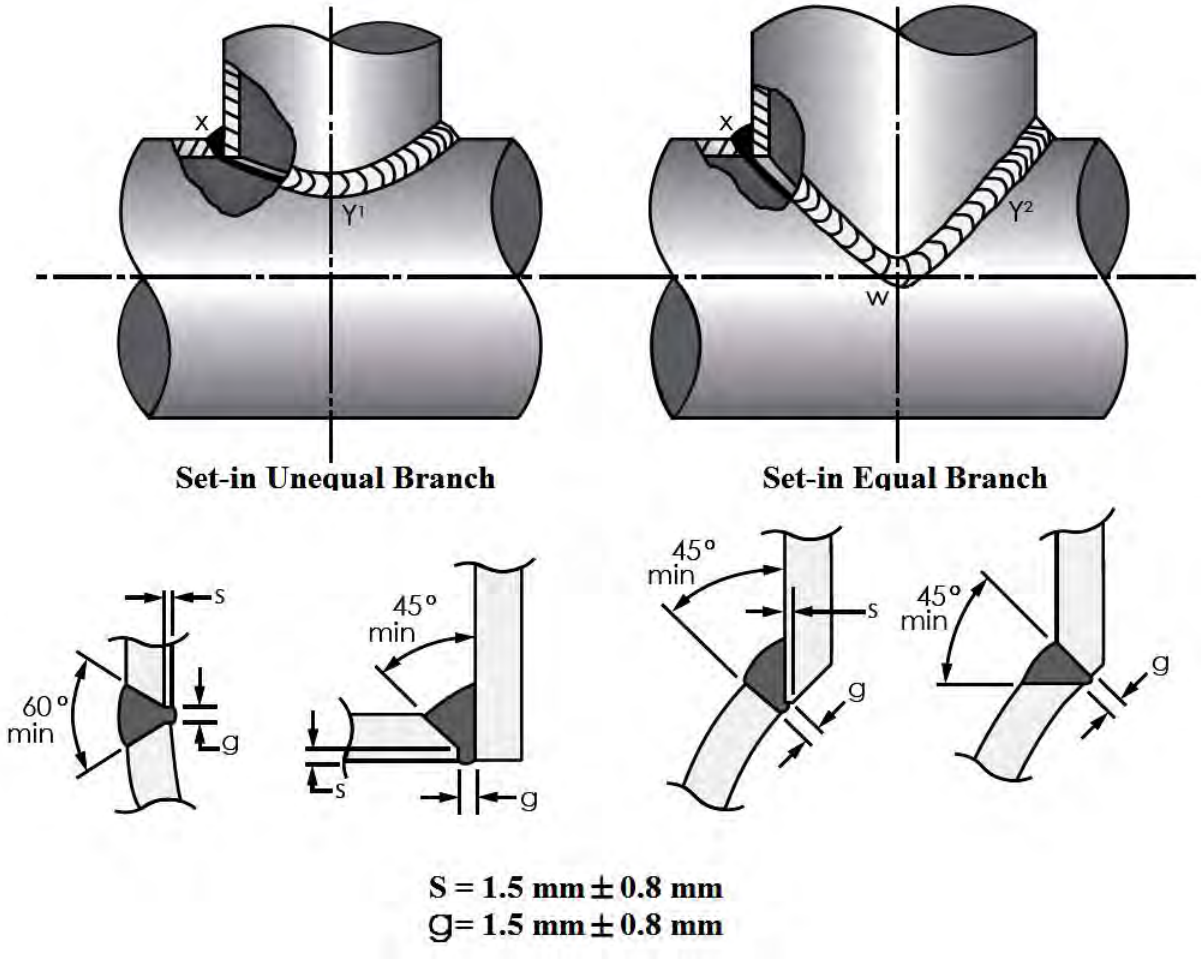
اتصالات نوع Set on مطابق شکل زیر هستند:



شکل-۶۰۸ : اتصالات نوع Set on

شکل-۶۰۹ : اتصالات نوع Set on

اتصالات نوع Set in مطابق شکل زیر هستند:



شکل-۶۱۰ : اتصالات نوع Set in

در پاراگراف QW-403.16 که جزء متغیرات مربوط به تست جوشکار بود به پاراگرافهای QW-381.1(c) یا پاراگراف QW-382(c) اشاره شده است چون این پاراگرافها به ترتیب مربوط به Corrosion-Resistant Weld Metal Overlay و Hard-Facing Weld Metal Overlay می باشد که در این کتاب به این دو موضوع پرداخته نخواهد شد.

در این پاراگراف به پاراگرافهای QW-303.1 و QW-303.2 نیز اشاره شده که به بررسی این پاراگرافها می پردازیم:

پاراگرافهای QW-303.1 و QW-303.2 بترتیب مربوط به جوشهای شیاری (Groove) و جوشهای گوشه ای (Fillet) می باشد که در هر دو پاراگراف در مورد محدوده های قطر لوله به جدول QW-461.9 اشاره دارند حال این جدول را بررسی می کنیم:

■- جدول QW-461.9 (Performance Qualification …)

جدول-۲۵۲ : جدول QW-461.9 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

Table QW-461.9
Performance Qualification — Position and Diameter Limitations
(Within the Other Limitations of QW-303)

Qualification Test		Position and Type Weld Qualified [Note (1)]		
		Groove		Fillet or Tack [Note (2)]
Weld	Position	Plate and Pipe Over 24 in. (610 mm) O.D.	Pipe ≤ 24 in. (610 mm) O.D.	Plate and Pipe
Plate — Groove	1G	F	F [Note (3)]	F
	2G	F, H	F, H [Note (3)]	F, H
	3G	F, V	F [Note (3)]	F, H, V
	4G	F, O	F [Note (3)]	F, H, O
	3G and 4G	F, V, O	F [Note (3)]	All
	2G, 3G, and 4G	All	F, H [Note (3)]	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Plate — Fillet	1F	...	...	F [Note (3)]
	2F	...	...	F, H [Note (3)]
	3F	...	...	F, H, V [Note (3)]
	4F	...	...	F, H, O [Note (3)]
	3F and 4F	...	...	All [Note (3)]
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F [Note (3)]
Pipe — Groove [Note (4)]	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
	Special Positions (SP)	SP, F	SP, F	SP, F
Pipe — Fillet [Note (4)]	1F	...	...	F
	2F	...	...	F, H
	2FR	...	...	F, H
	4F	...	...	F, H, O
	5F	...	...	All
	Special Positions (SP)	...	...	SP, F

NOTES:
(1) Positions of welding as shown in QW-461.1 and QW-461.2.

F = Flat
H = Horizontal
V = Vertical
O = Overhead
SP = Special Positions (see QW-303.3)

(2) Tack welds are not limited by pipe or tube diameters when their aggregate length does not exceed 25% of the weld circumference.
(3) Pipe $2\frac{7}{8}$ in. (73 mm) O.D. and over.
(4) See diameter restrictions in QW-452.3, QW-452.4, and QW-452.6.

جدول QW-461.9 به ارزیابی صلاحیت جوشکار، برای محدوده های قطر و وضعیتهای مختلف جوشکاری پرداخته است.
این جدول در واقع دو ستون اصلی دارد که :
ستون اولی مربوط به تست کوپن جوشکار Qualification Test که خود به دو ستون فرعی تقسیم می شود که یک ستون مربوط به نوع تست کوپن (لوله باشد یا ورق) و نوع جوش (شیاری باشد یا جوش گوشه ایی) است و ستون فرعی بعدی مربوط به وضعیت جوش (تخت یا افقی، سربالا یا سقفی) می باشد.

ستون دومی مربوط است به وضعیت و نوع جوشی که جوشکار پس از تأیید در انجام تست، مجاز به جوشکاری می باشد. این ستون در واقع دارای سه ستون فرعی می باشد. دو ستون فرعی متعلق به نوع جوش شیاری است که یک ستون آن مربوط به ورق و لوله بالاتر از سایز .in 24 است و ستون دیگری مربوط به لوله های برابر یا کمتر از .in 24 است. (البته باید از سایز .in $2\,^{7}/_{8}$ بالاتر باشد)
و یک ستون فرعی مربوط به جوش گوشه ای برای لوله و ورق است.

نکتهٔ مهم این جدول این مطلب است که :
جوشکاری که با تست کوپن ورق مورد آزمایش قرار گیرد پس از تأیید، مجاز به جوشکاری لوله نیز می باشد. سایز لوله و همچنین وضعیتی که مجاز به جوش آن می باشد باید مطابق جدول QW-461.9 باشد.
مثال: اگر جوشکاری بر روی ورق در وضعیتهای 2G, 3G, 4G تست داده و قبول شده باشد این جوشکار می تواند لوله های بالاتر از سایز .in 24 را در تمام وضعیتهای که مجاز است جوشکاری نماید اما لوله های .in 24 و کمتر را تا .in $2\,^{7}/_{8}$ را فقط می تواند در وضعیتهای F, H جوشکاری نماید.

F-(Flat)
H-(Horizantals)

*- پاراگراف QW-403.18 (Φ P-Number)

QW-403.18 A change from one P-Number to any other P-Number or to a base metal not listed in Table QW/QB-422, except as permitted in QW-423, and in QW-420. For tube-to-tubesheet welding: a change in the P-Number or A-Number of the tubesheet cladding material (if the cladding material is part of the weld).

شکل-۶۱۱ : تعریف متغیر QW-403.18 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

ترجمه: تغییر از یک .P-No به هر .P-No دیگر یا به فلز مبنائی که در QW/QB-422 لیست نشده به استثناء مواردی که در QW-423 و QW-420 مجاز دانسته شده است. برای جوشکاری Tube to Tubesheet: تغییر در P-Number یا A-Numberمواد روکش Tubesheet (Clad) (اگر مواد روکش بخشی از جوش هستند.)

توضیح : دراستاندارد ASME Section IX-2019 متریالها تحت عنوان .P-No دسته بندی شده اند، متریالهایی که در یک .P-No دسته بندی می شوند معمولاً از لحاظ خواص مکانیکی، آنالیز شیمیایی و جوش پذیری خیلی بهم نزدیک بوده اما عکس العمل آنها در دماهای منفی یکسان نیست بهمین خاطر در متریالهای آهنی هر .P-No دارای چند زیر مجموعه تحت

عنوان .Group-No می باشد که در واقع به خواص متریال در دماهای منفی بستگی دارد. هنگام تهیه WPS و PQR تغییر .P-No جزء متغیرات اساسی می باشد اما مطابق پاراگراف QW-403.18 برای تست جوشکار در این مورد یک استثناء است که در پاراگراف فوق به این شکل آمده است. (به استثناء مواردی که در QW-423 و QW-420 مجاز دانسته شده است.) .

حال با بررسی QW-423 و QW-420 مشخص می شود که این استثناء چیست؟

***- پاراگراف QW-423 (… Alternate Base Materials for Welder)

***- پاراگراف QW-423 متریالهای جایگزین برای ارزیابی کیفی جوشکار

*- پاراگراف QW-423.1

فلز مبنای مورد استفاده برای ارزیابی کیفی جوشکار می تواند مطابق با جدول QW-423 جانشین فلز مشخص شده در WPS شود. هر فلز پایه نشان داده شده در همان ردیف ممکن است در تست کوپن ارزیابی صلاحیت عملکرد فلز پایه (های) مشخص شده در WPS که در طی ارزیابی صلاحیت جوشکار تعویض شده است، جایگزین شود. زمانیکه فلز مبنای نشان داده شده در ستون سمت چپ برای ارزیابی کیفی جوشکار مورد استفاده قرار می گیرد، جوشکار برای جوش تمام فلزات مبنای نشان داده شده در ستون سمت راست از جمله فلزات Unassigned با ترکیب شیمیایی مشابه این فلزات، مورد تأیید می باشد.

جدول-۲۵۳ : جدول QW-423 مطابق استاندارد ASME Sec. IX-2019

QW-423 ALTERNATE BASE MATERIALS FOR WELDER QUALIFICATION

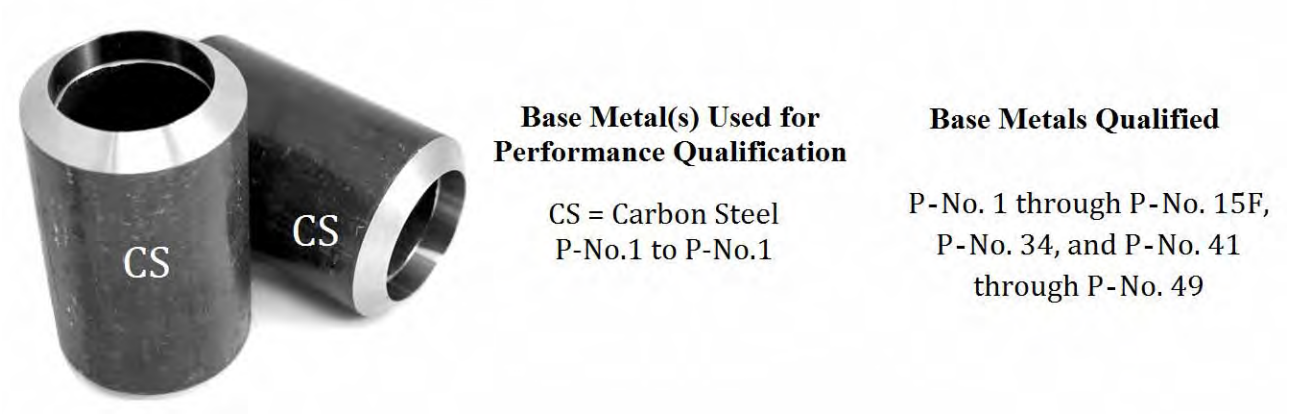
Base Metal(s) Used for Performance Qualification	Base Metals Qualified
P-No. 1 through P-No. 15F, P-No. 34, or P-No. 41 through P-No. 49	P-No. 1 through P-No. 15F, P-No. 34, and P-No. 41 through P-No. 49
P-No. 21 through P-No. 26	P-No. 21 through P-No. 26
P-No. 51 through P-No. 53 or P-No. 61 or P-No. 62	P-No. 51 through P-No. 53 and P-No. 61 and P-No. 62
Any unassigned metal to the same unassigned metal	The unassigned metal to itself
Any unassigned metal to any P-Number metal	The unassigned metal to any metal assigned to the same P-Number as the qualified metal
Any unassigned metal to any other unassigned metal	The first unassigned metal to the second unassigned metal

توضیحی در رابطه با جدول QW-423 :

همانطور که در تعریف پاراگراف QW-423 بطور خیلی شفاف قید شده که اگر متریال تست کوپن تست جوشکار هر کدام از متریالهای ستون سمت چپ باشد تمام متریالهای همان ردیف را در ستون سمت راست تایید می کند. حال شرح ردیفهای متریالهای قید شده در جدول QW-423 :

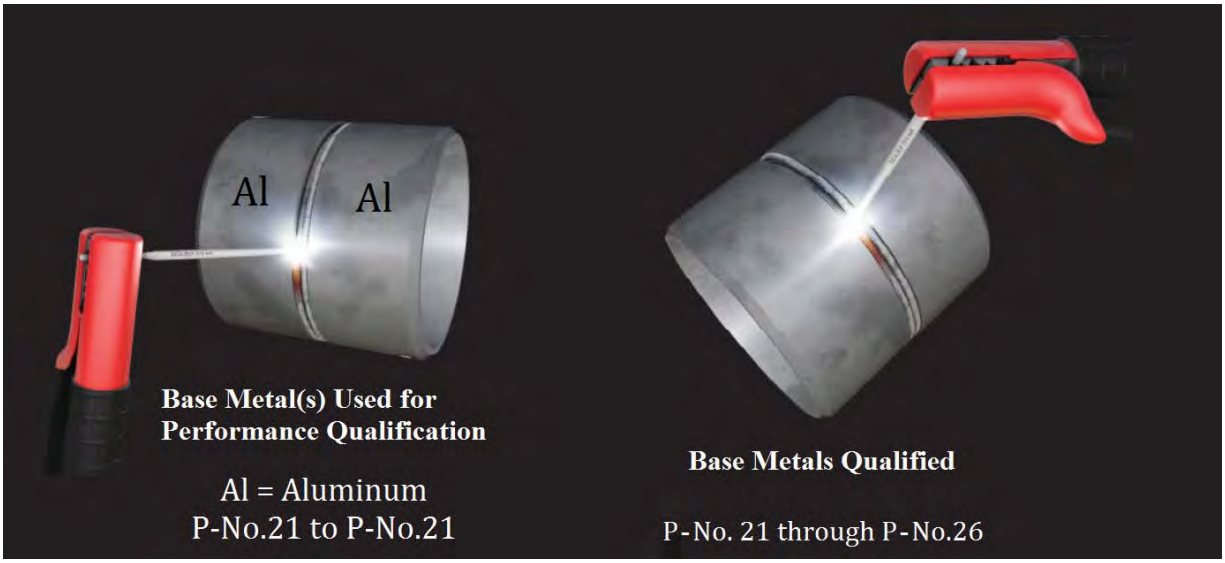
ردیف اول: (هر کدامیک از) متریالهای سمت چپ برای تست جوشکار استفاده شود:
P-No. 1 through P-No. 15F, P-No. 34, or P-No. 41 through P-No. 49
تمام متریالهای سمت راست را تأیید می کند:
P-No. 1 through P-No. 15F, P-No. 34, or P-No. 41 through P-No. 49
حال باید در لیست این متریالها دقت کرد.

متریالهای ردیف اول: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 از متریال کربن استیل استفاده شود تمام متریالهای سمت راست که شامل متریالهای کربن استیل، کم آلیاژ، پر آلیاژ مثل استنلس استیل، کاپر نیکل و متریالهای نیکل و آلیاژ نیکلی را تأیید و پشتیبانی می کند.



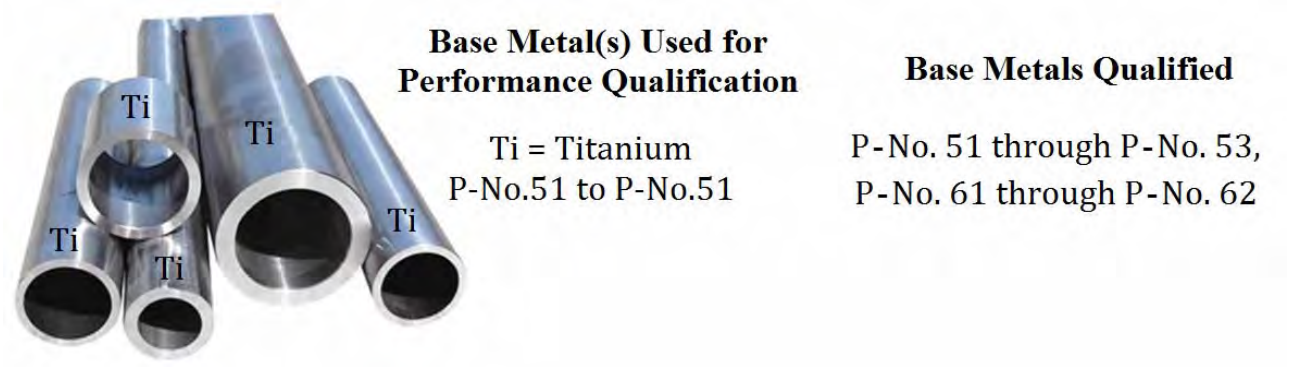
شکل-۶۱۲ : تست کوپن کربن استیل برای تست جوشکار

متریالهای ردیف دوم: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 از متریال آلومینیوم با P-No.21 استفاده شود تمام متریالهای آلومینیوم سمت راست که شامل P-No.21 الی P-No.26 می باشند را تأیید و پشتیبانی می کند.



شکل-۶۱۳ : تست کوپن آلومینیوم برای تست جوشکار

متریالهای ردیف سوم: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 هر کدامیک از متریالهای ردیف سوم یعنی تیتانیوم با P-No.51 الی P-No.53 و همچنین زیرکونیوم با P-No.61 الی P-No.62 استفاده شود تمام متریالهای تیتانیوم و زیرکونیم سمت راست که شامل P-No.51 الی P-No.53 و P-No.61 الی P-No.62 می باشند را تأیید و پشتیبانی می کند.

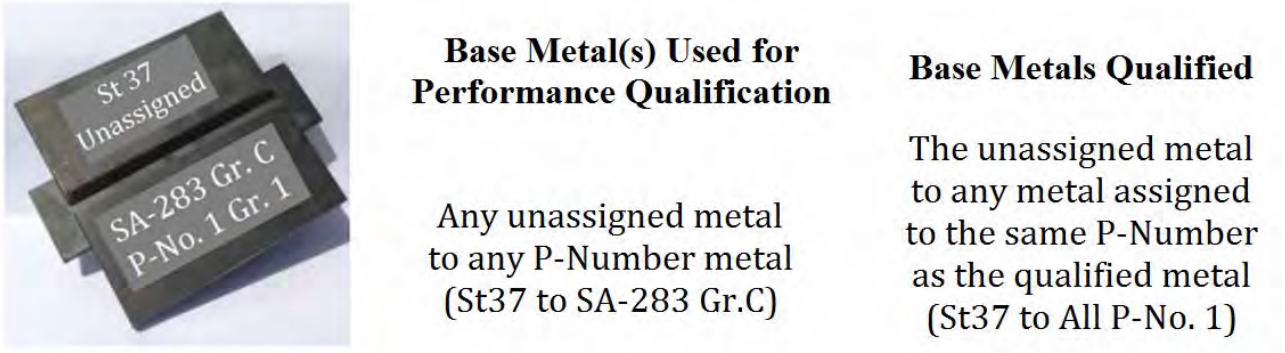


شکل-۶۱۴ : تست کوپن تیتانیوم برای تست جوشکار

متریالهای ردیف چهارم: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 از یک متریال ناشناخته ایی تحت عنوان Any unassigned metal برای جوشکاری به خودش استفاده شود؛ تمام آن متریالهای unassigned را به خودش تأیید و پشتیبانی می کند.

شکل-۶۱۵ : تست کوپن متریال Unassigned metal به خودش

متریالهای ردیف پنجم: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 از یک متریال ناشناخته ایی تحت عنوان Any unassigned metal برای جوشکاری به یک متریال شناخته شده ایی با داشتن یک .P-No مشخص استفاده شود؛ این تست کوپن جوشکاری آن متریال unassigned را به تمام متریالهای دارای آن .P-No تأیید و پشتیبانی می کند.



شکل-۶۱۶ : تست کوپن متریال Unassigned metal به متریال دارای .P-No

متریالهای ردیف پنجم: چنانچه برای تست جوشکار مطابق جدول QW-423 از یک متریال ناشناخته ایی تحت عنوان Any unassigned metal برای جوشکاری به یک متریال ناشناختهی دیگری تحت عنوان Any unassigned metal استفاده شود؛ این تست کوپن جوشکاری متریال unassigned اولی را به متریال unassigned دومی تأیید و پشتیبانی می کند.

Base Metal(s) Used for Performance Qualification	Base Metals Qualified
Any unassigned metal to any other unassigned metal (RSt 37-2 to St 52-3)	The first unassigned metal to the second unassigned metal (RSt 37-2 to St 52-3)

شکل-۶۱۷ : تست کوپن متریال Unassigned metal به متریال Unassigned metal دیگر

*- پاراگراف QW-423.2

فلزات مبنائی که با مشخصات یا استانداردهای ملی یا بین المللی مطابقت دارند و برای تست جوشکار مورد استفاده قرار می گیرند به شرط اینکه الزامات مکانیکی و شیمیائی فلزات assigned را برآورده نماید می توانند به مثابهٔ فلزاتی با همان P-No. فلزات assigned شده تلقی گردند. مشخصات فلز مبنا و P-No. مربوط باید در گزارشهای ارزیابی کیفی منعکس گردد.

نتیجهی بررسی پاراگراف QW-423 : هنگام تهیهی WPS تغییر در P-No. نیاز به تهیهی PQR مجدد دارد چونکه P-No. جزء متغیرات اساسی محسوب می شود. اما همانطور که در پاراگراف QW-423 مشخص شده این موضوع برای تست جوشکار به این شکل نیست و برای جوشکار استثناء قائل شده است. این استثناء به این شکل است که هر کدام از متریالهای P-No.1 تا P-No.15F و همچنین P-No.34 و P-No.41 تا P-No.49 چنانچه برای تست کوپن جوشکار انتخاب شد آن متریال همهی این متریالها را تأیید می کند، فقط کافی است که الکترود لازم آن تست بکار برده شود. مثلاً برای تست جوشکار با الکترود استنلس استیل نیاز نیست که حتماً از لوله یا ورق استنلس استیل استفاده شود انجام تست با استفاده از متریال کربن استیل در چنین شرایطی جوشکار را جهت کار بر روی لوله یا ورق استنلس استیل مجاز می نماید.

***- پاراگراف QW-420 (BASE METAL GROUPINGS)

***- پاراگراف QW-420 دسته بندی فلزات مبنا

■ - (P. Number) چیست؟

به منظور کاهش تعداد PQR های مورد نیاز، برای عملیات جوشکاری و لحیم کاری (Brazing)، فلزات مبنا را در قالب P No. ها دسته بندی کرده اند. P-Number ها مشخصاتی حرفی- عددی هستند.

بنابراین هر P-Number باید به مثابهٔ یک P-Number مجزا مورد ملاحظه قرار گیرد. (بطور مثال فلزات مبنایی که P-No. 5A نامگذاری شده از فلزات مبنائی که P-No. 5B یا P-No. 5C نامگذاری شده اند مجزا می باشند.).

■ - (Gr. Number) چیست؟

علاوه بر این، فلزات مبنای آهنی با Group Number هائی مشخص شده اند که زیر مجموعه ای از P-Number هستند و زمانی که لازم است WPS ها مطابق با سایر بخشهای ASME Section یا کُدها توسط تست ضربه مورد تأیید قرار گیرند

مورد توجه قرار می گیرند. این نامگذاری ها اساساً بر مبنای خصوصیات مشابه فلزات مانند **ترکیب شیمیائی، قابلیت جوش پذیری، قابلیت لحیم پذیری و خصوصیات مکانیکی**، تا آنجا که منطقاً امکان پذیر باشد، انجام گرفته است. این نامگذاری ها به این مفهوم نیست که فلزات مبنا را می توان جانشین فلز مبنای مورد استفاده در تهیه‌ی PQR کرد بدون اینکه از نقطه نظر خواص متالورژیکی، تنش زدایی PWHT، طراحی، خواص مکانیکی و الزامات سرویسی مشابهت آنها مورد ملاحظه قرار گیرد.

جدول-۲۵۴ : دسته بندی متریالها براساس آلیاژ آنها در پاراگراف QW-420

Base Metal	Welding	Brazing
Steel and steel alloys	P-No. 1 through P-No. 15F	P-No. 101 through P-No. 103
Aluminum and aluminum-base alloys	P-No. 21 through P-No. 26	P-No. 104 and P-No. 105
Copper and copper-base alloys	P-No. 31 through P-No. 35	P-No. 107 and P-No. 108
Nickel and nickel-base alloys	P-No. 41 through P-No. 49	P-No. 110 through P-No. 112
Titanium and titanium- base alloys	P-No. 51 through P-No. 53	P-No. 115
Zirconium and zirconium-base alloys	P-No. 61 and P-No. 62	P-No. 117

اگر یک فلز مبنا که در لیست نیست دارای همان UNS-No. از فلز مبنائی باشد که در لیست جدول QW-422 وجود دارد، آن فلز باید با همان P-No. یا P-No. بعلاوهٔ Gr.-No. فلز مبنای لیست شده شناخته شود. به هر حال تنها فلزات مبنای لیست شده در جدول QW/QB-422 با حداقل استحکام کششی می توانند در تست کوپن های تهیه‌ی PQR مورد استفاده قرار گیرند. مقادیر ارائه شده تحت عنوان ستون Minimum specified tensile از جدول QW/QB-422 ،ارقامی هستند که برای تستهای کششی مربوط به ارزیابی کیفی روشهای جوشکاری و لحیم کاری قابل قبول می باشند مگر اینکه به شکل دیگری در QW-153 یا QB-153 اجازه داده شده باشد. فقط فلزات مبنا مندرج در جدول QW/QB-422 با حداقل استحکام کششی ممکن است برای صلاحیت عملکرد مورد استفاده قرار گیرند به جز آنچه در بند زیر اصلاح شده است .متریالهائی که در لیست QW/QB-422 وجود دارند ولی فاقد مقادیر حداقل استحکام کششی باشند نباید برای تهیه‌ی PQR در مورد جوشهای شیاری مورد استفاده قرار گیرند. در سال 2009 ، S-No. ها از جدول QW/QB-422 حذف شدند. S-Number ها مربوط به متریالهائی بودند که بوسیله‌ی کُد ASME B31 برای Pressure Piping یا بوسیله‌ی Boiler and Pressure Vessel Code Cases منتخب مورد استفاده قرار می گرفتند ولی در کُد ASME Boiler and Pressure Vessel Code Material Specifications (Section II) قرار نداشتند. فلزات مبنائی که قبلاً با S-Number نامگذاری و مشخص شده بودند با همان P-Number یا P-Number بعلاوه Gr.-Number های مربوطه نامگذاری و مشخص شدند.

■- لیست P No. ها :

جدول-۲۵۴ : دسته بندی متریالها بر اساس P-No. در استاندارد ASME Sec IX-2019

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-1	Carbon Steel, Carbon-Manganese Steel, Carbon-Manganese-Silicon Steel فولاد کم کربن - فولاد کربنی منگنز دار - فولاد کربنی منگنز - سیلیسیم
P-2	Wrought Iron (No Longer Used) فولادهای کار شده (دیگر کاربردی ندارد)
P-3	Low Alloy Steel (1 ½% total alloy typically) فولاد کم آلیاژ (مقدار کل آلیاژ ۱/۵ در صد)
P-4	Low Alloy Steel (Cr-Mo typically 1 - 2% Cr, ½% MO) فولاد کم آلیاژ کروم مولیبدن (مولیبدن ۰/۵ درصد و کروم ۱ تا ۲ درصد)
P-5A	Low Alloy Steel (Cr-Mo typically 2 - 3% Cr, ½ -1 % MO) فولاد کم آلیاژ کروم مولیبدن (مولیبدن ۰/۵ تا ۱ درصد و کروم ۲ تا ۳ درصد)
P-5B	Intermediate Alloy Steel (typically 5 - 10% Cr, 1 % MO) فولاد با آلیاژ متوسط (مولیبدن ۱ درصد و کروم ۵ تا ۱۰ درصد)
P-5C	Low and Intermediate Alloy Steel heat treated to 85 Ksi or higher فولاد کم آلیاژ و آلیاژ متوسط عملیات حرارتی شده با استحکام ۸۵ (کیلو اینچ مربع) یا بیشتر
P-6	Straight Cr, 400 Series, Martensitic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی سری ۴۰۰ (فقط دارای کروم)
P-7	Straight Cr, 400 Series, Ferritic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ فریتی سری ۴۰۰ (فقط دارای کروم)
P-8	Cr-Ni, 200 and 300 Series, Austenitic Stainless Steel فولادهای ضد زنگ آستنیتی کروم - نیکل سری ۲۰۰ و ۳۰۰
P-9A	up to 2½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۲/۵ درصد نیکل
P-9B	3½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۳/۵ درصد نیکل
P-9C	4½% Ni Steels فولادهای نیکلی تا ۴/۵ درصد نیکل
P-10A	Mn-V and Mn-½Ni-V Steels فولادهای منگنز - وانادیوم و ۰/۵ درصد نیکل- وانادیوم
P-10B	1Cr-V Steel فولاد ۱ درصد کروم - وانادیوم
P-10C	C-Mn-Si Steel فولاد کربن - منگنز - سیلیسیم
P-10H	Duplex Stainless Steel فولاد ضد زنگ دو فازی (آستنیتی + فریتی) داپلکس
P-10I	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی
P-10J	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی
P-10K	Ferritic Stainless Steels فولادهای ضد زنگ فریتی

جدول-۲۵۵ : دسته بندی متریالها بر اساس P-No. در استاندارد ASME Sec IX-2019

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-11A	Heat Treated Low and Intermediate Alloy Steels فولادهای کم آلیاژی و متوسط عملیات حرارتی شده
P-11B	Heat Treated Low and Intermediate Alloy Steels فولادهای کم آلیاژی و متوسط عملیات حرارتی شده
P-11C	Age-Hardening Alloy Steel فولادهای کم آلیاژی و متوسط عملیات حرارتی شده
P-15E	9Cr CSEF(Creep-Strength-Enhanced Ferritic Steels) alloys (e.g. 91, 92, 911) **فولاد با آلیاژ متوسط (مولیبدن ۱ درصد و کروم ۹ درصد)**
P-21	Commercially Pure Aluminum & Al-Mn Alloys (AA1060, AA1100, AA3003) آلومینیوم خالص و آلیاژهای آلومینیوم - منگنز انواع ۳۰۰۳ آآ،۱۰۰ آآ،۱۰۶۰آآ
P-22	Al-Mn & Al-Mg Alloys (AA3004, AA5052, AA5154, AA5254, AA5454, AA5652) آلیاژهای آلومینیوم-منگنزوآلومینیوم- منیزیم انواع ۵۶۵۲ آآ،۵۴۵۴ آآ،۵۲۵۴ آآ،۵۱۵۴ آآ،۵۰۵۲ آآ،۳۰۰۴ آآ
P-23	Al-Mn & Si Alloys (AA6061, AA6063) آلیاژهای آلومینیوم-منگنز- سیلیسیم انواع ۶۰۶۳ آآ،۶۰۶۱ آآ
P-25	Al-Mg Alloys (AA5083, AA5086, AA5456) آلیاژهای آلومینیوم - منیزیم انواع ۵۴۵۶ آآ،۵۰۸۶ آآ،۵۰۸۳ آآ
P-26	Al-Si-Mg Alloys آلیاژهای آلومینیوم-منگنز- سیلیسیم
P-31	Cu & Cu Alloys مس و آلیاژهای آن
P-32	Admiralty Brass, Naval Brass, Aluminum Brass, Muntz Metal برنجی که توسط ناوگانها و نیروی دریایی بکار برده می شود - برنج آلومینیوم
P-33	Cu & Si Alloys آلیاژهای مس - سیلیسیم
P-34	Cu & Ni Alloys آلیاژهای مس - نیکل
P-35	Al-Bronze Alloys آلیاژهای برنز - آلومینیوم
P-41	Ni Alloys and Commercially Pure Ni نیکل خالص و آلیاژهای آن
P-42	Ni-Cu Alloys (Monels) آلیاژهای مس- نیکل (مونلها)
P-43	Ni-Cr and Ni-Cr-Mo Alloys (Inconels) آلیاژهای نیکل - کروم و نیکل - کرم - مولیبدن (اینکونلها)
P-44	Mo-Cr-Fe Alloys (Hastelloys) آلیاژهای کروم - مولیبدن - آهن (هستلوی ها)
P-45	Fe-Ni-Cr-Mo-Cu (Incoloys) آلیاژهای آهن - نیکل- کروم - مولیبدن - مس (اینکونلها)
P-46	Ni-Cr-Si Alloys آلیاژهای نیکل - کروم - سیلیسیم

جدول-۲۵۶ : دسته بندی متریالها بر اساس P-No. در استاندارد ASME Sec IX-2019

List of ASME - P- Numbers and Their Generic Descriptors	
P-No.	Generic Descriptor
P-49	Co–26Cr–9Ni–5Mo–3Fe–2W آلیاژهای نیکل - کروم -تنگستن - کبالت - آهن - مولیبدن
P-51	Ti & Ti Alloys تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-52	Ti & Ti Alloys تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-53	Ti Alloys آلیاژهای تیتانیوم
P-54	Ti & Ti Alloys تیتانیوم و آلیاژهای آن
P-61	Zr & Zr Alloys زیرکونیوم و آلیاژهای آن
P-62	Zr Alloys آلیاژهای زیرکونیوم
Source: CASTI Guide ASME B31.3	

در استاندارد ASME Sec. IX در جدول QW-422 حدود قریب به ۲۲۵۰ متریال لیست شده اند که همگی دارای P No. هستند بجز در قسمت متریالهای آهنی فقط دو متریال شماره‌ی P No. ندارند و در قسمت متریالهای غیر آهنی ۱۸ متریال فاقد شماره‌ی P No. هستند.

*- پاراگراف QW-404.15 (Φ F-Number)

QW-404.15 A change from one F-Number in Table QW-432 to any other F-Number or to any other filler metal, except as permitted in QW-433.

شکل-۶۱۸ : پاراگراف QW-404.15 در استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : تغییر از یک F-Number در جدول QW-432 به هر F-Number دیگر یا به هر فیلر متال دیگر به استثناء مواردی که در QW-433 مجاز دانسته شده است.

توضیح : هر الکترود و هر فیلر متالی در استاندارد ASME Sec. IX دارای یک F-Number است. ممکن است چند گروه و دسته ایی از فیلر متالها دارای یک F-Number باشند مثل F-No.6 که شامل فیلر متالهای مختلف از آن جمله می توان (SFA- No.-5.2, 5.9, 5.17, 5.18, 5.20, 5.22, 5.23, 5.25, 5.26, 5.28, 5.29, 5.30) را نام برد.

شماره گذاری مشخصه‌ی F-Number برای الکترود و فیلر متال سیستم خاصی ندارد.

دو الکترود استنلس استیل را در نظر بگیرید E308L-26 و E308L-17 بترتیب اولی دارای F-No.1 و دومی دارای F-No.5 می باشد. اگر جوشکاری با الکترود اولی تست داده باشد مجاز به جوشکاری با الکترود دومی نیست هر چند بظاهر هر دو الکترود استنلس استیل با Specification یکسانی هستند. این ممنوعیت بخاطر اختلاف در .F-No می باشد.

چون این متغیر برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است بنابراین هر گونه تغییر در F-Number ملزم می نماید که از جوشکار تست جدید گرفته شود.

در فرآیند GTAW چون فیلرهای مختلف مثل فیلر کربن استیل و فیلر استنلس استیل همگی دارای F-No.6 هستند بنابراین با تغییر فیلر استنلس استیل به فیلر کربن استیل نیازی به تست مجدد نیست زیرا که هر دو دارای F-No.6 هستند.

برای توضیحات بیشتر در باره‌ی .F-No به پاراگرافهای مربوط به .F-No در فرآیند SMAW مراجعه شود.

*- پاراگراف QW-404.30 (Φ t)

QW-404.30 A change in deposited weld metal thickness beyond that qualified in accordance with QW-451 for procedure qualification or QW-452 for performance qualification, except as otherwise permitted in QW-303.1 and QW-303.2. When a welder is qualified using volumetric examination, the maximum thickness stated in Table QW-452.1(b) applies.

شکل-۶۱۹ : پاراگراف QW-404.30 در استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : تغییر در ضخامت فلز جوش رسوب یافته بیشتر از محدوده ای که در QW-451 برای PQR یا در QW-452 برای تست جوشکار تأیید شده مگر به صورت دیگری که QW-303.1 و QW-303.2 مجاز دانسته شده است. زمانیکه تست کوپن یک جوشکار با پرتونگاری تأیید شده باشد محدوده های مندرج در جدول QW-452.1(b) بکار برده می شود.

توضیح : زمانیکه یک جوشکار تست می دهد سپس تست کوپن او با استفاده از رادیوگرافی تأیید می شود مطابق محدوده های مندرج در جدول QW-452.1(b) ، محدوده هایی را که او مجاز به جوشکاری می شود ، مشخص می کنند.

*- جدول QW-452.1(b) (Thickness of Weld Metal Qualified) Table-

جدول-۲۵۷ : جدول QW-452.1(b) در استاندارد ASME Sec IX-2019

Table QW-452.1(b)
Thickness of Weld Metal Qualified

Thickness, *t*, of Weld Metal in the Coupon, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Thickness of Weld Metal Qualified [Note (3)]
All	2*t*
½ (13) and over with a minimum of three layers	Maximum to be welded

*- یادداشتهای جدول QW-452.1(b)

(۱)- زمانیکه بیشتر از یک جوشکار و یا بیشتر از یک فرآیند و یا بیشتر از یک فیلر متال .F-No برای رسوب فلز جوش در یک کوپن مورد استفاده قرار می گیرد، ضخامت فلز جوش **t** رسوب یافته در کوپن توسط هر جوشکار با هر فرآیند و هر فیلر متال .F-No مطابق با متغیرهای بکار رفته در QW-404 باید تعیین شده و منحصراً در ستون
Thickness, t, of Weld Metal in the Coupon مورد استفاده قرار گیرد تا ضخامت فلز جوش تأیید شده تعیین گردد.

(۲)- دو یا چند لوله‌ی تست کوپن با ضخامت فلز جوش متفاوت می تواند برای تعیین ضخامت قلز جوش تأیید شده مورد استفاده قرار گیرد و آن ضخامت می تواند در مورد جوشهائی انجام شده و در مورد کوچکترین قطر برای هر جوشکاری که مطابق با QW-452.3 تأیید گردیده بکار برده شود.

(۳)- تست کوپن با ضخامت $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) یا بیشتر باید برای ارزیابی کیفی ترکیبی از سه یا چند جوشکار که هر کدام از آنها ممکن است از فرآیند های همان یا متفاوت استفاده کنند مورد استفاده قرار گیرد.

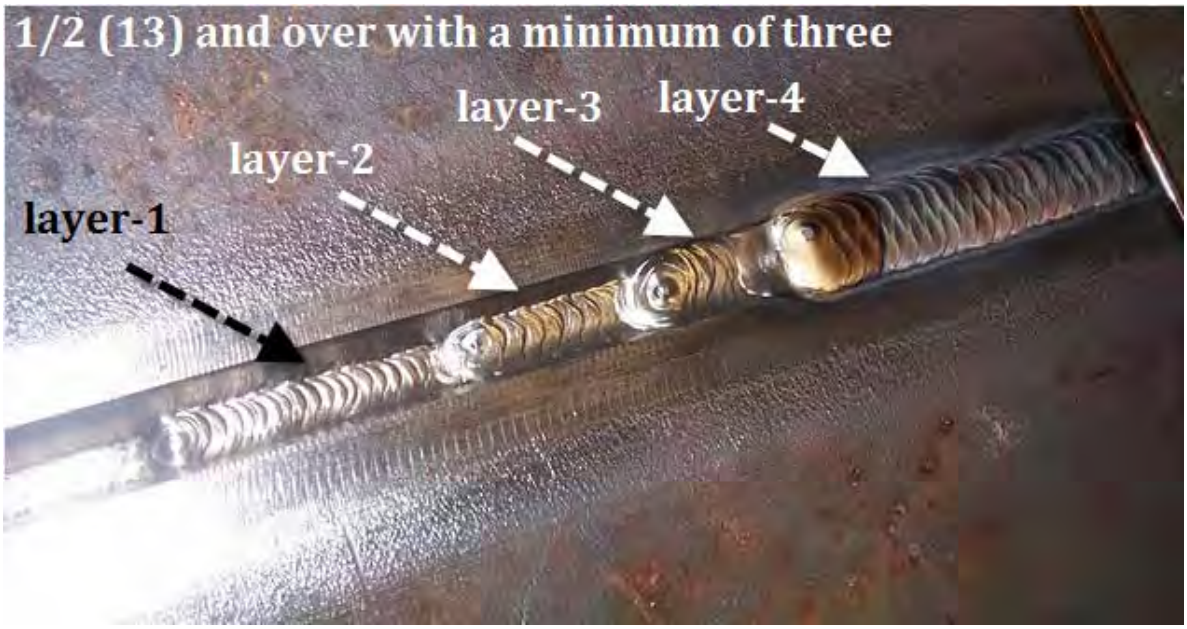
جدول QW-452.1(b) دارای دو ستون است.

ستون اول مربوط است به ضخامت فلز جوش رسوب داده شده در تست کوپن تست جوشکار.

ستون دوم محدودهٔ جوش تأیید شده ای است که بر اساس ضخامت جوش داده شده در تست کوپن جوشکار مشخص می شود. در جدول QW-452.1(b) کلاً دو محدوده ضخامت است

۱)- همه‌ی ضخامتهای فلز جوش رسوب داده شده‌ی زیر ۱۳ میلیمتر تا دو برابر ضخامت خودش را تأیید می کند.

۲)- همه‌ی ضخامتهای فلز جوش رسوب داده شده‌ی ۱۳ میلیمتر و بیشتر، تمام ضخامتهایی را که بتوان جوشکاری کرد تأیید می کنند. (باصطلاح نامحدود است). اما چنین وضعیتی مشروط به این اصل است که ضخامت ۱۳ میلیمتر و بیشتر باید با حداقل سه لایه جوش پر شده باشد.



شکل-۶۲۰ : نحوی چیدمان حداقل لایه های جوش توسط جوشکار

*- پاراگراف QW-405.1 (+ Position)

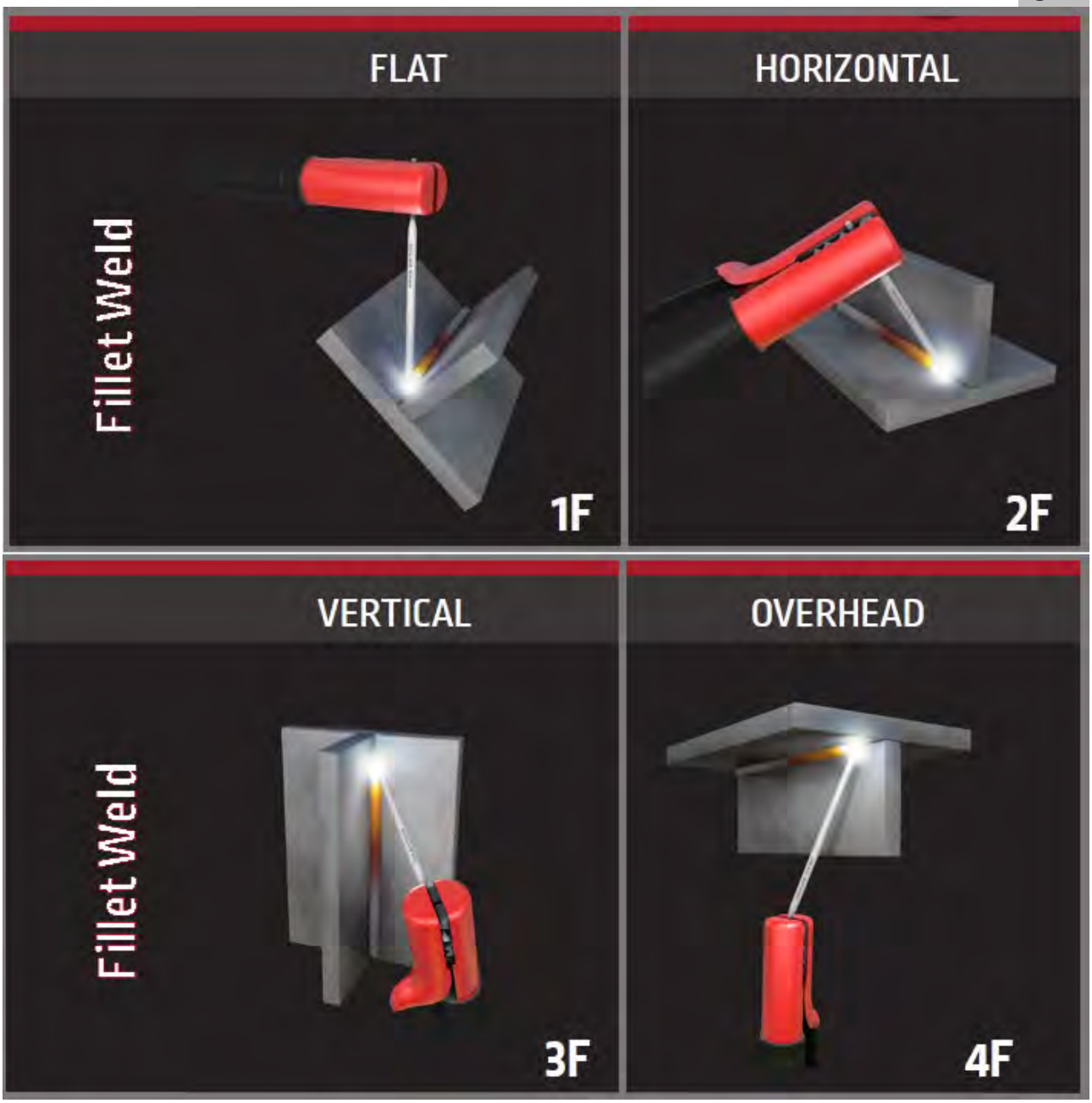
ترجمه : اضافه شدن وضعیت های جوشکاری غیر از آنهائی که تأیید شده اند به QW-130, QW-120, QW-203 و QW-303 نگاه کنید.

QW-405 POSITIONS

QW-405.1 The addition of other welding positions than those already qualified. see QW-120, QW-130, QW-203, and QW-303.

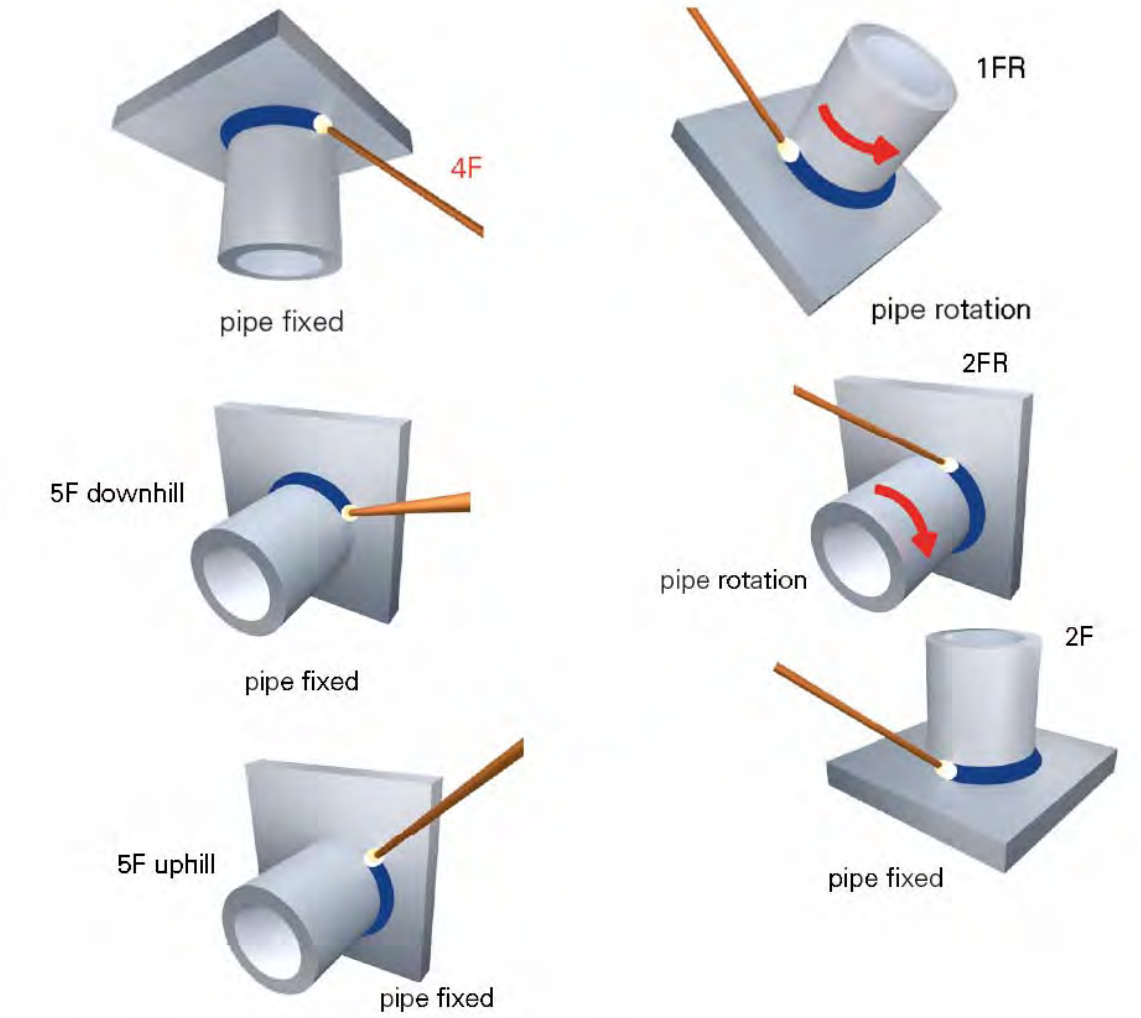
شکل-۶۲۱ : پاراگراف QW-405.1 در استاندارد ASME Sec IX-2019

توضیح : هر جوشکار برای هر وضعیت از وضعیتهای جوش باید تست بدهد و در آن وضعیت باید تأیید شود.

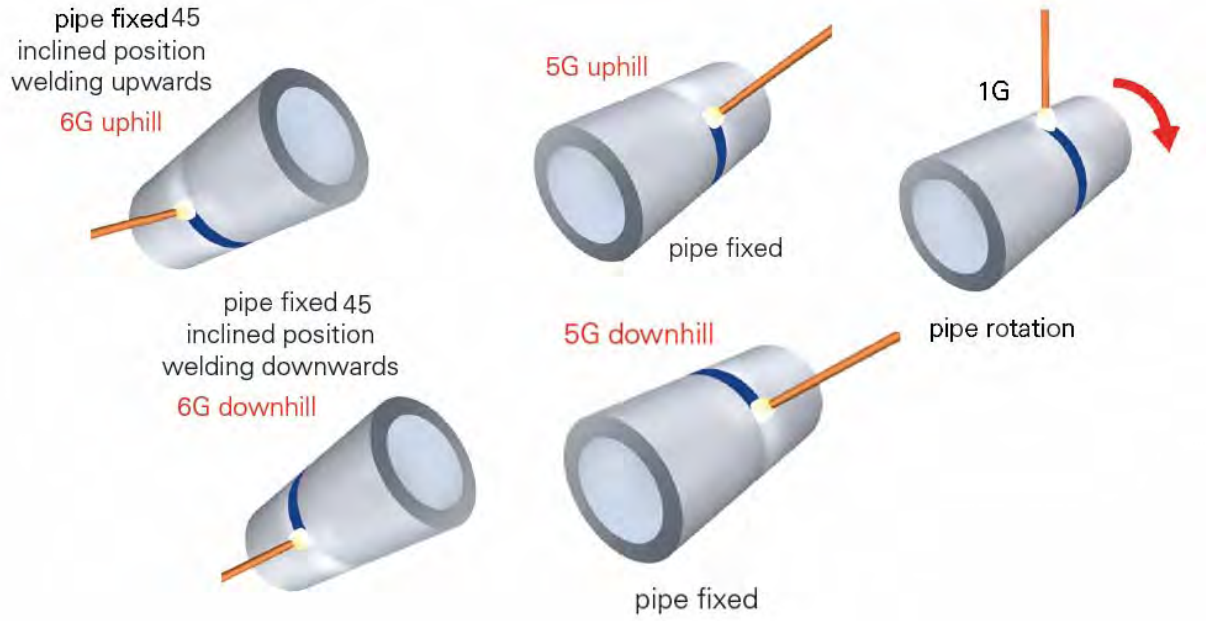


شکل-۶۲۲ : وضعیتهای جوشکاری ورق در جوشهای Fillet مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

شکل-۶۲۳ : وضعیتهای جوشکاری ورق و لوله در جوشهای Groove مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019



شکل-۶۲۴ : وضعیتهای جوشکاری لوله به ورق در جوشهای Fillet مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019



شکل-۶۲۵ : وضعیتهای جوشکاری لوله در جوشهای Groove مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

***- پاراگراف QW-120 (TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS)

***- پاراگراف QW-120 وضعیت های تست برای جوشهای شیاری (Groove)

QW-120 TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS

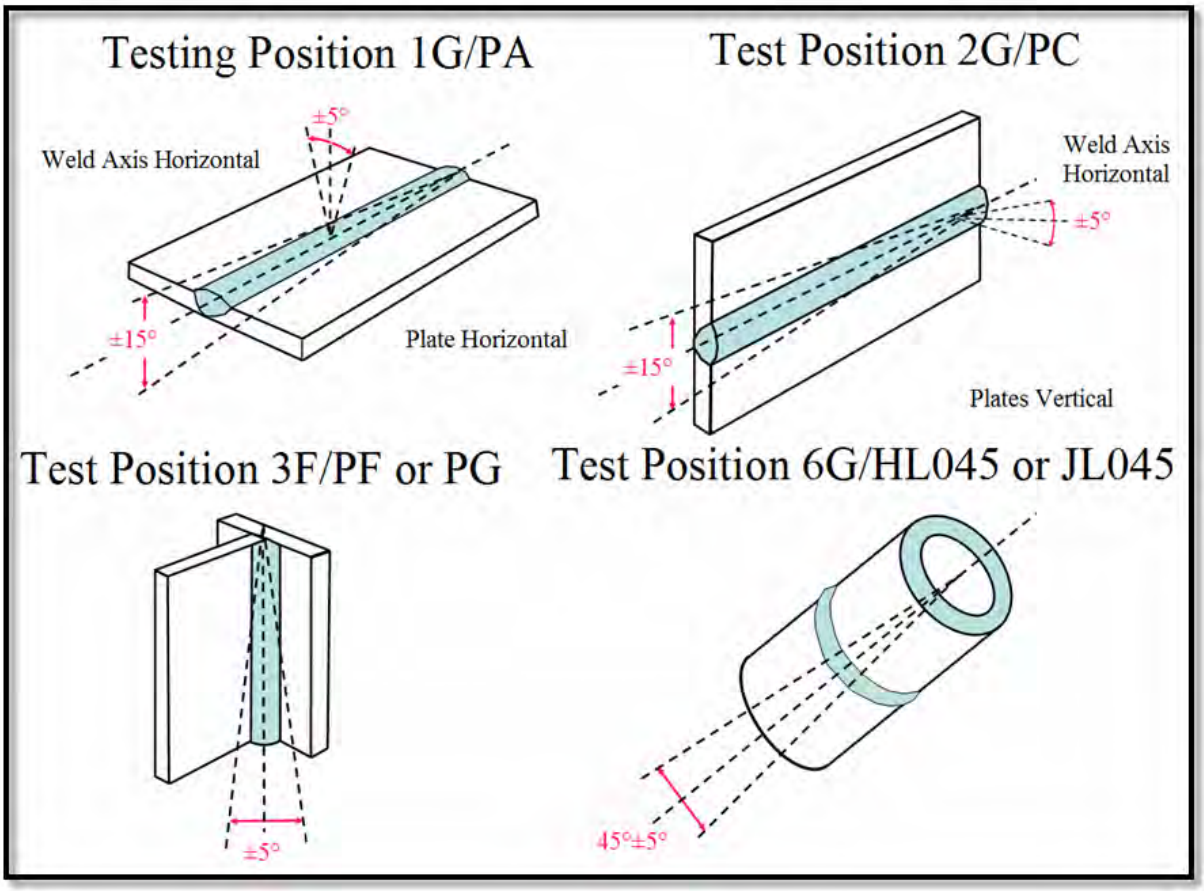
Groove welds may be made in test coupons oriented in any of the positions in Figure QW-461.3 or Figure QW-461.4 and as described in the following paragraphs, except that an angular deviation of ±15 deg from the specified horizontal and vertical planes, and an angular deviation of ±5 deg from the specified inclined plane are permitted during welding.

شکل-۶۲۶ : پاراگراف QW-120 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : وضعیت های تست برای جوشهای شیاری (Groove)

اتصالات شیاری را می توان در تست کوپن هائی که در هر یک از وضعیتهای شکل های QW-161.3 یا QW-161.4 قرار داده شده اند و به شرحی که در پاراگرافهای بعدی آورده شده جوشکاری نمود با این استثناء که به اندازهٔ ±15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی و عمودی مشخص شده و ±5 درجه انحراف چرخش در هر یک از این صفحات مجاز می باشد.

مثال: ± 15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی برای حالت جوش Testing Position 1G, 2G, 3F & 6G

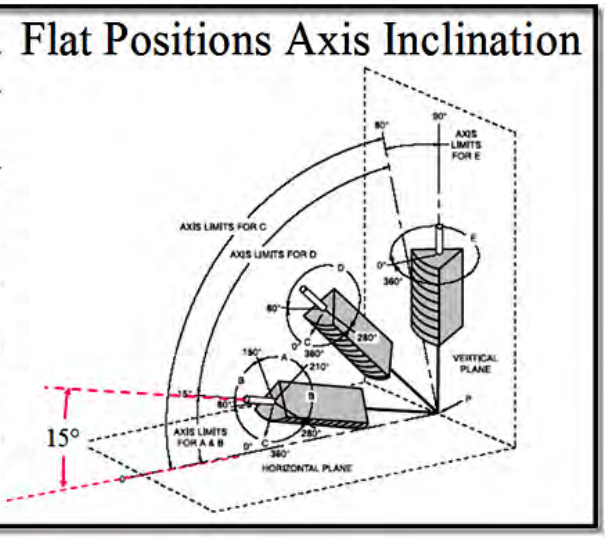


شکل-۶۲۷ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار

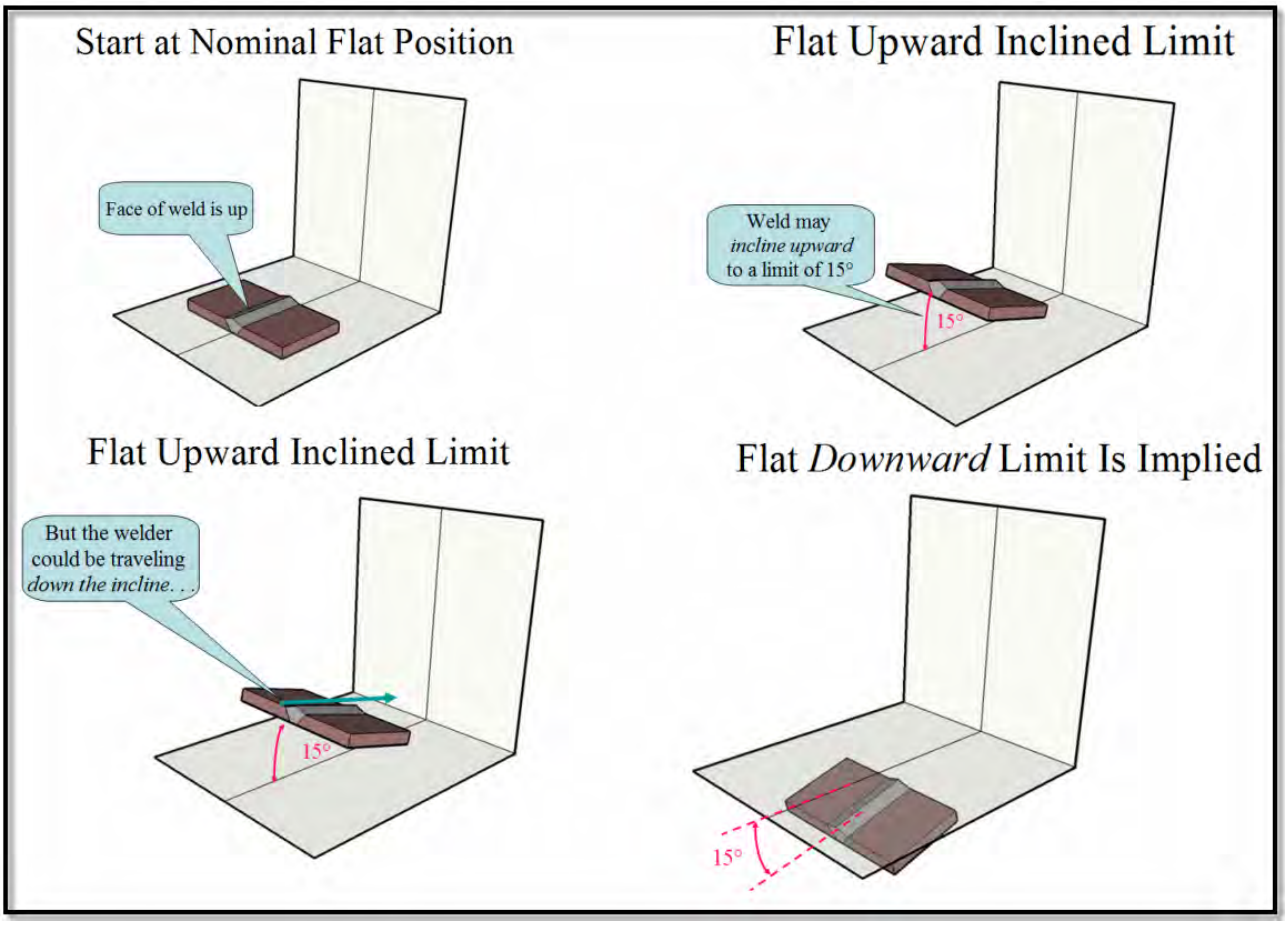
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



شکل-۶۲۸ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 1G

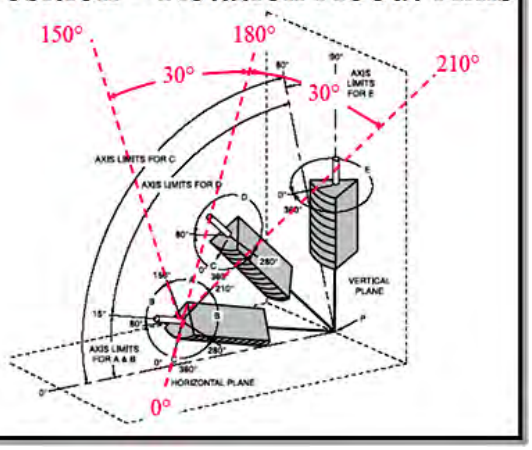


شکل-۶۲۹ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 1G

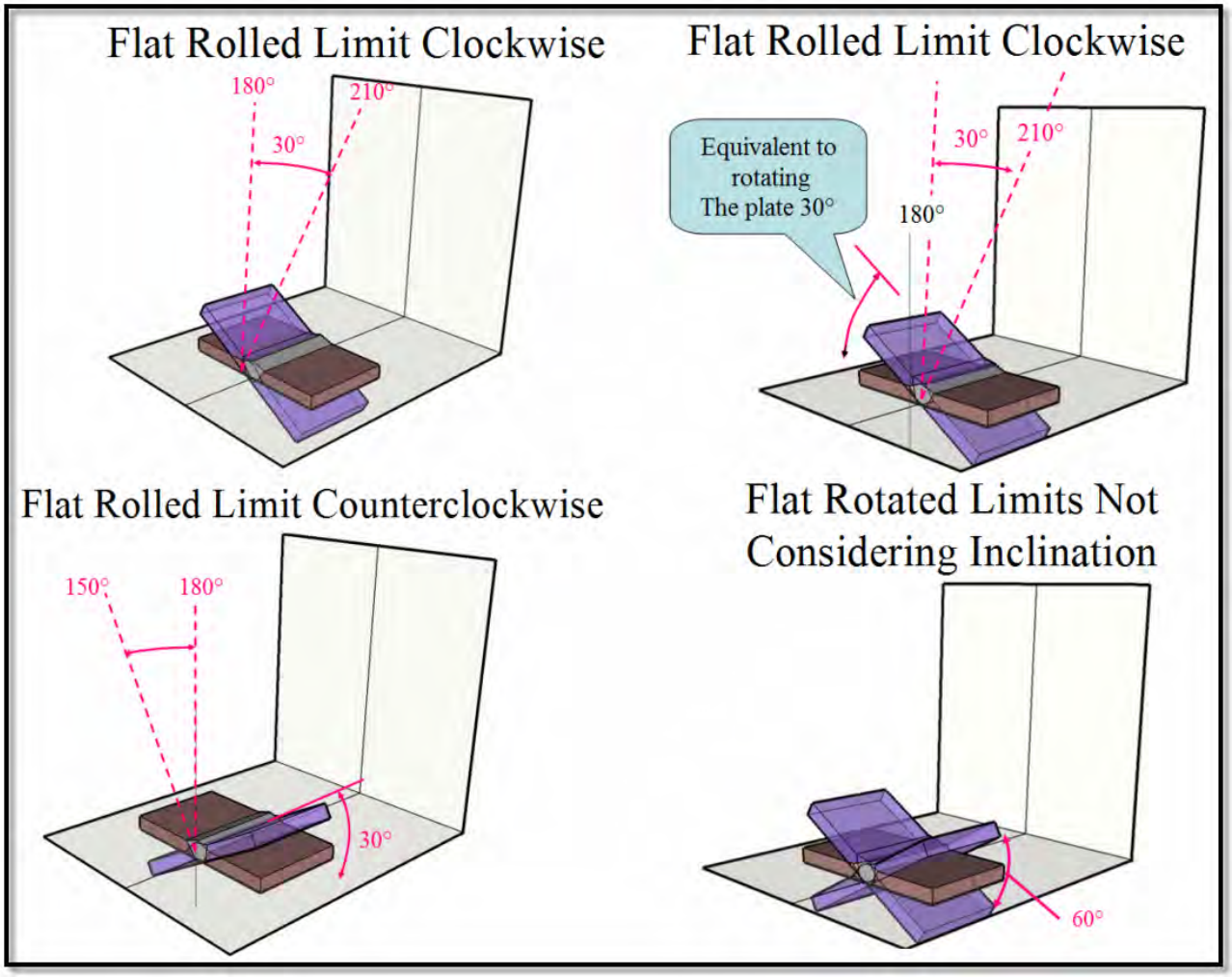
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

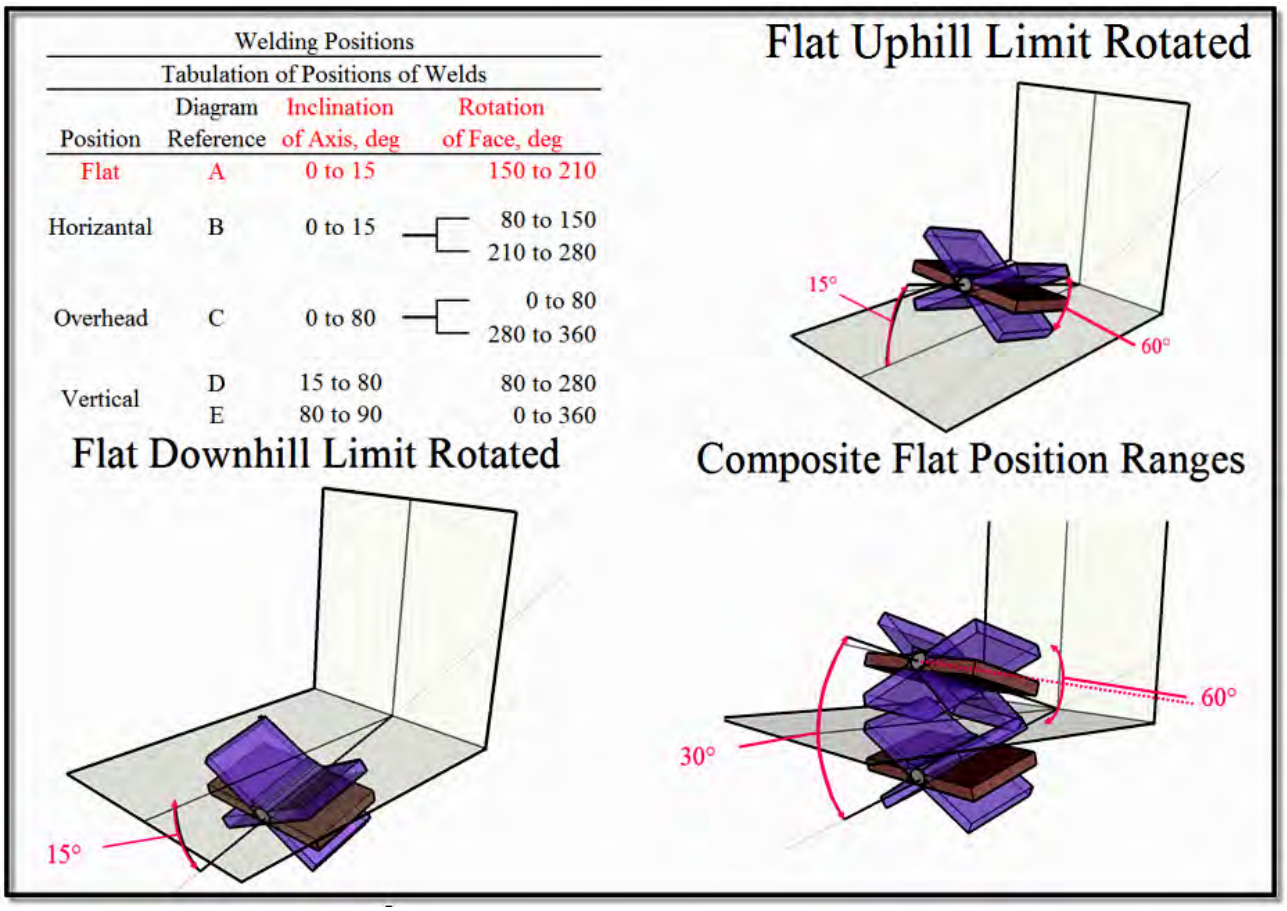
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



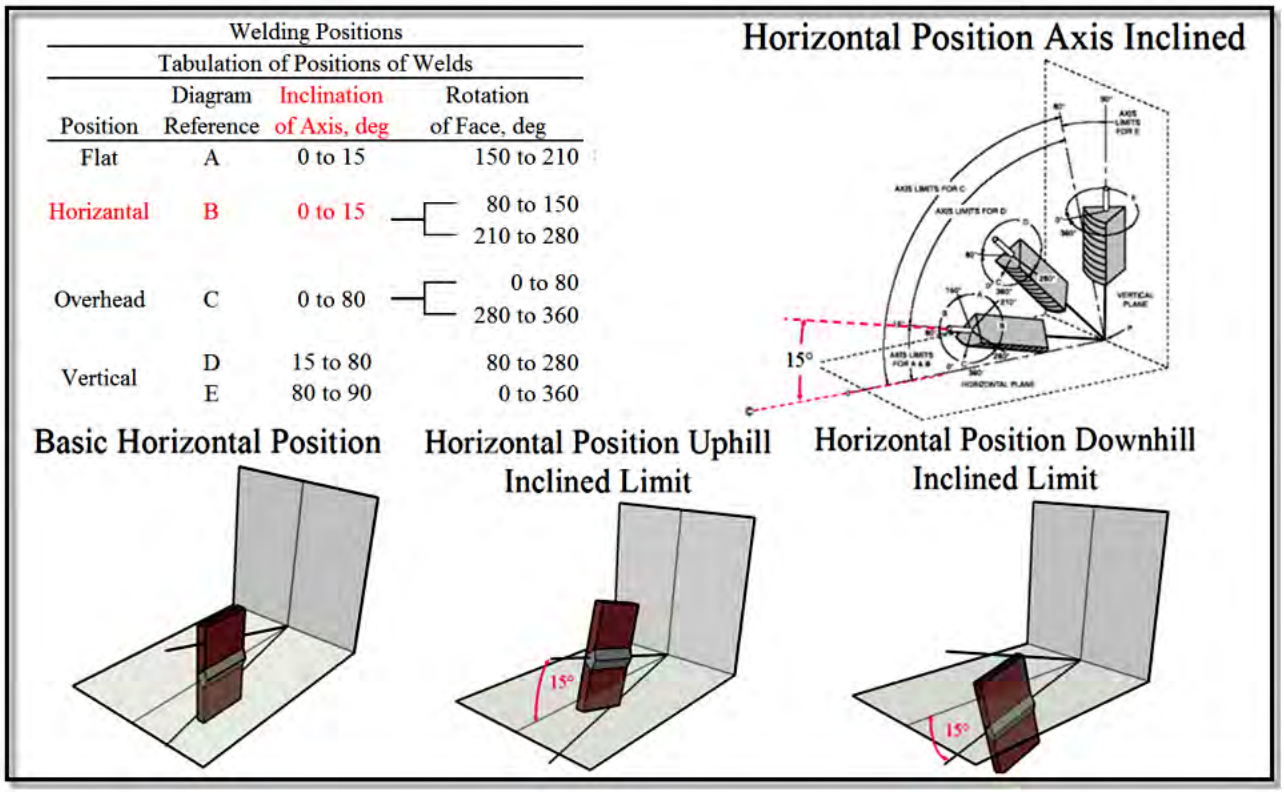
شکل-۶۳۰ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 1G (چرخشی)



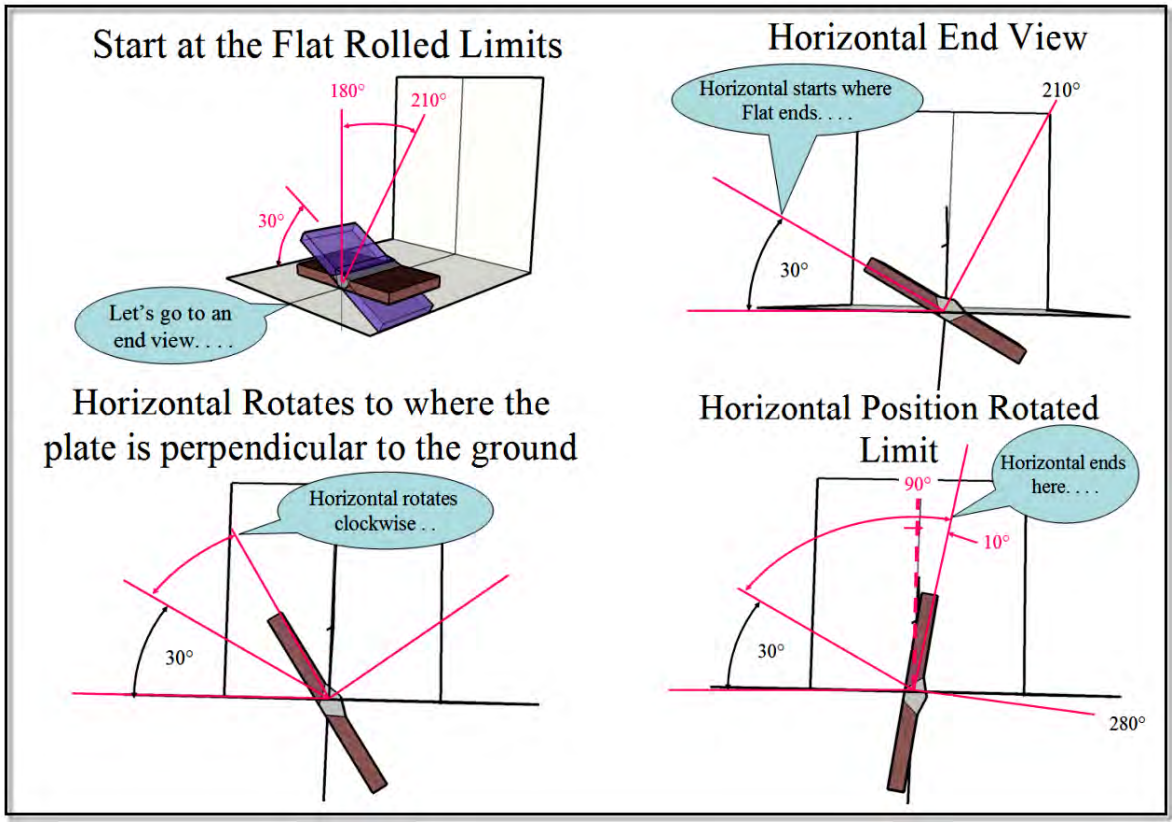
شکل-۶۳۱ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 1G (چرخشی)



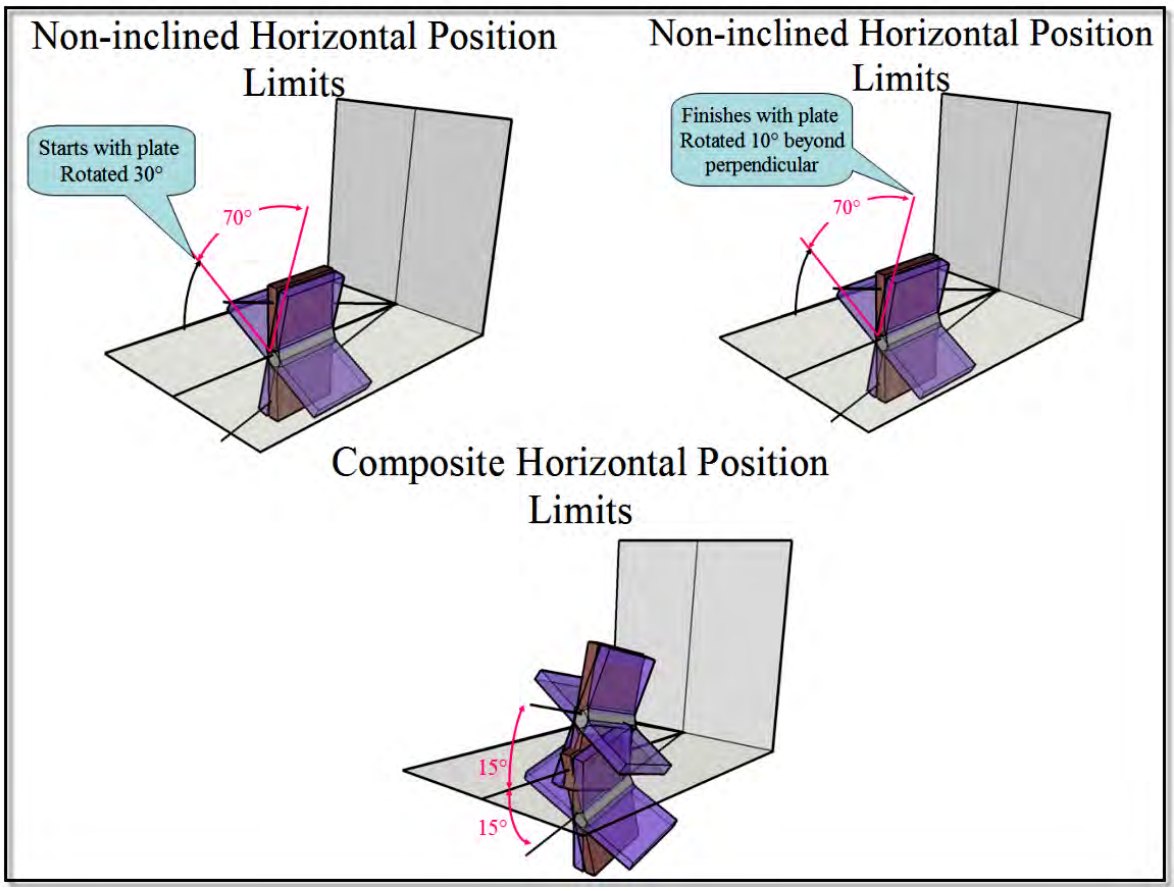
شکل-۶۳۲ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 1G (چرخشی)



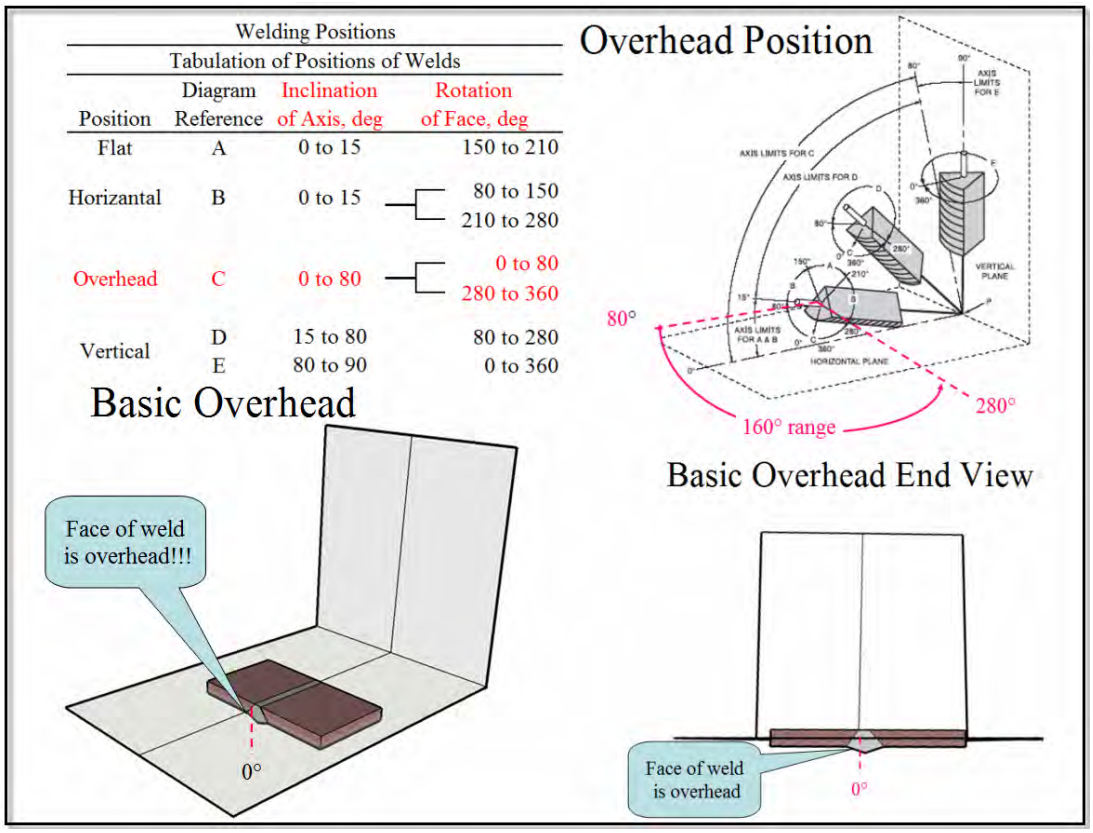
شکل-۶۳۳ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 2G



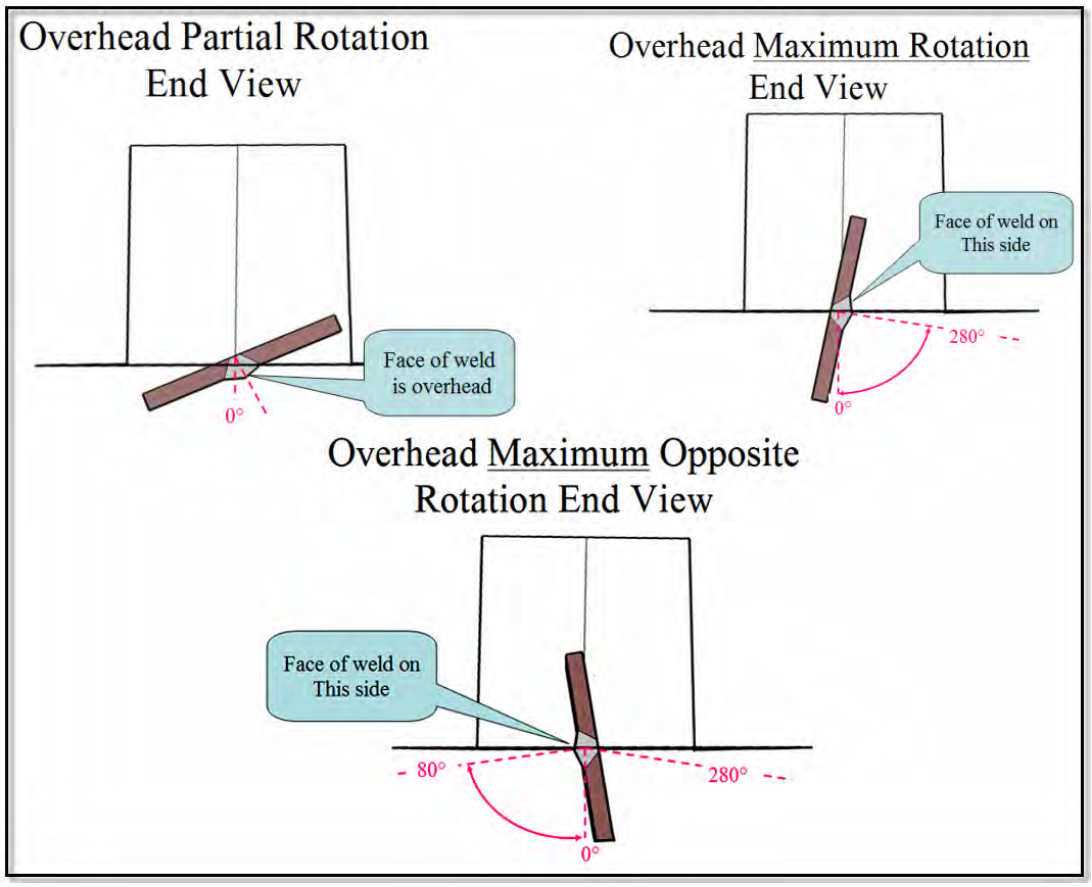
شکل-۶۳۴ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 2G



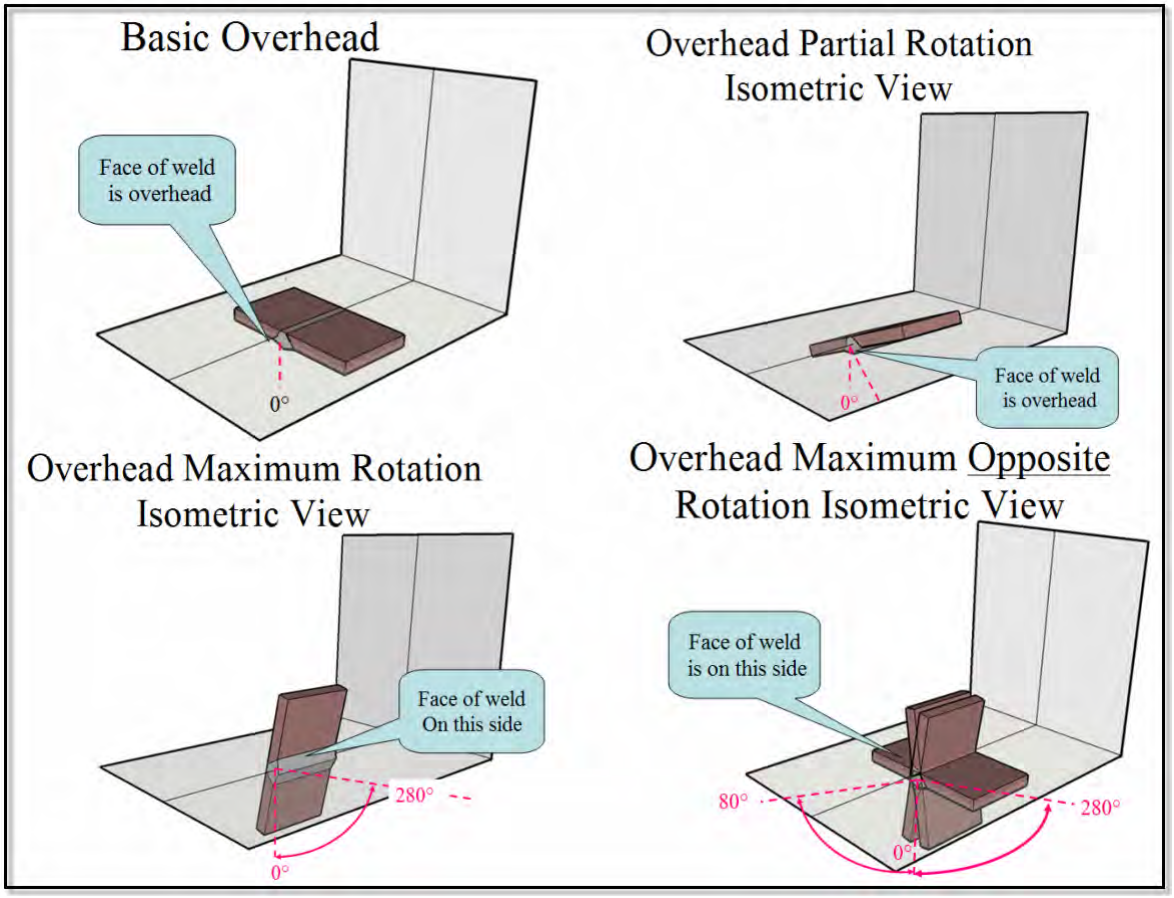
شکل-۶۳۵ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 2G (چرخشی)



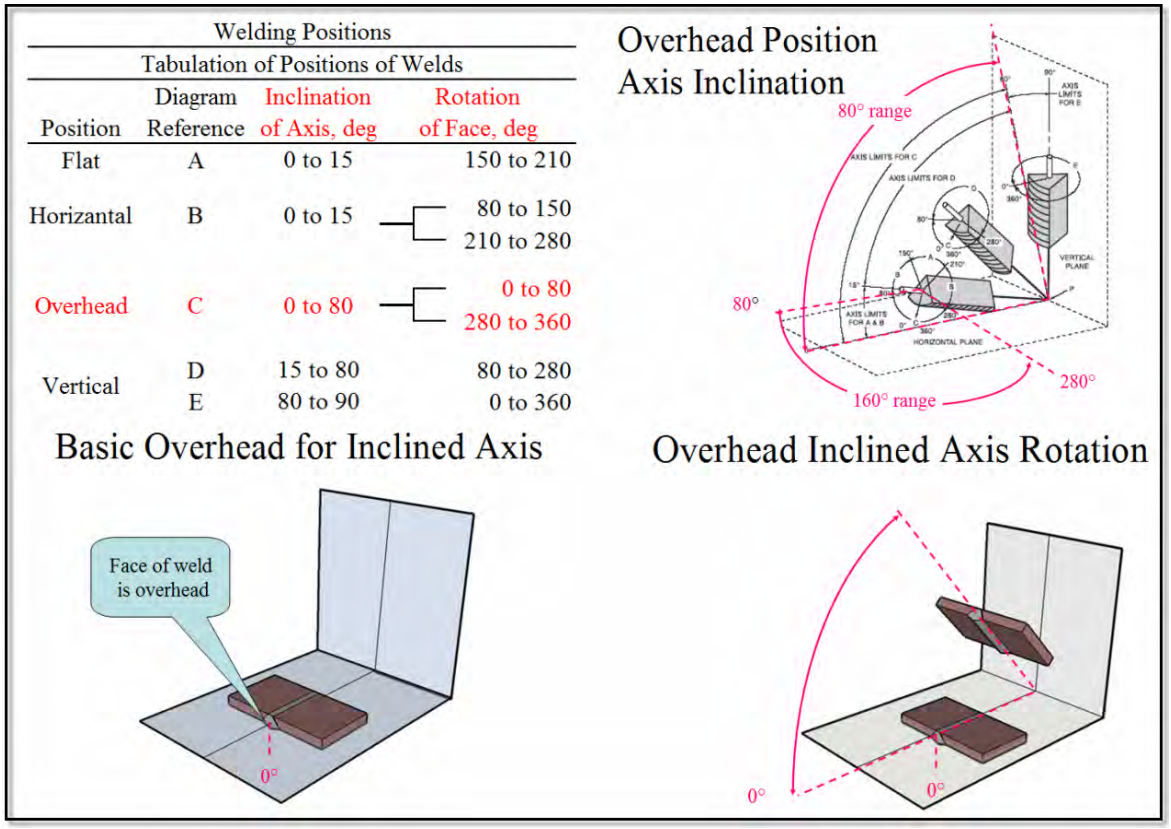
شکل-۶۳۶ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G



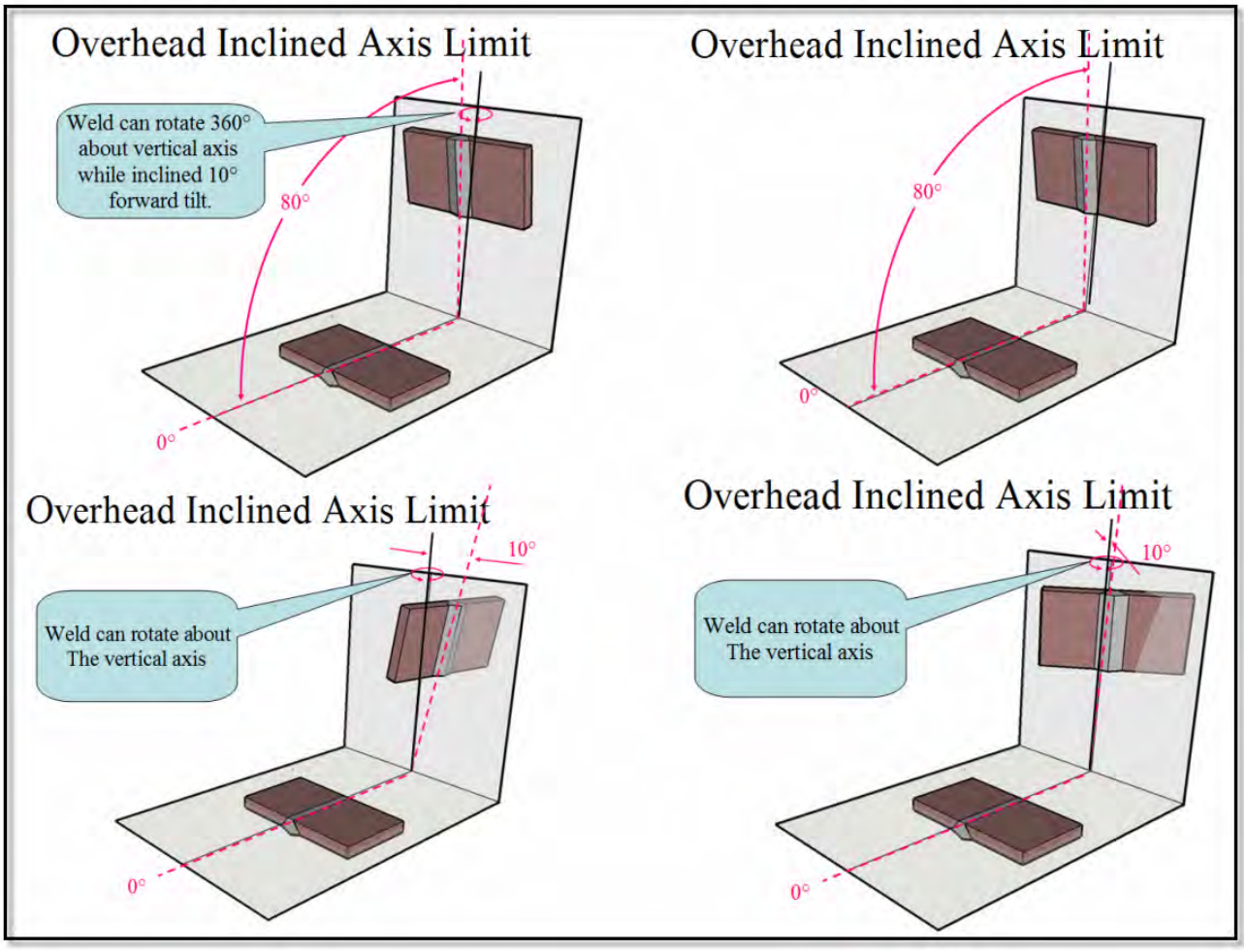
شکل-۶۳۷ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G



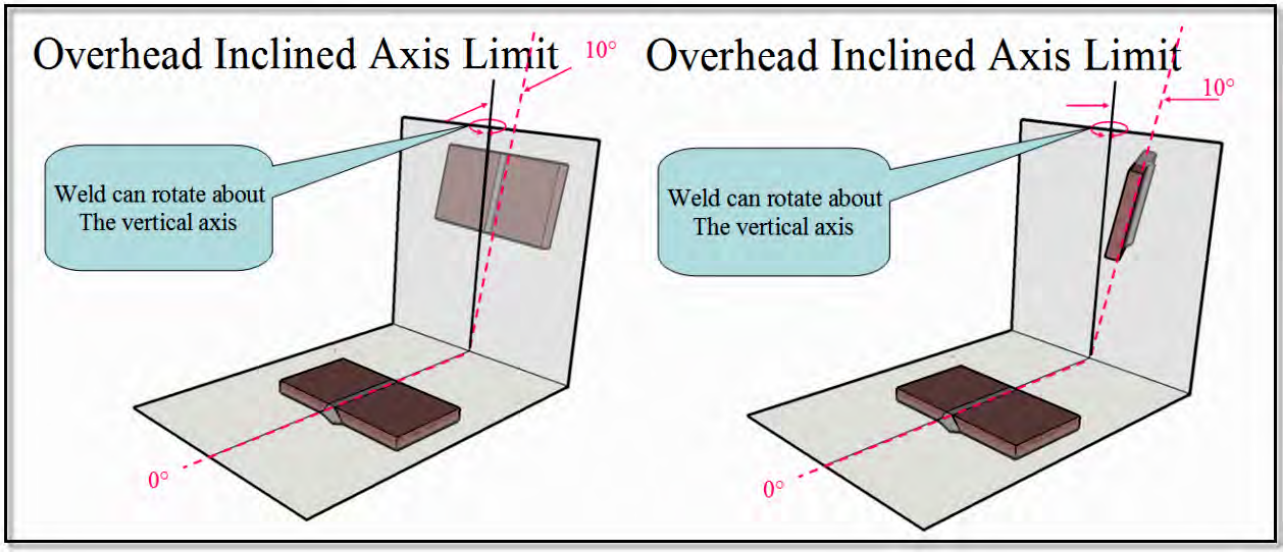
شکل-۶۳۸ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G (چرخشی)



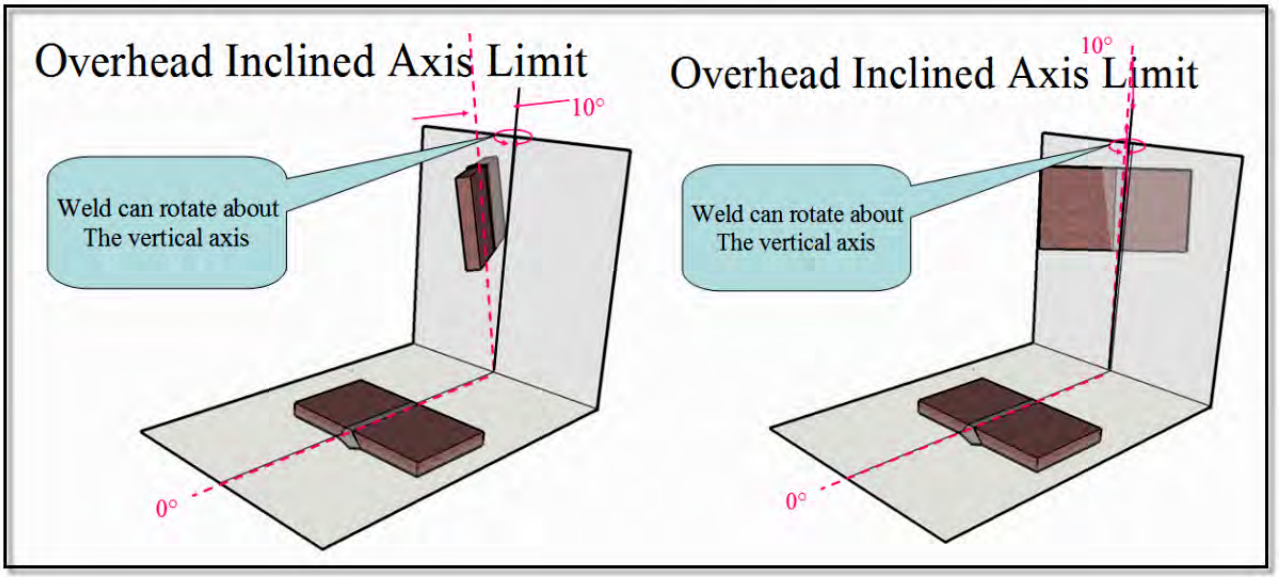
شکل-۶۳۹ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G



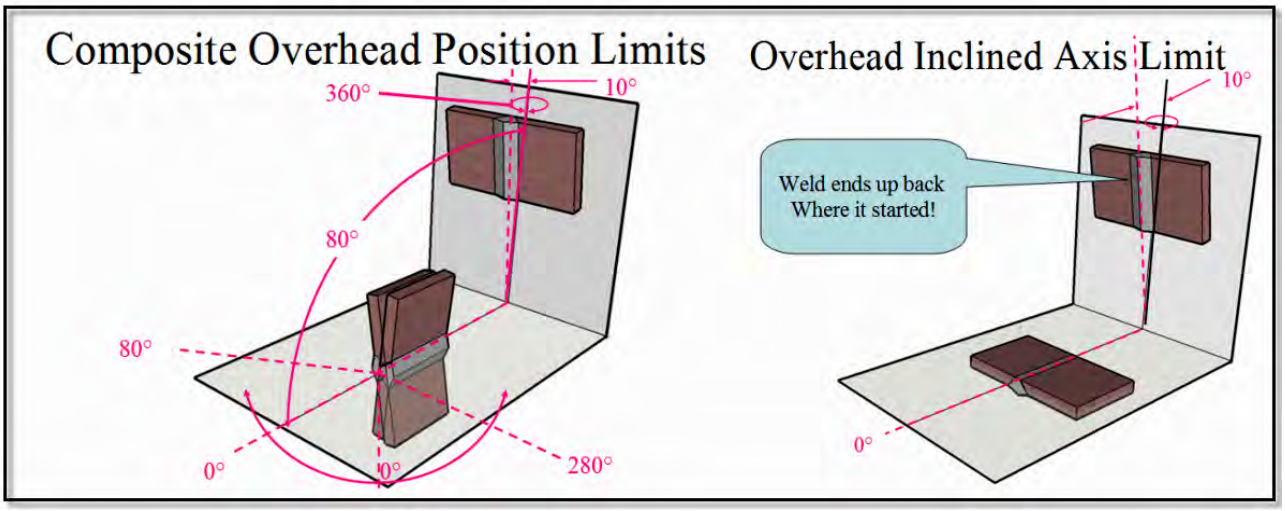
شکل-۶۴۰ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G



شکل-۶۴۱ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G



شکل-۶۴۲ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G

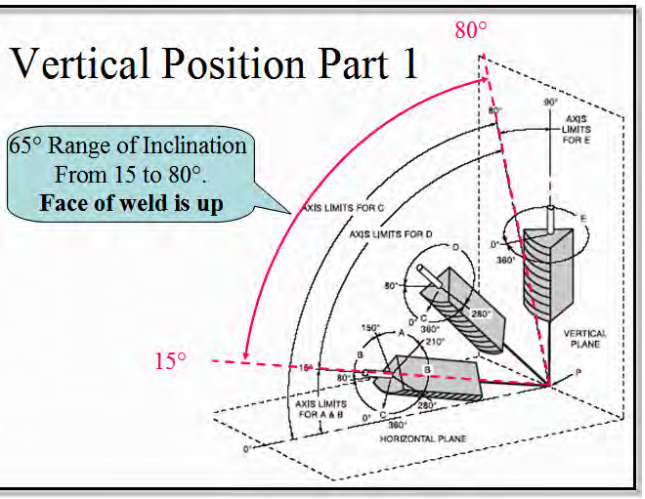


شکل-۶۴۳ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 4G

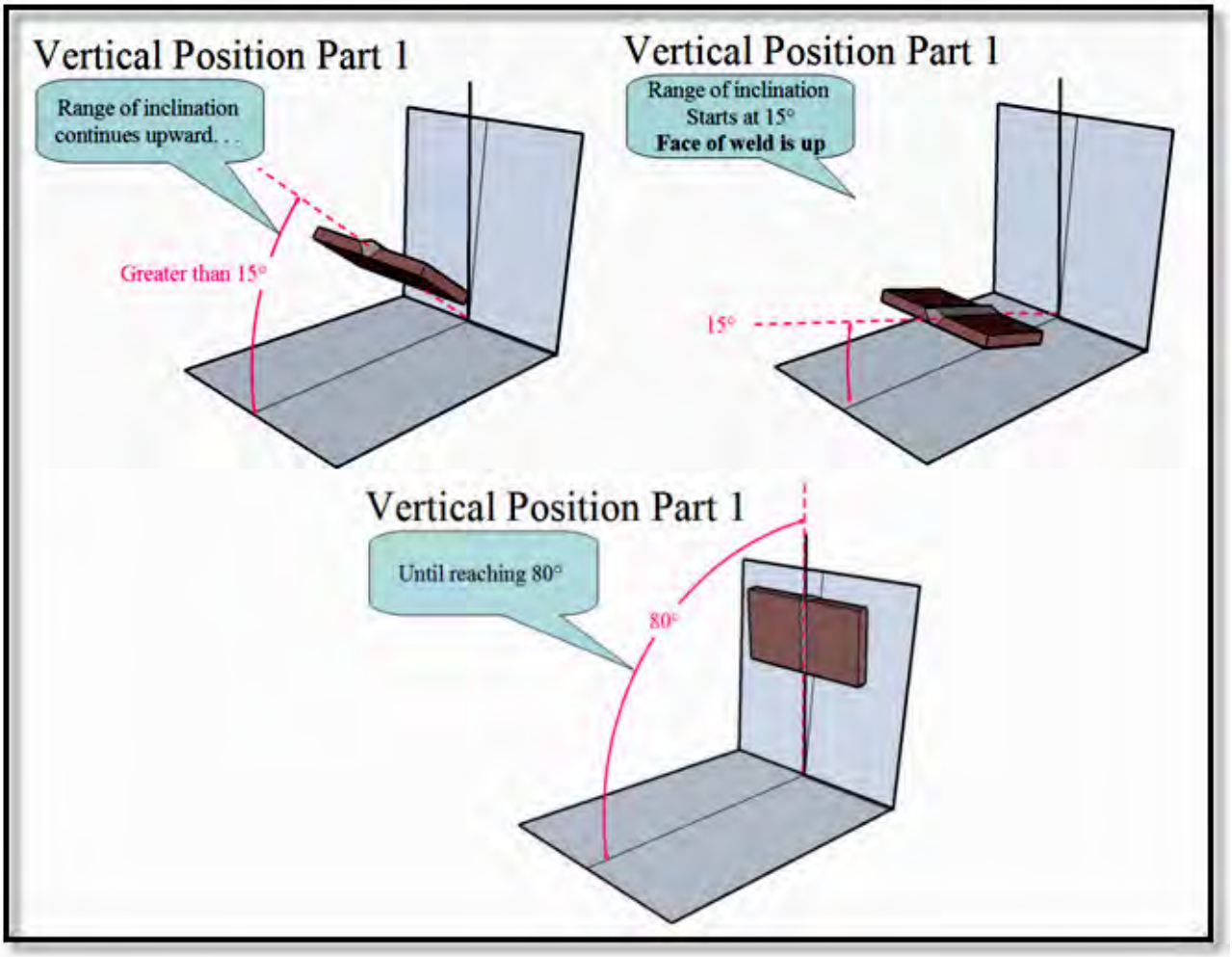
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



شکل-۶۴۴ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G

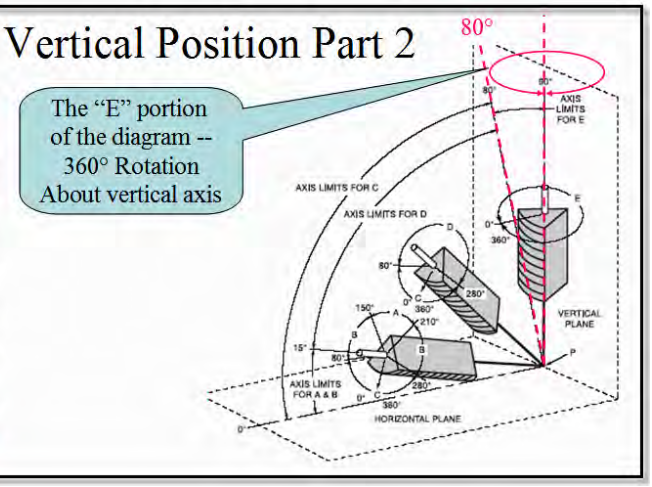


شکل-۶۴۵ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G

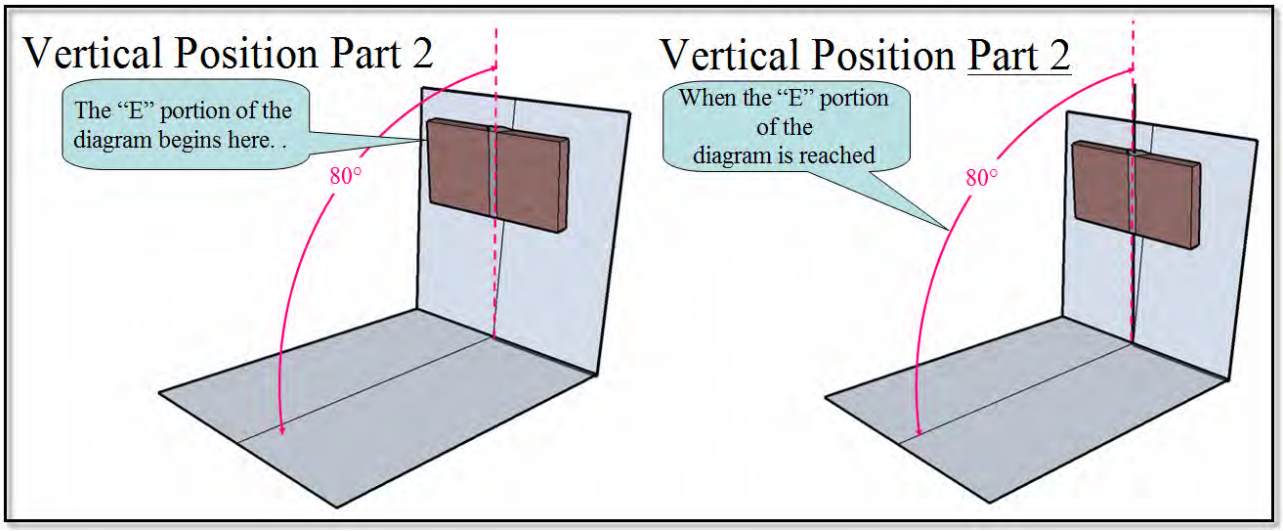
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

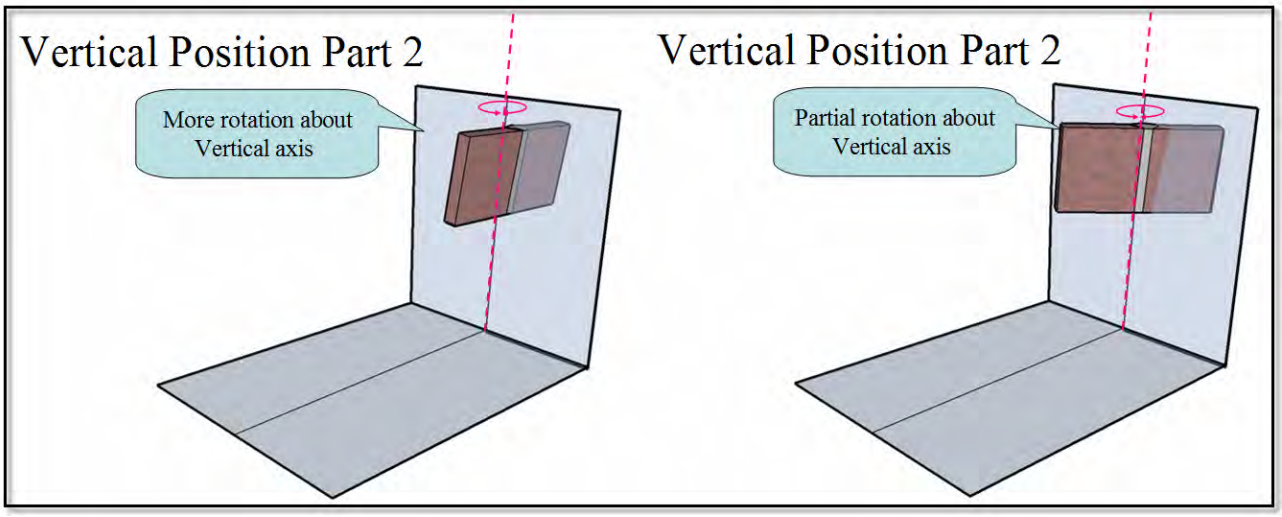
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



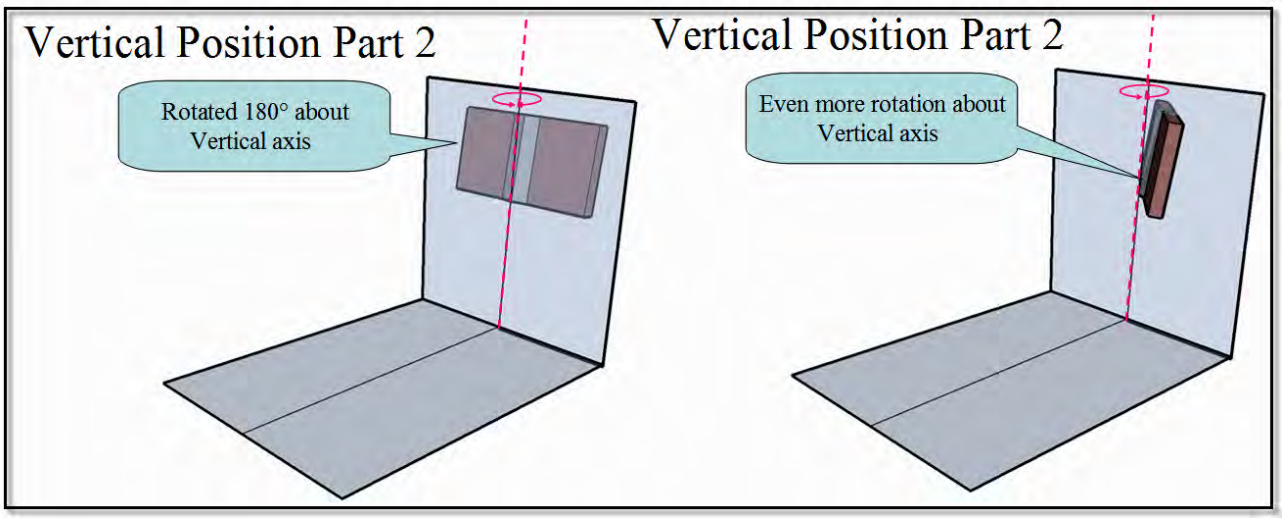
شکل-۶۴۶ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



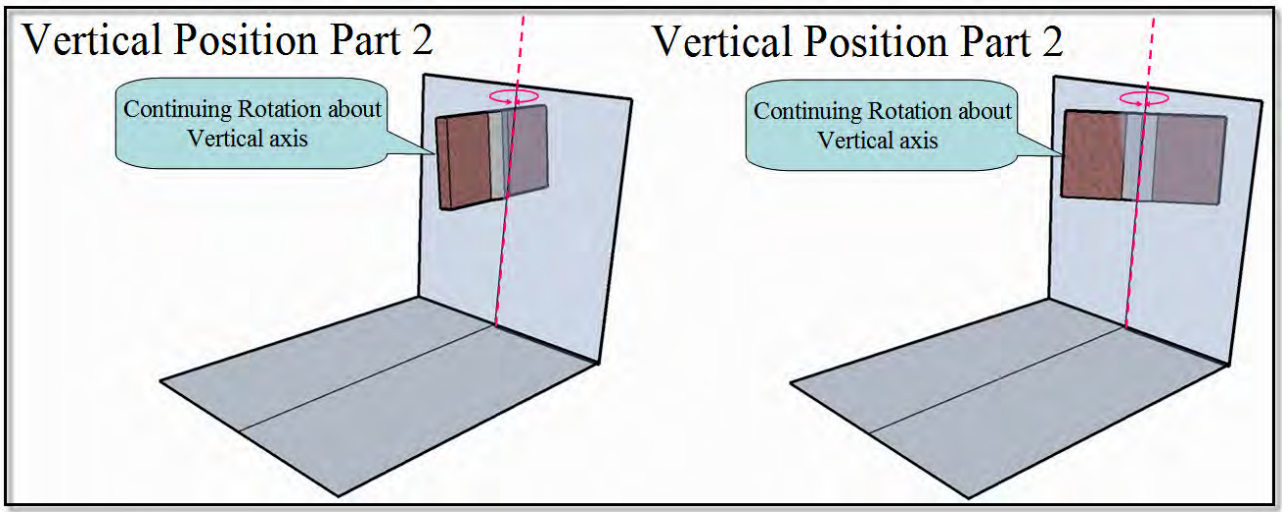
شکل-۶۴۷ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



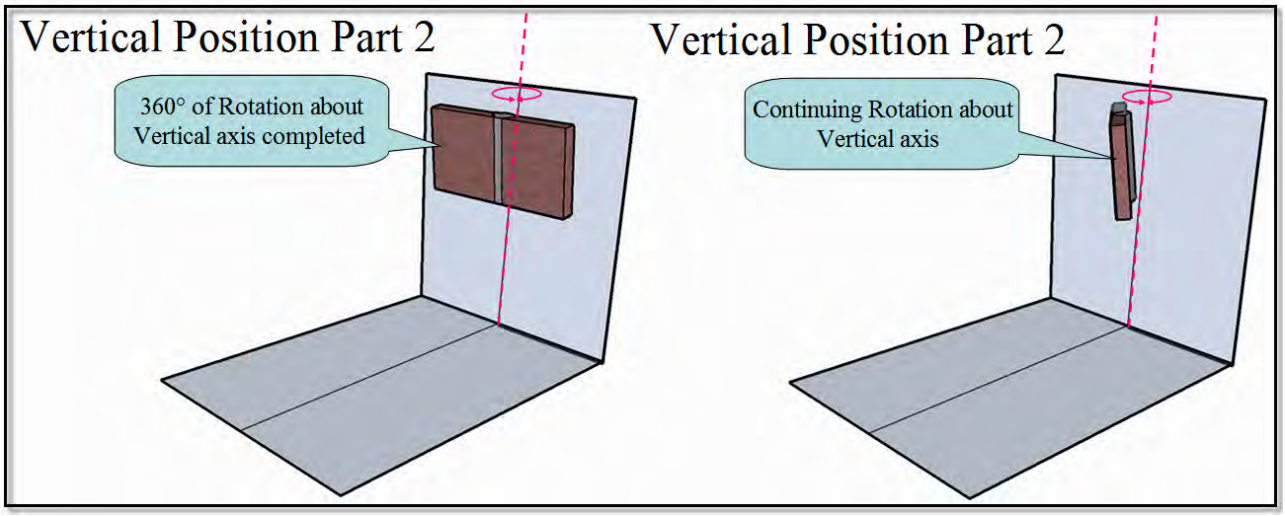
شکل-۶۴۸ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



شکل-۶۴۹ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



شکل-۶۵۰ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G

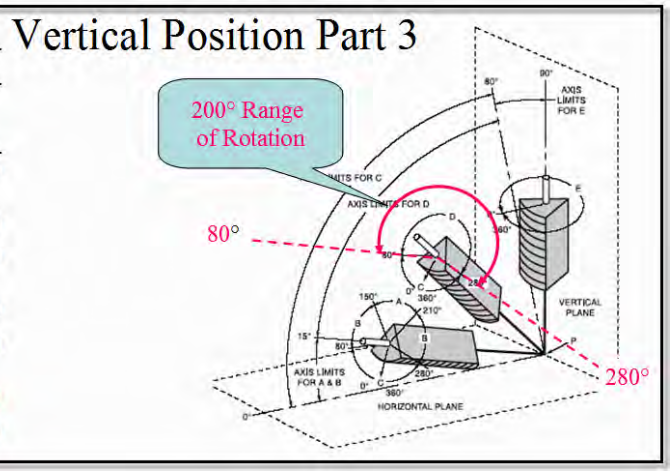


شکل-۶۵۱ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G

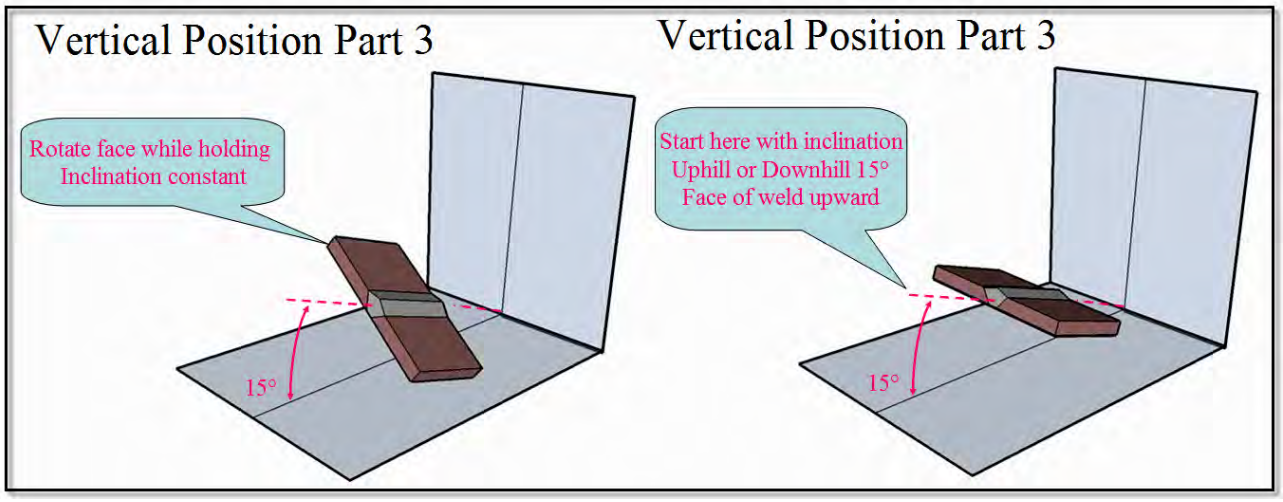
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

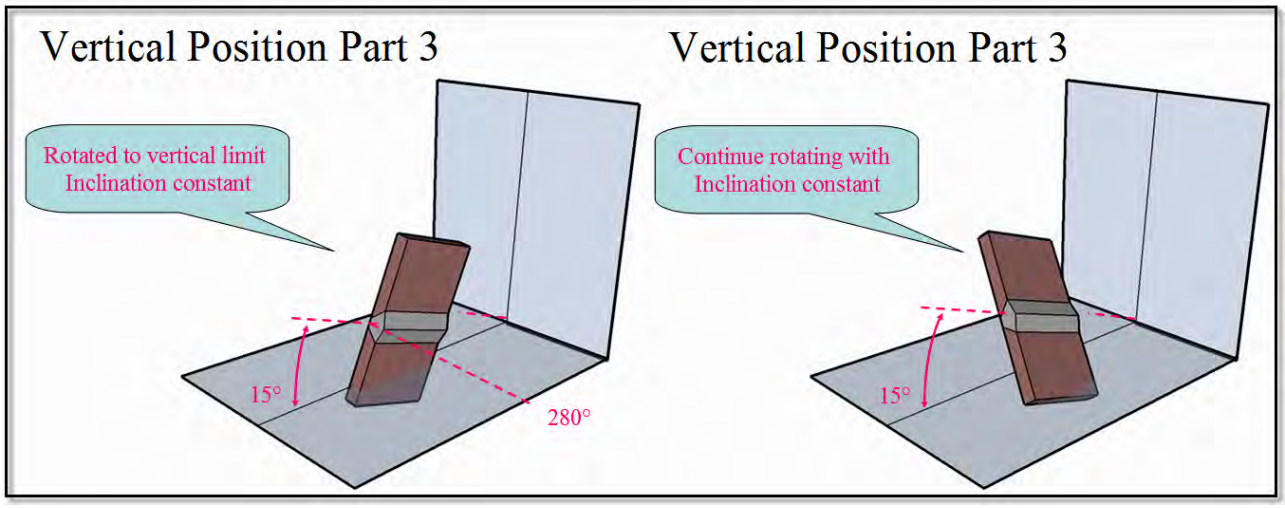
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



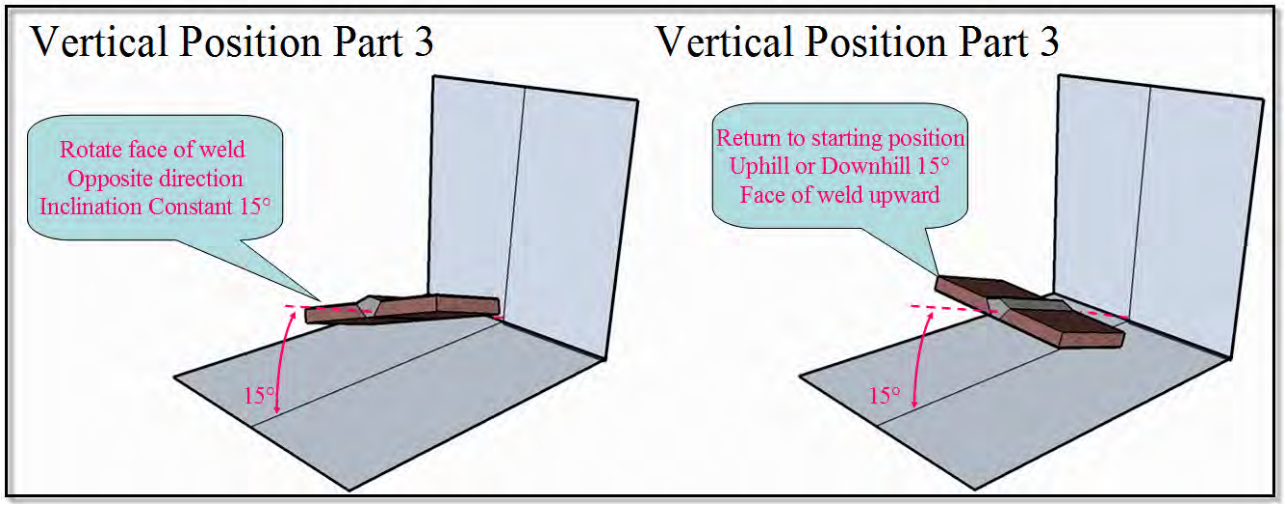
شکل-۶۵۲ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



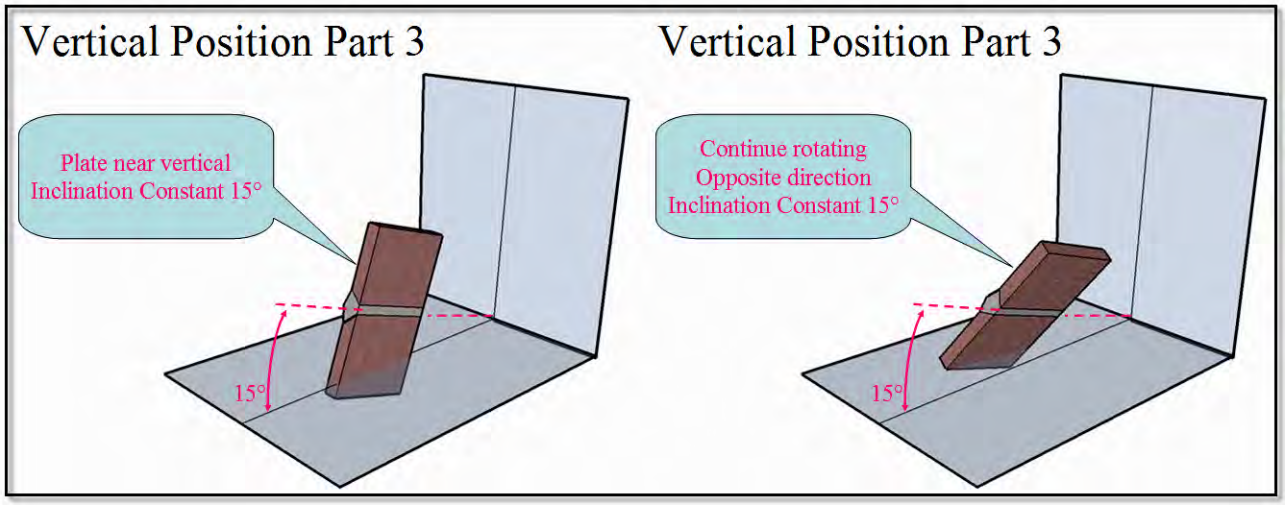
شکل-۶۵۳ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



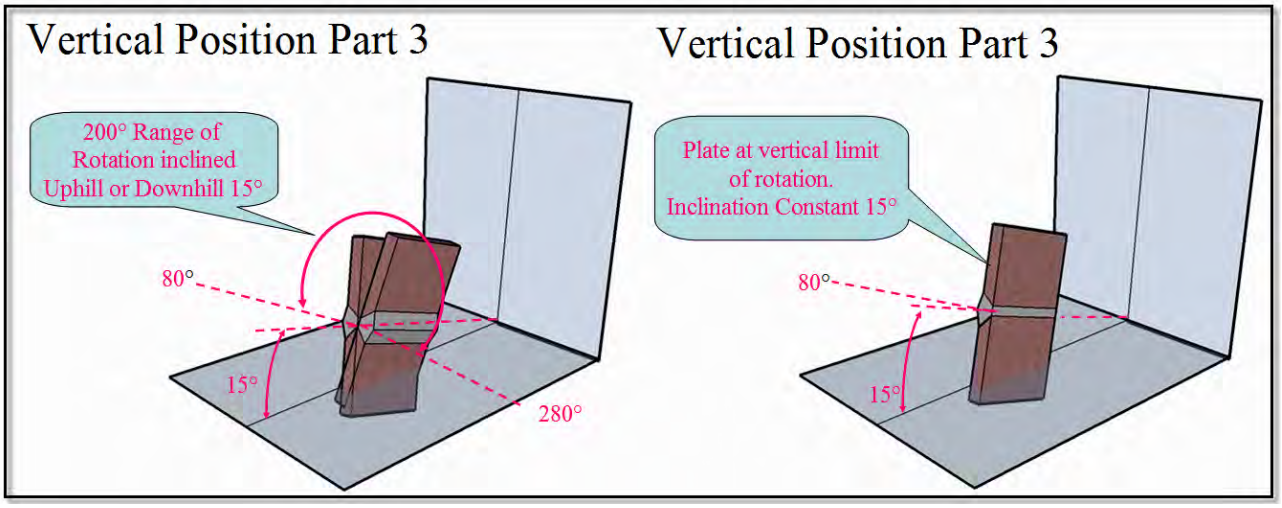
شکل-۶۵۴ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



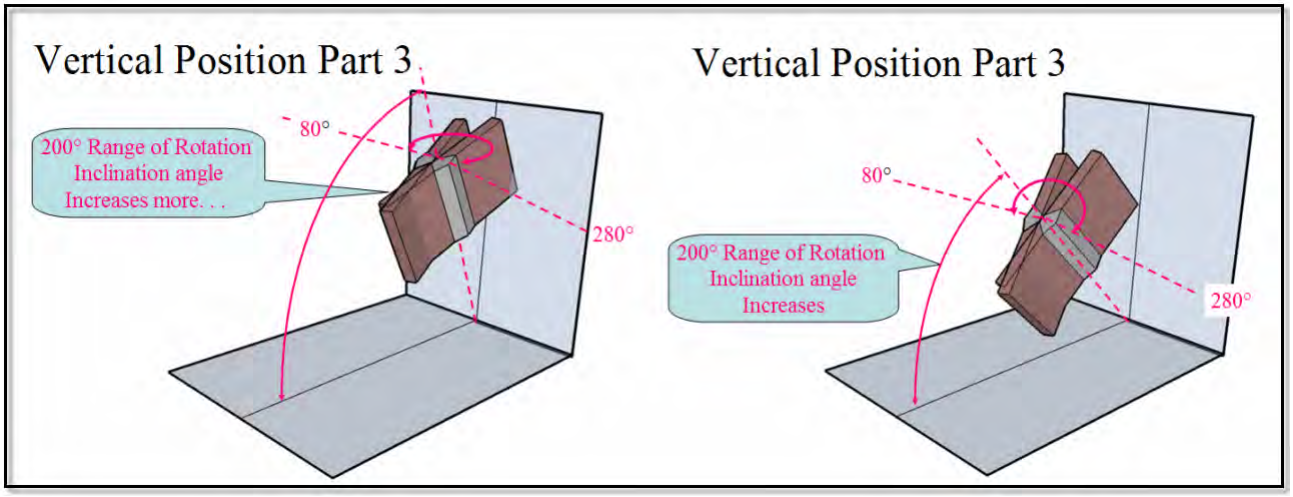
شکل-۶۵۵ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



شکل-۶۵۶ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G



شکل-۶۵۷ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G (چرخشی)

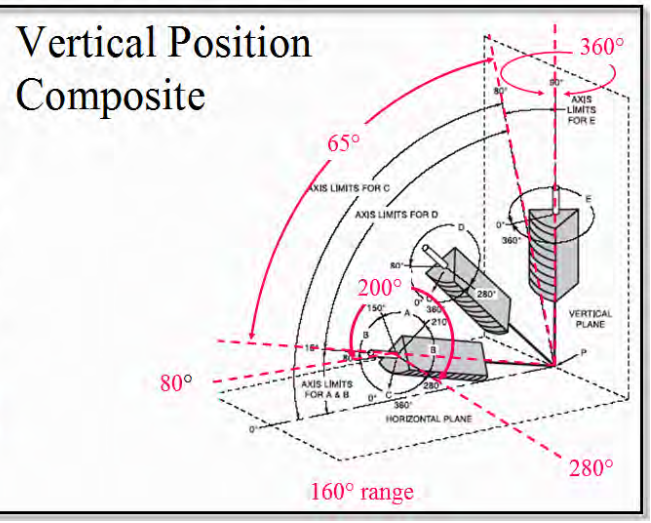


شکل-۶۵۸ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G (چرخشی)

Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360

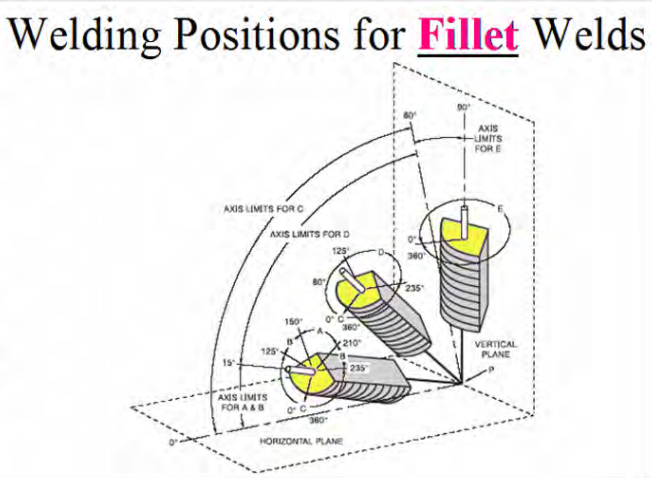


شکل-۶۵۹ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت 3G (ترکیبی)

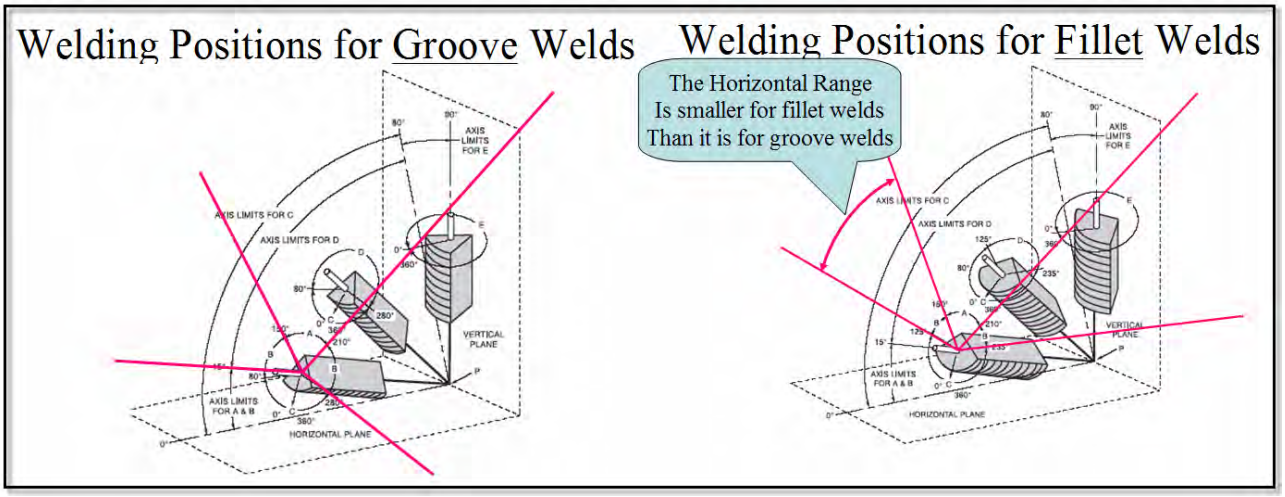
Welding Positions

Tabulation of Positions of Welds

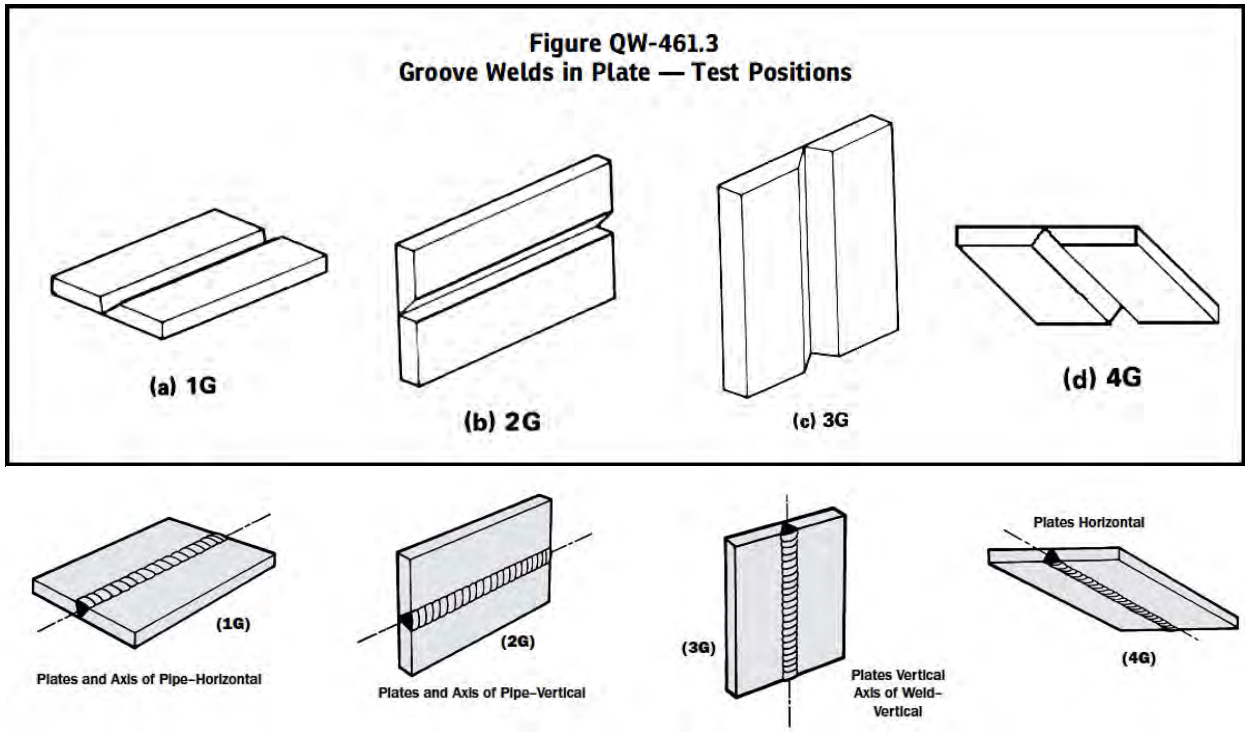
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizantal	B	0 to 15	125 to 150 210 to 235
Overhead	C	0 to 80	0 to 125 235 to 360
Vertical	D	15 to 80	125 to 235
	E	80 to 90	0 to 360



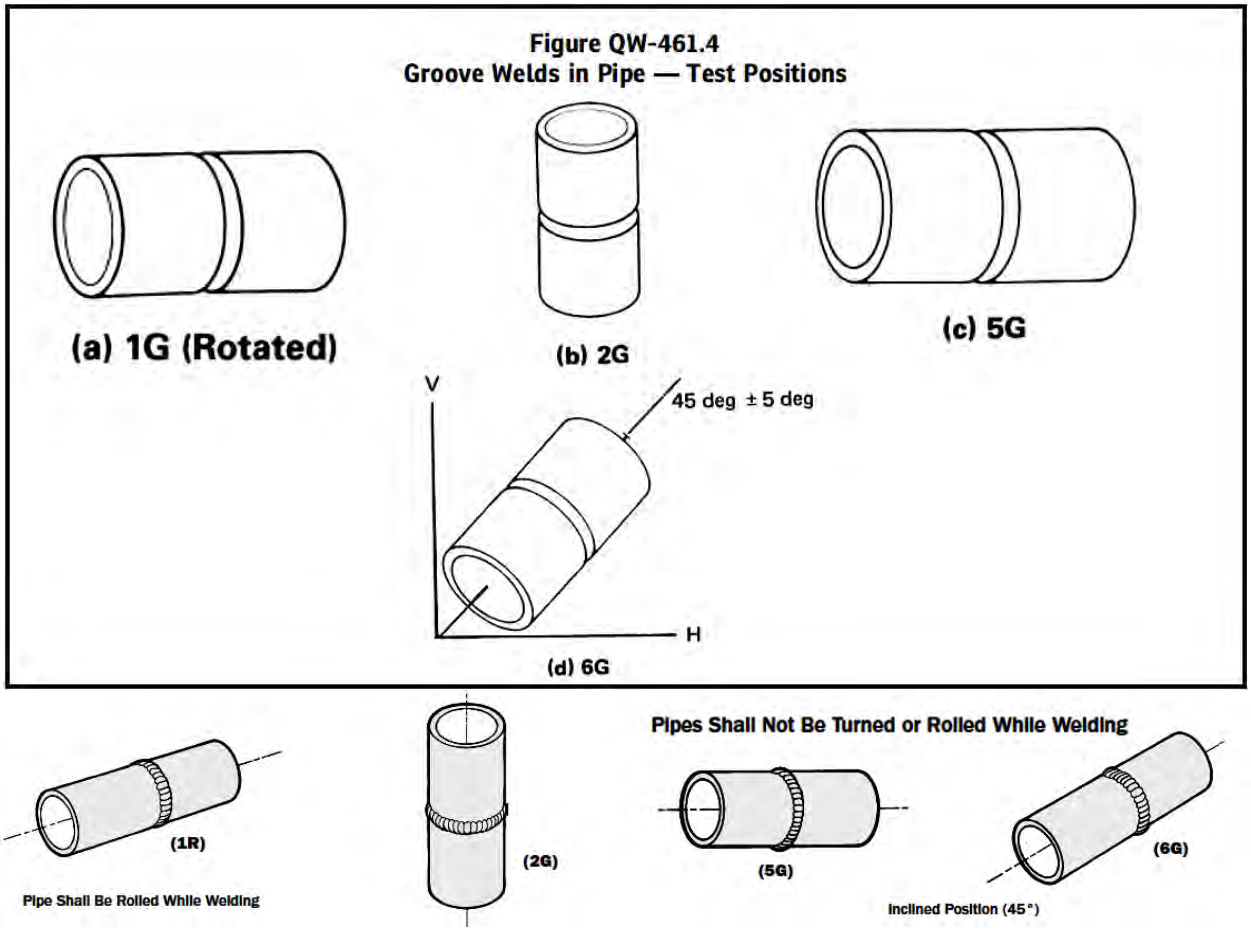
شکل-۶۶۰ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت Fillet



شکل-۶۶۱ : زاویه ی انحراف در صفحات تست کوپن جوشکار برای حالت Fillet و Groove



شکل-۶۶۲ : حالتهای جوش شیاری در ورق مربوط به QW-461.3 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019



شکل-۶۶۳ : حالتهای جوش شیاری در لوله مربوط به QW-461.4 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

***- پاراگراف QW-130 (TEST POSITIONS FOR GROOVE WELDS)

***- پاراگراف QW-130 وضعیت های تست برای جوشهای گوشه ای (Fillet)

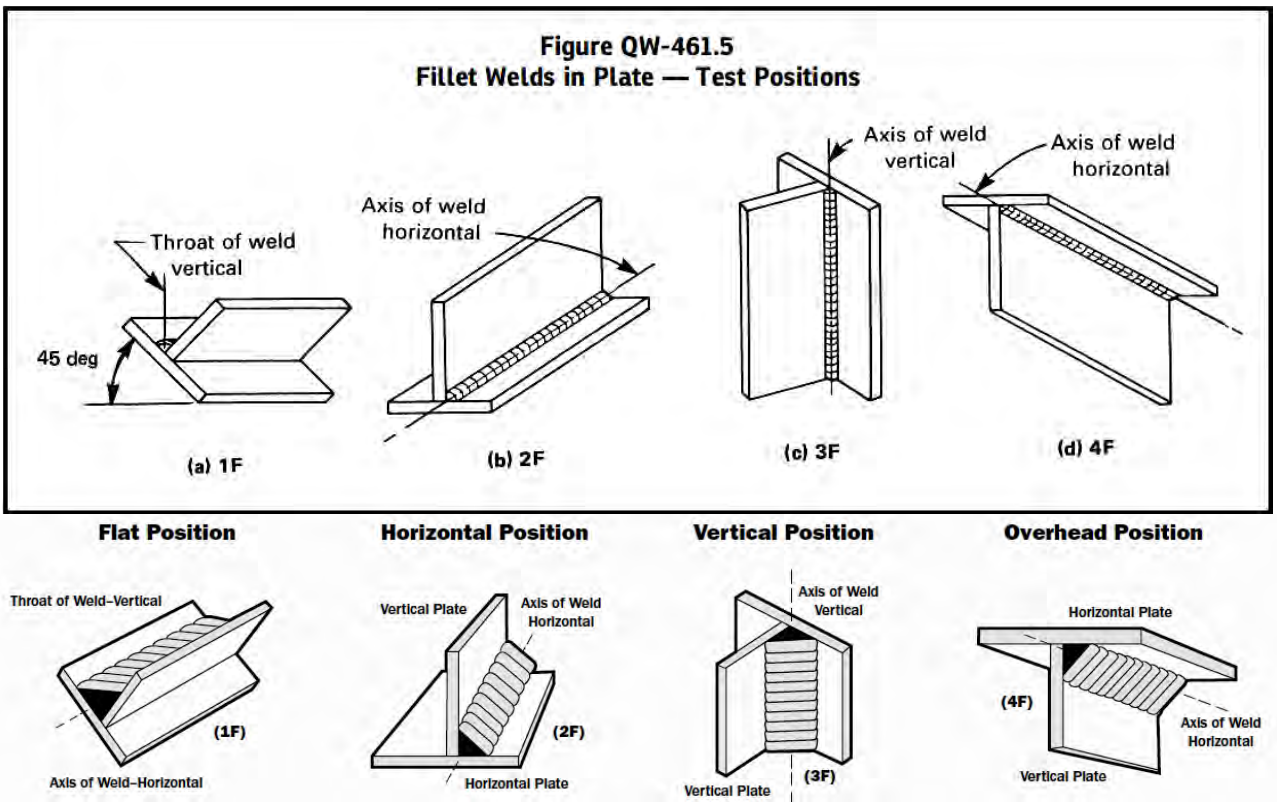
QW-130 TEST POSITIONS FOR FILLET WELDS

Fillet welds may be made in test coupons oriented in any of the positions of Figure QW-461.5 or Figure QW-461.6, and as described in the following paragraphs, except that an angular deviation of ±15 deg from the specified horizontal and vertical planes is permitted during welding.

شکل-۶۶۴ : پاراگراف QW-130 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : وضعیت های تست برای جوشهای گوشه ای (Fillet)

اتصالات گوشه ای (Fillet) را می توان در تست کوپن هائی که در هر یک از وضعیتهای شکل های QW-161.5 یا QW-161.6 قرار داده شده اند و به شرحی که در پاراگرافهای زیر آورده شده جوشکاری نمود با این استثناء که به اندازهٔ ±15 درجه انحراف زاویه ای در صفحات افقی و عمودی مشخص شده و ±5 درجه انحراف چرخش در هر یک از این صفحات مجاز می باشد.



شکل-۶۶۵ : حالتهای جوش گوشه ای (Fillt) در ورق مربوط به QW-461.5 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

***- پاراگراف QW-203 (LIMITS OF QUALIFIED POSITIONS …)

***- پاراگراف QW-203 حدود وضعیتهای تأیید شده برای روشهای مختلف جوشکاری

QW-203 LIMITS OF QUALIFIED POSITIONS FOR PROCEDURES

Unless specifically required otherwise by the welding variables (QW-250), a qualification in any position qualifies the procedure for all positions. The welding process and electrodes must be suitable for use in the positions permitted by the WPS. A welder or welding operator making and passing the WPS qualification test is qualified for the position tested. see QW-301.2.

شکل-۶۶۶ : پاراگراف QW-203 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : حدود وضعیتهای تأیید شده برای روشهای مختلف جوشکاری

مگر اینکه بطور خاص به صورت دیگری به غیر از متغیرهای اساسی (QW-250) لازم دانسته شود. تأیید صلاحیت یک Procedure در هر وضعیتی، آن Procedure را برای تمامی وضعیتها تأیید می نماید. فرآیند جوشکاری و الکترودها باید برای استفاده در وضعیتهائی که در WPS مجاز دانسته شده مناسب باشد. یک جوشکار یا اپراتور جوشکاری که در تهیه‌ی یک PQR شرکت دارد برای وضعیتی که در آن PQR جوشکاری نموده است دارای صلاحیت می باشد.

*- پاراگراف QW-405.3 (ø ↑↓ Vertical Welding)

*- پاراگراف QW-405.3 جوشکاری عمودی (سربالا و سرازیر)

QW-405 POSITIONS

QW-405.3 A change from upward to downward, or from downward to upward, in the progression specified for any pass of a vertical weld, except that the cover or wash pass may be up or down. The root pass may also be run either up or down when the root pass is removed to sound weld metal in the preparation for welding the second side.

شکل-۶۶۷ : پاراگراف QW-405.3 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : تغییر در جهت جوشکاری مشخص شده برای هر پاس از جوشکاری عمودی از سربالا به سرازیر و یا بالعکس با این استثناء که پاس تمام کننده (Cover or Wash Pass) می تواند سربالا یا سرازیر باشد. زمانیکه، پاس ریشه‌ی اتصالِ جوشکاری شده، برداشته می شود تا طرف دیگر اتصال جوشکاری شود پاس ریشه می تواند سربالا یا سرازیر باشد. (باصطلاح زمانی که جوش Back weld شود در چنین حالتی پاس ریشه می تواند سربالا یا سرازیر باشد.)

توضیح : تغییر جهت جوشکاری برای تست جوشکار جزء متغیرات اساسی است. بنابراین تغییر سربالا به سرازیر یا بر عکس نیاز به تست جدید دارد. جوشکاری که برای وضعیت سرازیر تست داده باشد مجاز به جوشکاری در وضعیت سربالا نیست و بالعکس.

***- جدول QW-356 Essential Variables for GTAW-(Welder)

***- جدول QW-356 مربوط به متغیرات اساسی فرآیند GTAW مربوط به تست جوشکار

جدول- ۲۵۸: جدول QW-356 مربوط به متغیرات اساسی فرآیند GTAW مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

Table QW-356
Manual and Semiautomatic Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)
Essential Variables

Paragraph		Brief of Variables
QW-402 Joints	.4	– Backing
QW-403 Base Metals	.16	ϕ Pipe diameter
	.18	ϕ P-Number
QW-404 Filler Metals	.14	± Filler
	.15	ϕ F-Number
	.22	± Inserts
	.23	ϕ Filler metal product form
	.30	ϕ t Weld deposit
QW-405 Positions	.1	+ Position
	.3	ϕ ↑↓ Vertical welding
QW-408 Gas	.8	– Backing gas
QW-409 Electrical	.4	ϕ Current or polarity

Legend:
ϕ Change
\+ Addition
– Deletion
↑ Uphill
↓ Downhill

*- جدول QW-356:

Table QW-356 Manual and Semiautomatic Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW) Essential Variable

باید توجه داشت که متغیرات اساسی مربوط به تأیید صلاحیت کیفی جوشکار چه در فرآیند SMAW و چه در فرآیند GTAW موارد و آیتم هایی بصورت مشترک مابین این دو فرآیند وجود دارند که برای سهولت استفاده از مطالب این کتاب

از ذکر این موارد تکراری خوداری شده است و به مواردی که بطور اختصاصی، مختص فرآیند GTAW می باشد پرداخته می شود.

*- پاراگراف QW-402.4 (− Backing)

*- پاراگراف QW-403.16 (Φ Pipe diameter)

*- پاراگراف QW-403.18 (Φ P-Number)

پاراگرافهای فوق در متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شده است.

*- پاراگراف QW-404.14 (± Filler)

*- پاراگراف QW-404.14 اضافه کردن یا حذف فیلر متال

QW-404	FILLER METALS
QW-404.14	The deletion or addition of filler metal.

شکل-۶۶۸ : پاراگراف QW-404.14 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : حذف یا اضافه شدن فیلر متال

توضیح : در فرآیند GTAW هم می توان با اضافه کردن فیلر متال جوشکاری کرد هم بدون اضافه کردن فیلر متال. عمدتاً برای پاس ریشه از این فرآیند جوشکاری استفاده می شود یعنی روشی که با اضافه کردن فیلر متال انجام می شود. روشی

شکل-۶۶۹ : فرآیند جوشکاری روش GTAW با و بدون استفاده از فیلر متال

که بدون فیلر متال عملیات جوشکاری انجام می شود معمولاً برای ورق یا لوله های نازک استفاده می شود. استفاده از این دو روش برای جوشکار تعیین کننده و مهم است یا بعبارتی جزء متغیرات اساسی است. به این شکل که اگر جوشکاری فرآیند

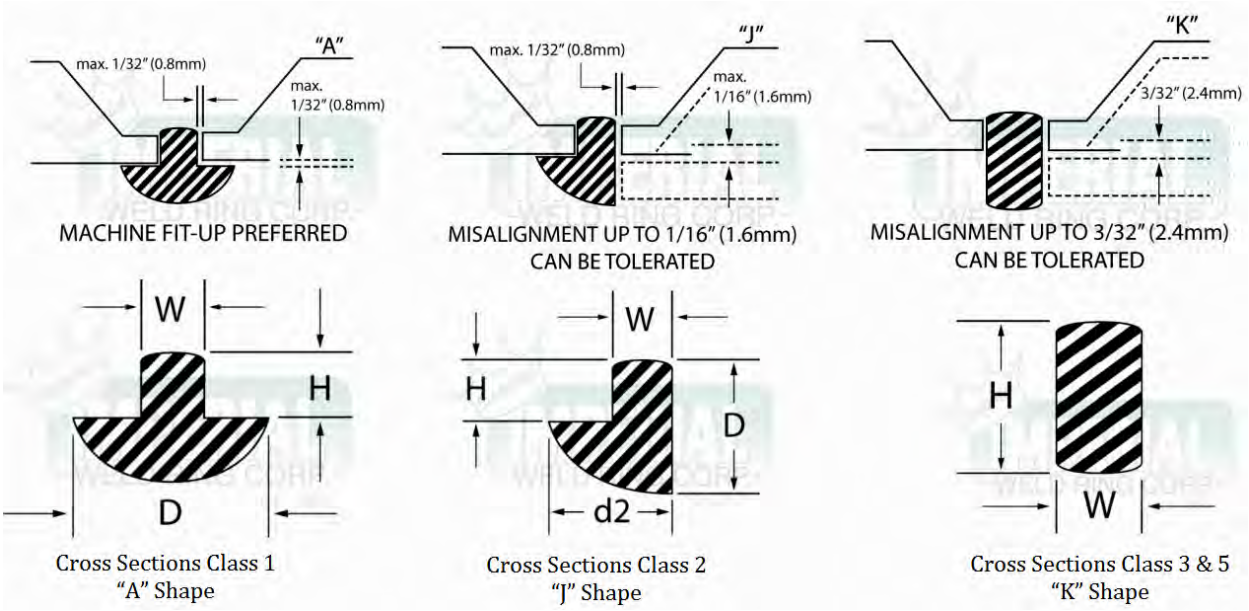
GTAW را با فیلر متال تست داده باشد و قبول شده باشد فقط مجاز است با همین روش جوشکاری نماید و مجاز به جوشکاری با روش بدون فیلر متال نیست.

*- پاراگراف QW-404.15 (Φ F Number)

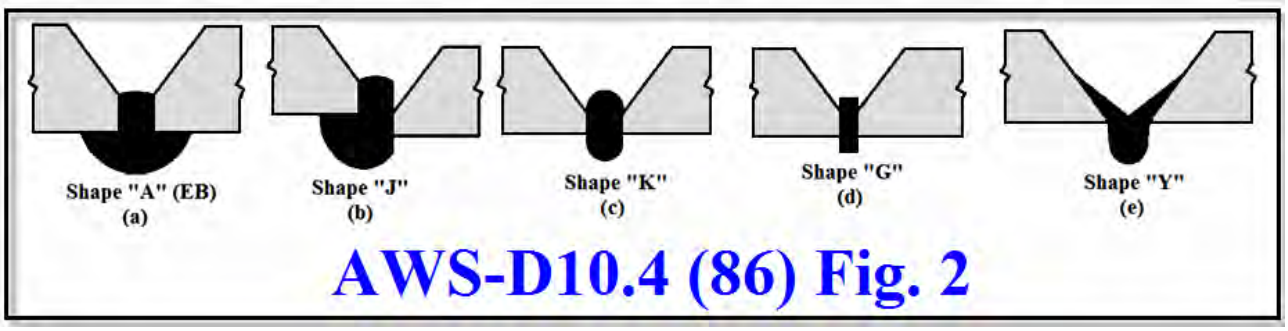
پاراگراف QW-404.15 در متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شده است.

*- پاراگراف QW-404.22 (± Inserts) در متغیرات اساسی مربوط به ارزیابی کیفی روش جوشکاری فرآیند GTAW مفصل توضیح داده شده است. برای اطاعات تکمیلی این بحث به آنجا مراجعه شود. حذف یا اضافه نمودن Insert های مصرف شونده برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است. به این شکل که چنانچه در اتصال تست کوپن از Insert های مصرف شونده استفاده شود این جوشکار پس از قبولی در آزمون مجاز به جوشکاری اتصال بدون استفاده از Insert های مصرف شونده نیست همین طور اگر تست کوپن جوشکاری عاری از Insert های مصرف شونده بود پس از تأیید تستش مجاز به جوشکاری با استفاده از Insert های مصرف شونده نیست.

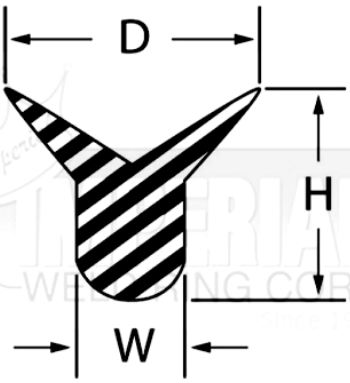
توضیح : Consumable insert ها چیستند؟ در استاندارد AWS D10.11 بصورت کامل و گام به گام طرز استفاده از Consumable Insert را با شکل توضیح داده است. کسانی که مایل هستند در باره‌ی طرز استفاده از Consumable Insert بیشتر بدانند حتماً به این استاندارد مراجعه کنند. معمولاً از پنج نوع متداول Consumable Insert استفاده می شود.



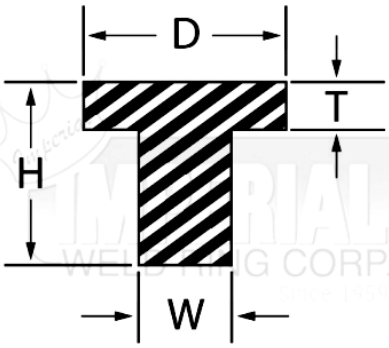
شکل-۶۷۰ : پنج نوع متداول از (Consumable Insert) از شرکت Imperial



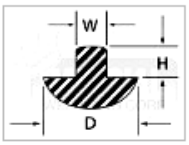
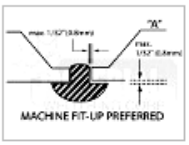
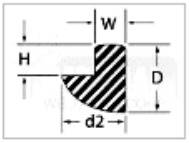
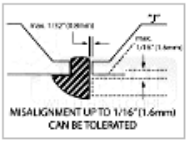
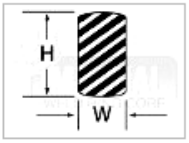
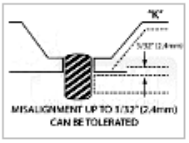
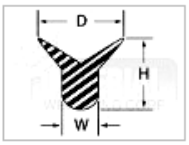
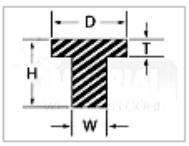
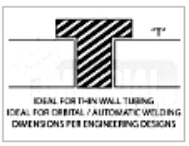
شکل-۶۷۱ : پنج نوع متداول از (Consumable Insert) در استاندارد AWS D10.4



Cross Sections Class 4
"Y" Shape



Custom
"T" Shape

Type	Cross Sections		Nominal Diameter	Dimensions (D)	(W)	(H)	(d2)
Class 1 "A" Shape			3/32 1/8 5/32	.094 in. .125 in. .156 in.	.032 in. .047 in. .063 in.	.041 in. .055 in. .063 in.	- - -
Class 2 "J" Shape			1/8 5/32	.125 in. .156 in.	.047 in. .063 in.	.055 in. .063 in.	.086 in. .110 in.
Class 3 & Class 5 "K" Shape			1/16 X 1/8 1/16 X 3/16 1/8 X 5/32	- - -	.062 in. .062 in. .125 in.	.125 in. .188 in. .156 in.	- - -
Class 4 "Y" Shape			1/8 5/32	.165 in. .205 in.	.078 in. .093 in.	.140 in. .175 in.	- -
Custom "T" Shape			Per Customer Requirements				

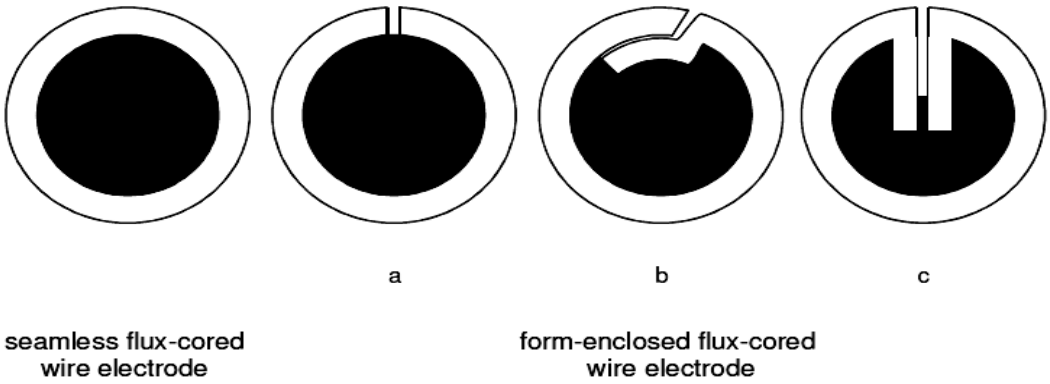
شکل-۶۷۲ : پنج نوع از تولیدات شرکت Imperial (http://www.imperialweldringcorp.com/consumable-inserts.html)

*- پاراگراف QW-404.23 (Φ Solid or metal-cored to flux-cored)

*- پاراگراف QW-404.23 تغییر نوع فیلر متال از نوع Solid به نوع Flux Cored

برای شناخت بهتر فیلر متال نوع Solid و نوع Flux Cored لطفاً به سطح مقطع آنها دقت شود:

شکل-۶۷۳ : سطح مقطع فیلر متال سیم جوش Solid or Metal Cored



Cross-Sections of Flux-Cored
Wire Electrodes

شکل-۶۷۴ : مقطع فیلر متال تو پودری (Flux Cored)

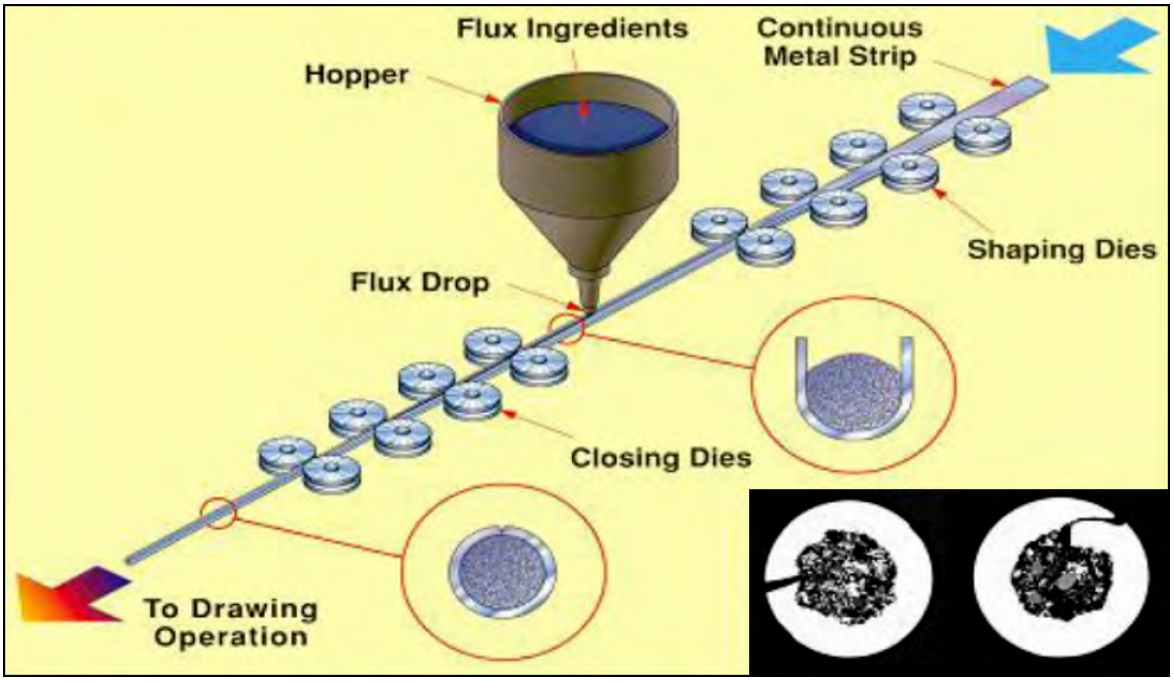
پاراگراف QW-404.23 در متغیرات اساسی مربوط به ارزیابی کیفی روش جوشکاری فرآیند GTAW مفصل توضیح داده شده است. برای اطاعات تکمیلی این بحث به آنجا مراجعه شود.

فرآیند تولید فیلر متالها به دو صورت است، یک شکل از تولید بصورت SOLID یا تو پر و یک پارچه می باشد و شکل دیگر flux-cored است که در مغز فیلر متال، پودری تحت عنوان flux موجود است که می تواند پاس ریشه را در مقابل اکسید شدن محافظت نماید. اصطلاحاً به این دسته از فیلر متالها Purge less نیز اطلاق می شود و برای تعمیرات جوشهای استنلس استیل بسیار مناسب است چونکه نیازی به عملیات Purge نیست.

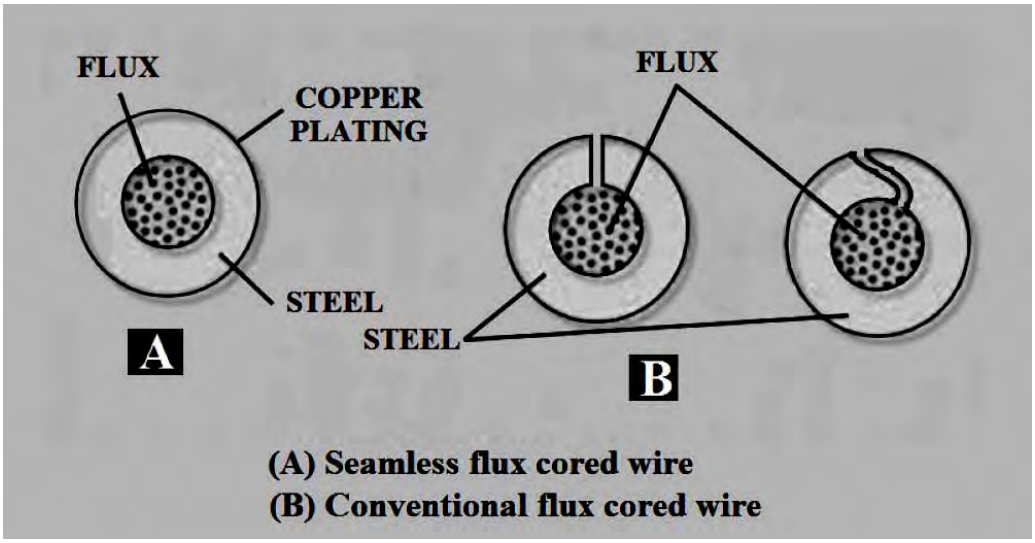
برای تست جوشکار استفاده از هر کدام از این دو فیلر متال جزء متغیرات اساسی است. به این شکل که اگر جوشکار با فیلر متال نوع Solid تست داده باشد پس از قبولی مجاز به جوشکاری با نوع flux-cored نیست و عکس آن هم صادق است یعنی اگر جوشکار با نوع flux-cored تست داده باشد مجاز به جوشکاری با نوع Solid نیست.

* پروسه تولید فیلر متال نوع Flux-Cored :

شکل-۶۷۵ : مقطع یک فیلر متال نوع Flux-Cored



شکل-۶۷۶ : فرآیند تولید فیلر متال نوع Flux-Cored



شکل-۶۷۷ : مقطع یک فیلر متال نوع Flux-Cored

*- پاراگراف QW-404.30 (*Φ t* Weld deposit)

پاراگراف QW-404.30 در متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شده است.

*- پاراگراف QW-405.1 (+ Position)

پاراگراف QW-405.1 در متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شده است.

*- پاراگراف QW-405.3 (*Φ* ↑↓ Vertical welding)

پاراگراف QW-405.3 در متغیرات اساسی فرآیند SMAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شده است.

*- پاراگراف QW-408.8 (−Inert backing)

QW-408.8 The omission of backing gas except that requalification is not required when welding a single-welded butt joint with a backing strip or a double-welded butt joint or a fillet weld. This exception does not apply to P-No. 51 through P-No. 53, P-No. 61 through P-No. 62, and P-No. 10I metals.

شکل-۶۷۸ : پاراگراف QW-408.8 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه: *- پاراگراف QW-408.8 حذف گاز خنثی پشت بند. با این استثناء که در هنگام جوشکاری یک اتصال شیاری لب به لب یک طرفه که دارای تسمهٔ پشت بندی باشد یا یک اتصال شیاری لب به لب دو طرفه یا یک جوش گوشه ای احتیاج به ارزیابی کیفی (PQR) مجدد نمی باشد. این استثناء در مورد فلزات با

P-No. 51 ~ P-No. 53, P-No. 61 ~ P-No. 62 و P-No. 10I کاربرد ندارد.

توضیح : حذف گاز پشت بند برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است.

به این موضوع خوب دقت شود. اگر جوشکاری تست کوپن خود را با گاز محافظ پشتی جوش داده باشد این جوشکار مجاز به جوش پاس ریشه بدون گاز پشتی نیست یعنی اگر گاز محافظ پشتی حذف شود چون جزء متغیرات اساسی است نیاز به تست مجدد دارد. اما اگر جوشکاری پاس ریشه‌ی یک لوله‌ی مثلاً ۲ اینچی را بدون استفاده از گاز پشت بند جوشکاری نماید این جوشکار مجاز به جوش پاس ریشه‌ی لوله ای با گاز محافظ پشت بند می باشد.

بطور ساده: جوشکاری که لوله‌ی دو اینچ استنلس استیل را با گاز محافظ پشت بند جوشکاری نماید این جوشکار مجاز به جوشکاری لوله‌ی دو اینچ کربن استیلی که نیازی به گاز محافظ پشت بند ندارد، نیست. اما برعکس آن مجاز است یعنی جوشکاری که لوله‌ی دو اینچ کربن استیلی را بدون گاز محافظ پشت بند جوشکاری نماید مجاز به جوشکاری لوله‌ی دو اینچ استنلس استیل با گاز محافظ پشت بند، می باشد.

*- پاراگراف QW-409.4 (*Φ* Current or polarity)

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

QW-409.4 A change from AC to DC, or vice versa; and in DC welding, a change from electrode negative (straight polarity) to electrode positive (reverse polarity), or vice versa.

شکل-۶۷۹ : پاراگراف QW-409.4 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

ترجمه : پاراگراف QW-409.4 تغییر از جریان AC به DC و بالعکس و در جوشکاری با جریان DC تغییر از اتصال مستقیم (الکترود به قطب منفی) به اتصال معکوس (الکترود به قطب مثبت) یا بالعکس.

توضیح : پاراگراف QW-409.4 برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است. جوشکاری که با جریان برق AC تست داده باشد این جوشکار مجاز به جوشکاری با برق DC نیست و همینطور بالعکس آن. علاوه بر نوع جریان برق، وضعیت قطبیت الکترود نیز برای جوشکار جزء متغیرات اساسی است به این شکل که جوشکاری که با وضعیت قطبیت الکترود مثبت تست داده باشد مجاز به جوشکاری با وضعیت قطبیت الکترود منفی نیست.

■- وضعیت های جوشکاری برای جوشهای شیاری

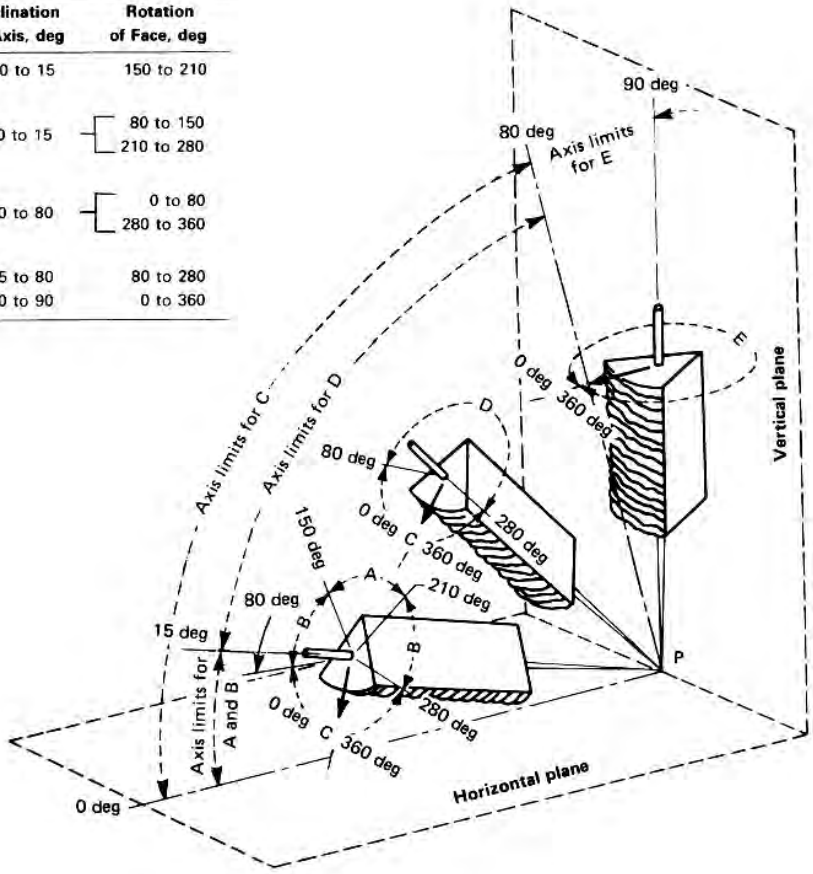
***- پاراگراف QW-460 (GRAPHICS)

***- پاراگراف QW-461 (POSITIONS)

Figure QW-461.1
Positions of Welds — Groove Welds

Tabulation of Positions of Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizontal	B	0 to 15	80 to 150 210 to 280
Overhead	C	0 to 80	0 to 80 280 to 360
Vertical	D	15 to 80	80 to 280
	E	80 to 90	0 to 360



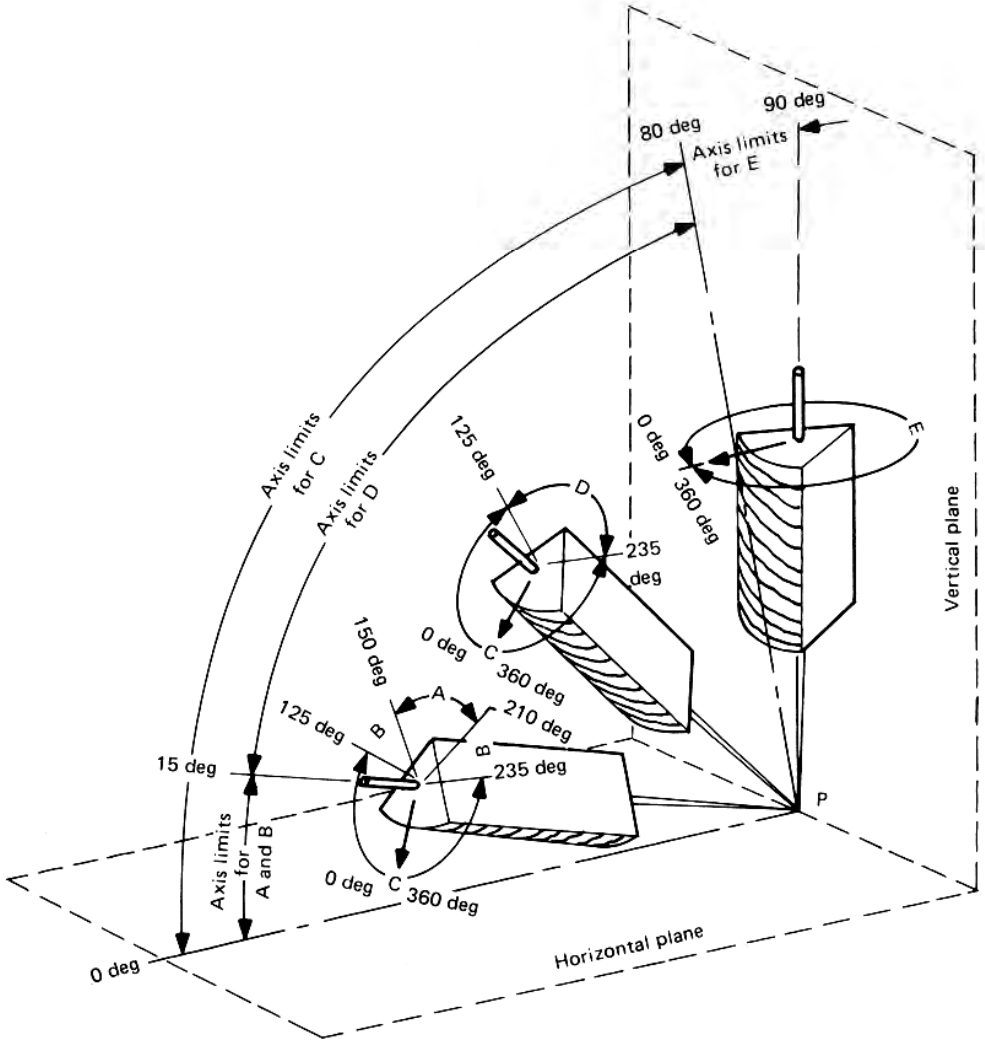
GENERAL NOTES:
(a) The horizontal reference plane is taken to lie always below the weld under consideration.
(b) Inclination of axis is measured from the horizontal reference plane toward the vertical.
(c) Angle of rotation of face is measured from a line perpendicular to the axis of the weld and lying in a vertical plane containing this axis. The reference position (0 deg) of rotation of the face invariably points in the direction opposite to that in which the axis angle increases. The angle of rotation of the face of weld is measured in a clockwise direction from this reference position (0 deg) when looking at point *P*.

شکل-۶۸۰ : وضعیت های جوشکاری برای جوشهای شیاری در QW-461.1 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019

Figure QW-461.2
Positions of Welds — Fillet Welds

Tabulation of Positions of Fillet Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis, deg	Rotation of Face, deg
Flat	A	0 to 15	150 to 210
Horizontal	B	0 to 15	125 to 150 210 to 235
Overhead	C	0 to 80	0 to 125 235 to 360
Vertical	D	15 to 80	125 to 235
	E	80 to 90	0 to 360



شکل-۶۸۱ : وضعیت های جوشکاری برای جوشهای Fillet در QW-461.2 مطابق استاندارد ASME Sec IX-2019 بصورت مفصل قبلا در این موارد با شکلهای مختلف توضیحات لازم داده شده است.

جدول-۲۵۹ : قطعات تست جوشکار

Table QW-452.1(a) Test Specimens

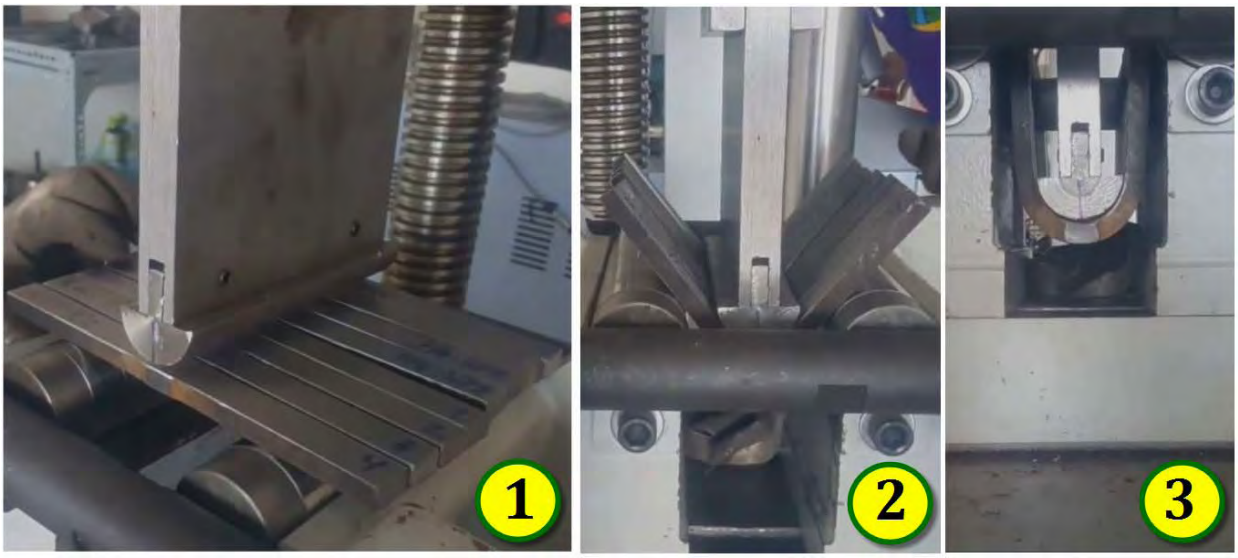
Thickness of Weld Metal, in. (mm)	Type and Number of Examinations and Test Specimens Required			
	Visual Examination per QW-302.4	Side Bend QW-462.2 [Note (1)]	Face Bend QW-462.3(a) or QW-462.3(b) [Note (1)], [Note (2)]	Root Bend QW-462.3(a) or QW-462.3(b) [Note (1)], [Note (2)]
Less than 3/8 (10)	X	...	1	1
3/8 (10) to less than 3/4 (19)	X	2 [Note (3)]	...	...
3/4 (19) and over	X	2	...	...

متغیرهای اساسی در دو فرآیند SMAW و GTAW مربوط به تست جوشکار توضیح داده شد. در مورد جوشهای شیاری یا همان جوشهای Groove قبلاً گفته شد پس از تأیید بازرسی چشمی یا بوسیله‌ی رادیوگرافی تأیید می شوند یا بوسیله‌ی تست مخرب (خمش) مطابق جدول Table QW-452.1(a) تعداد تستهای خمش برای وضعیتهای 2G, 5G & 6G را در یادداشتهای زیر جدول به شرح زیر مشخص کرده است:

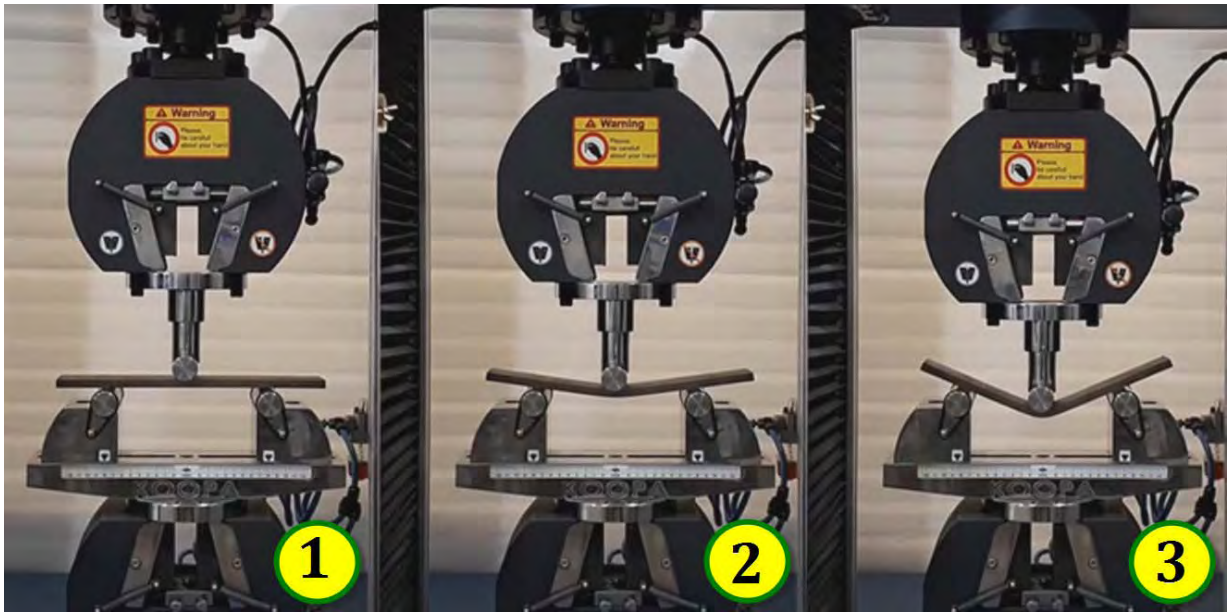
یادداشت کلی: "ضخامت فلز جوش" ضخامت کل فلز جوش است که توسط تمام جوشکارها و در کلیه مراحل در تست کوپن جوش داده می شود منهای ضخامت گُرده‌ی جوش.

(1)- برای واجد شرایط بودن با استفاده از موقعیت های 5G یا 6G ، در مجموع چهار نمونه تست خمش مورد نیاز است. برای واجد شرایط بودن با استفاده از ترکیبی از 2G یا 5G ، در یک تست کوپن، در مجموع شش نمونه تست خمش لازم است. به QW-302.3 مراجعه کنید. نوع تست خمش باید بر اساس ضخامت فلز جوش باشد. (منظور برای ضخامتهای زیر 19 mm از نوع Root Bend و Face Bend و برای ضخامتهای بالای 19 mm از نوع تست خمش Side Bend استفاده شود.)

(2)- تست کوپن های Root Bend و Face Bend تست شده باید به رسوب جوش داده شده توسط یک جوشکار با یک یا دو فرآیند یا دو جوشکار هر کدام با یک فرآیند محدود شود. فلز جوش رسوب داده شده توسط هر جوشکار و هر فرآیند باید در سطح محدب نمونه تست خمش بصورت مناسب موجود باشد.



شکل-۶۸۲ : مراحل انجام تست خمش در آزمایشگاه



شکل-۶۸۳ : مراحل انجام تست خمش در آزمایشگاه

(3)- ممکن است یک نمونه خمش Root Bend و Face Bend با یک نمونه خمش Side Bend جایگزین شود. برای یک تست کوپن جوش داده شده در موقعیت 5G یا 6G ، ممکن است دو نمونه خمش Root Bend و Face Bend با چهار نمونه خمش Side Bend مطابق شکل QW-463.2 (d) جایگزین شود. برای یک تست کوپن جوش داده شده با استفاده از ترکیبی از موقعیت های 2G و 5G ، ممکن است سه نمونه خمش Root Bend و Face Bend مطابق شکل QW-463.2 (f)یا شکل QW-463.2 (g) جایگزین شش نمونه خمش Side Bend شود.

شکل-۶۸۴ : نحوی تست خمش برای قطعات تست کوپن جوشکار در کارگاه با استفاده از جک هیدرولیک

*- توجه: برای اطلاع از معیار پذیرش تست خمش به پاراگراف QW-163 که قبلا توضیح داده شده است، مراجعه شود.

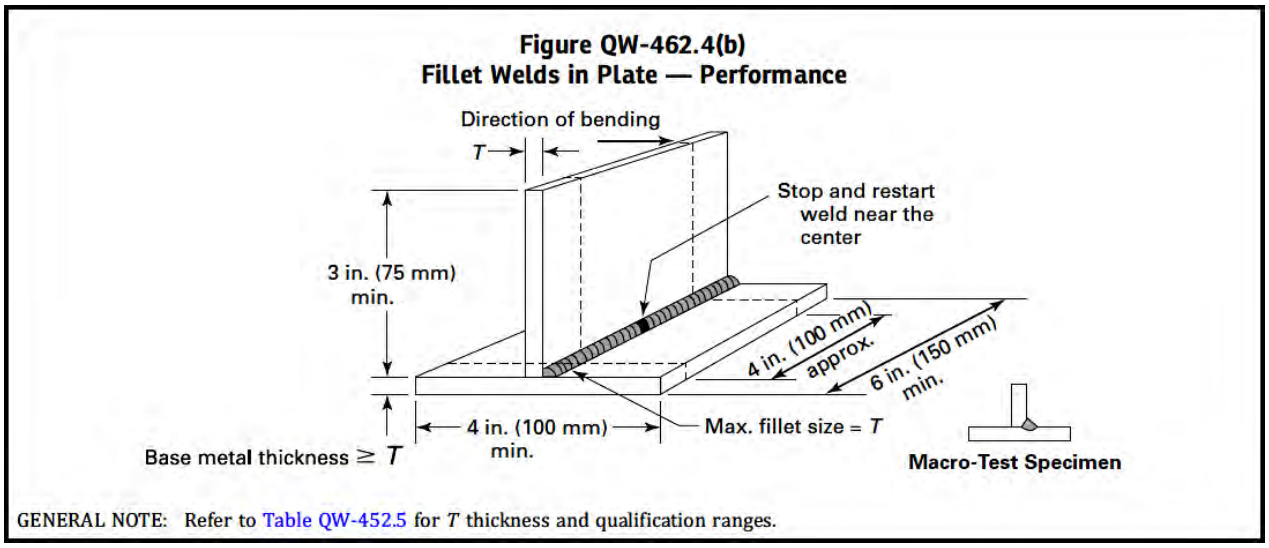
اما در مورد جوشهای گوشه ایی چطور؟ برای جواب این سؤال باید پاراگراف QW-180 بررسی شود.

***- پاراگراف QW-180 (FILLET-WELD TESTS)

***- پاراگراف QW-181 (Performance Qualification Specimens)

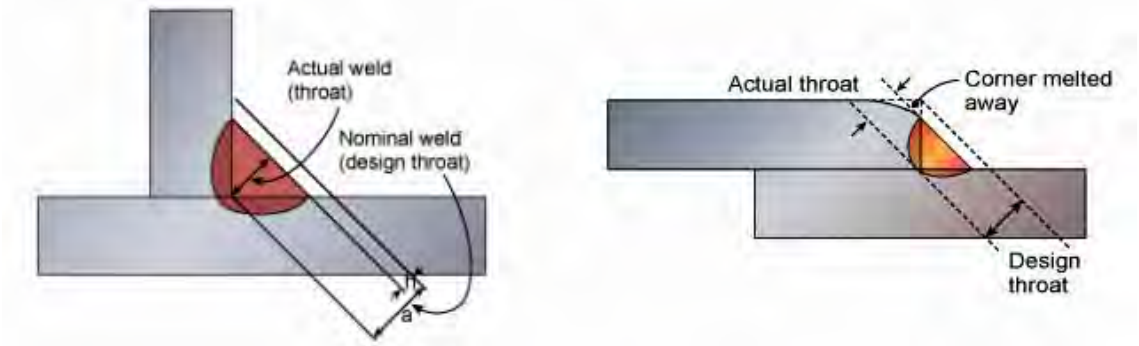
*- پاراگراف QW-181.2 (Performance)

*- پاراگراف QW-181.2 اجرا: ابعاد و تهیه‌ی تست کوپن جوش گوشه ای (Fillet) برای تأیید صلاحیت جوشکار باید مطابق با الزامات QW-462.4(b) یا QW-462.4(c) باشد. تست کوپن برای جوش پلیت به پلیت باید بصورت متقاطع بریده شود بطوریکه طول بخش میانی قطعه که بریده نمی شود حدود ۴ اینچ و به اندازهٔ ۱ اینچ از هر طرف قطعه بریده و دور انداخته شود (نادیده گرفته شود). برای لوله به پلیت یا لوله به لوله ، تست کوپن باید برش داده شود تا دو بخش یک چهارم نمونه تست مخالف یکدیگر تهیه شود. یکی از نمونه های تست باید مطابق با QW-182 تست شکستگی (fracture) انجام شود و دیگری مطابق الزامات QW-184 تست ماکرو (macro) شود. هنگام واجد شرایط بودن لوله به پلیت یا لوله به لوله ، در موقعیت 5F، نمونه های آزمایش همانطور که در شکل QW-463.2 (h) نشان داده شده است برداشته شوند.



شکل-۶۸۵ : تهیه‌ی تست کوپن جوش Fillet پلیت برای تست جوشکار مطابق ASME Sec. IX-2019

قطعات تست کوپن لوله به پلیت یا لوله به لوله باید نمونه های آزمایش از ۲ قسمت مساوی از ۴ قسمت لوله که در مقابل هم قرار دارند بریده شوند که یکی از آنها باید مطابق با QW-182 تست شکست (Fracture) شود و دیگری باید مطابق الزامات QW-184 آزمایش ماکرو شود.



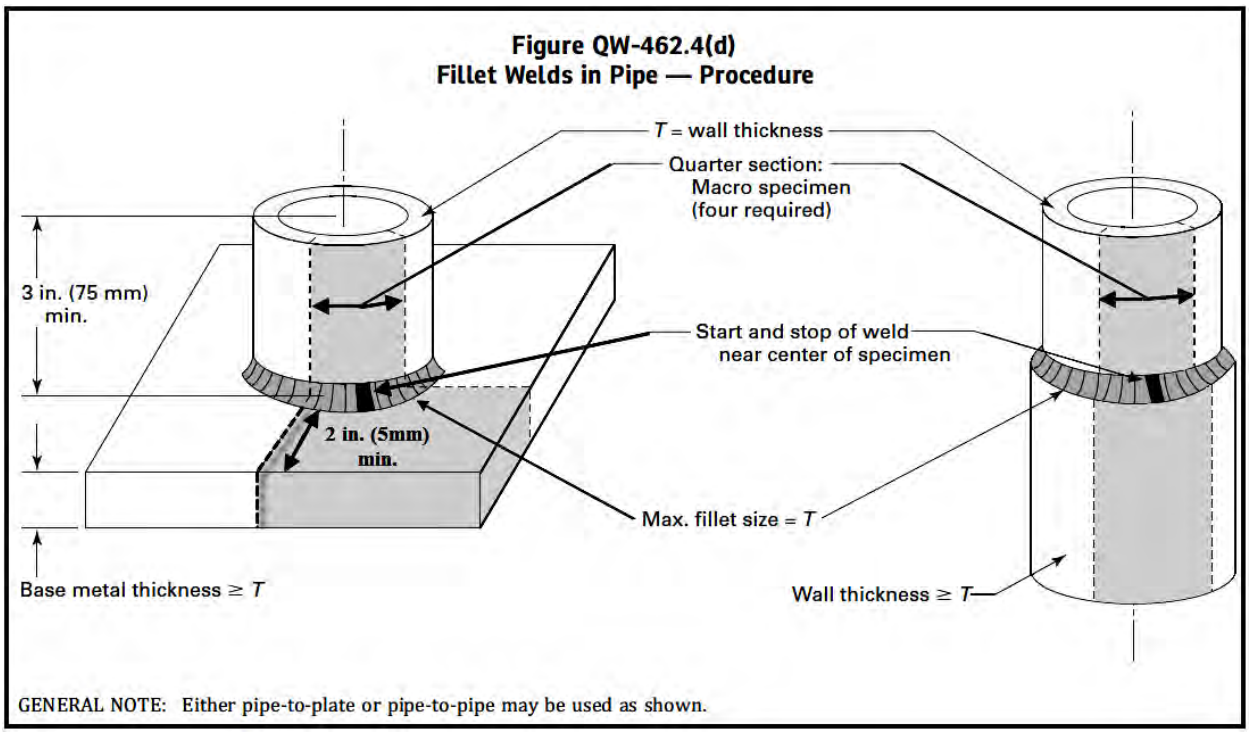
شکل-۶۸۶ : روش شکستن تست کوپن تست جوش Fillet جوشکار

(مطابق شکل برای بهتر شکستن قطعه‌ی تست جوشکار بهتر است که قطعه‌ی عمودی در نزدیکی لبه‌ی کناری قرار داده و جوش شود) وقتی تأیید صلاحیت جوشکار برای لوله به پلیت یا لوله به لوله در حالت 5F باشد نمونه های آزمایش باید مطابق با QW-463.2(h) تهیه شوند.

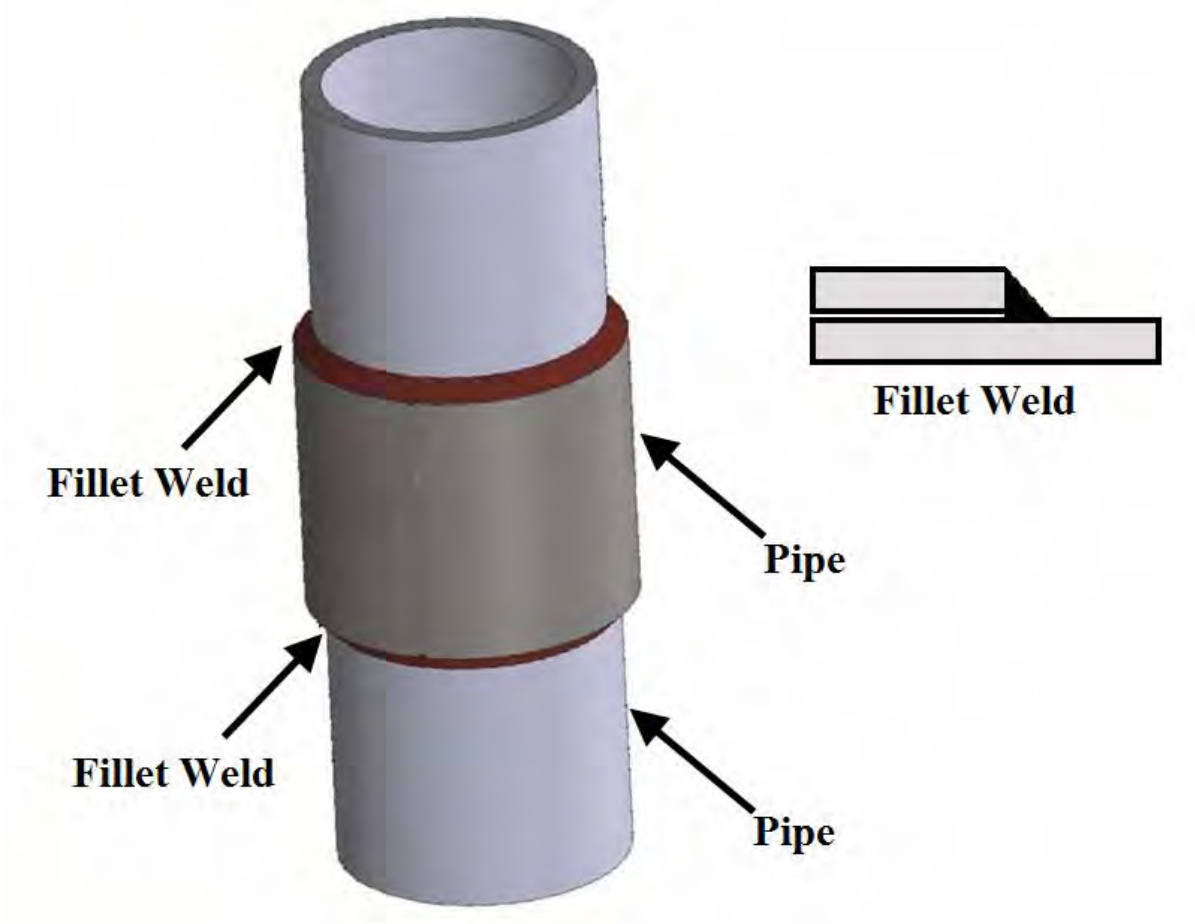
***- پاراگراف QW-182 (Fracture Tests)

***- پاراگراف QW-182 تست شکست (Fracture)

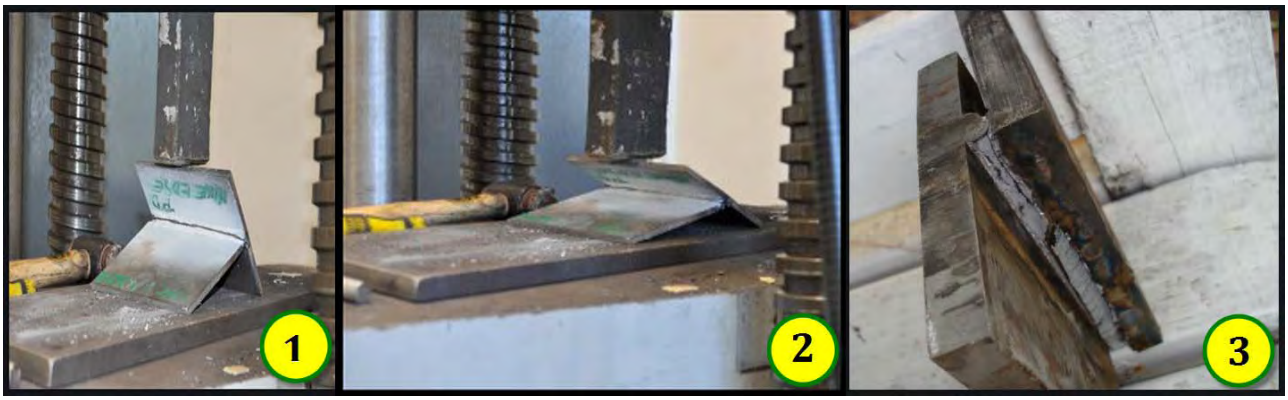
قسمت مرکزی نمونه‌ی تست جوشکار به طول 4 in. (100 mm) در شکل QW-462.4(b) یا یک چهارم برش داده شده از نمونه‌ی شکل QW-462.4(c) باید طوری از پهلو تحت نیرو قرار گیرد که ریشه‌ی جوش تحت کشش قرار گیرد. نیرو باید بطور مستمر افزایش یابد تا نمونه شکسته شده و یا بصورت مسطح در آید.



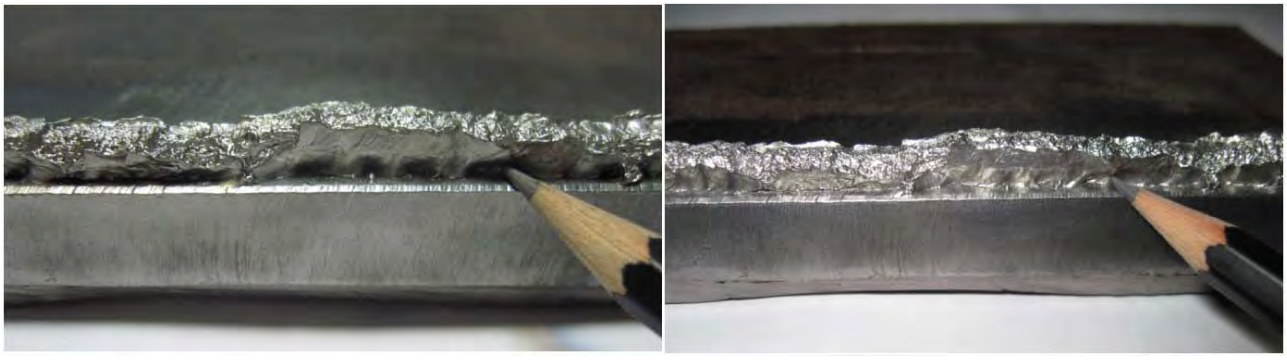
شکل-۶۸۷ : تست کوپن جوش Fillet لوله به لوله یا لوله به پلیت برای تست جوشکار مطابق ASME Sec. IX-2019



شکل-۶۸۸ : تست کوپن جوش Fillet لوله به لوله برای تست جوشکار



شکل-۶۸۹ : مراحل شکست تست کوپن جوش گوشه ایی تست جوشکار

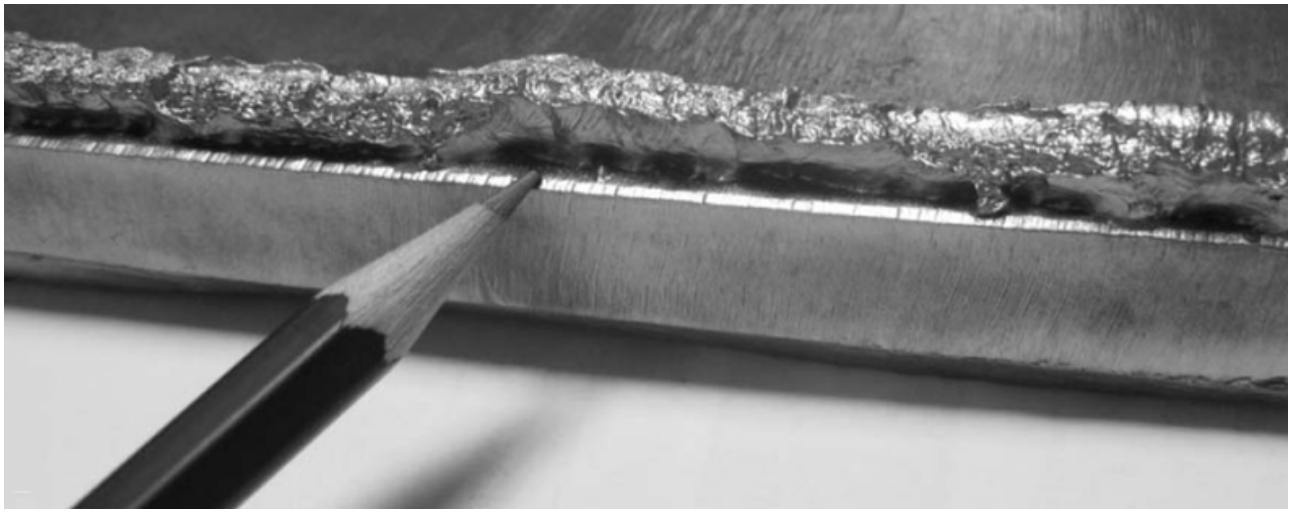


شکل-۶۹۰ : تست جوشکاری که پس از تست شکست مردود اعلام گردید.

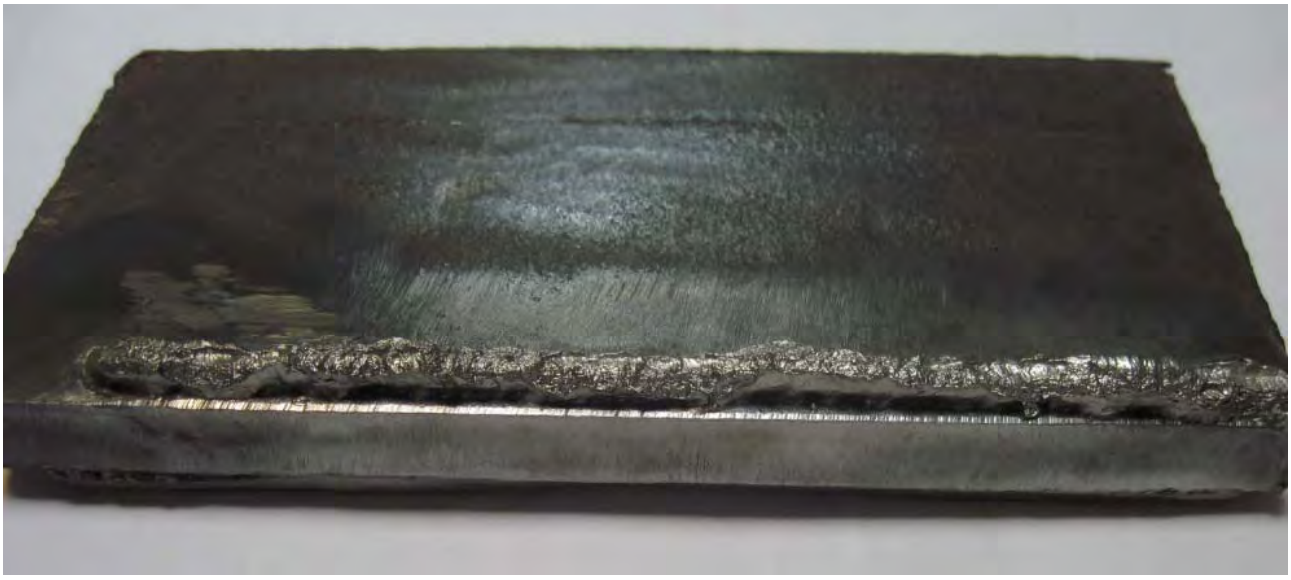
شکل-۶۹۱ : نمایی از سطح مقطع جوش Fillet پس از تست شکست

اگر نمونه شکسته شد، سطح شکست باید فاقد ترک یا نفوذ ناکافی در ریشه‌ی جوش باشد. و مجموع طول ناخالصی ها و خلل و فرج قابل رویت بر روی سطح شکست نباید از $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) در شکل QW-462.4(b) یا ۱۰ درصد برش یک چهارم در شکل QW-462.4(c) تجاوز نماید.

چند عکس از تست جوشکاری که پس از تست شکست مردود اعلام گردید.



شکل-۶۹۲ : تست کوپن جوش گوشه ایی تست جوشکار پس از شکست



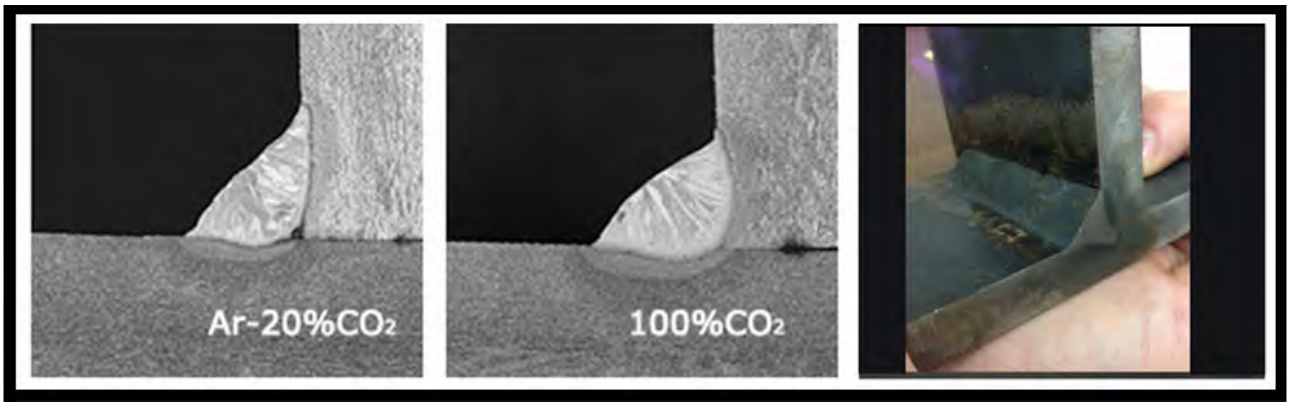
شکل-۶۹۳ : تست کوپن جوش گوشه ایی تست جوشکار پس از شکست

عکسها تست کوپن تست جوشکار را پس از شکست نشان می دهند. در این عکسها کاملاً مشخص است که پاس ریشه‌ی جوش، لبه های پلیت عمودی را بدون کوچکترین ذوبی جوشکاری کرده است و پس از شکست مشخص شده که در آن ناحیه جوش با یک حالت حفره ای جوش شده است.

***- پاراگراف QW-184 (Macro-Examination - Performance Specimens)

***- پاراگراف QW-184 آزمایش میکروسکوپی نمونه های تست جوشکار

یکی از دو برش انتهائی نمونه های تست در شکل QW-462.4(b) یا برش باقیمانده از یک چهارم برش داده شده‌ی لوله در شکل QW-462.4(c) باید صیقلی گشته و با مادهٔ مناسبی اچ شود (به QW-470 نگاه کنید) تا نمای واضحی از فلز جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت بدست آید. برای اینکه تست قبول شود:



شکل-۶۹۴ : نمونه هایی از تست ماکرو از تست کوپن جوش Fillet جوشکار

a)- آزمایش چشمی از سطح مقطع جوش و ناحیه‌ی متأثر از حرارت باید نشان بدهد که نفوذ کامل بوده و جوش عاری از ترک می باشد مگر اینکه Indication های خطی ریشه‌ی جوش که طول آنها از $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) بیشتر نمی باشند قابل قبول می باشند.

b)- جوش نباید تحدب یا تقعر بیشتر از $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) داشته باشد.

c)- اختلاف بین اندازه ساقهای جوش گوشه ای نباید از $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) بیشتر باشد.

*****☼******

■- مدارکی که برای انجام تست جوشکار می بایست ارائه شود

برای تست جوشکار لازم است که QC شرکت سازنده یا پیمانکار ۲۴ ساعت قبل از تست با استفاده از برگه درخواست یا باصطلاح Notification انجام این تست را به اطلاع گروه بازرسی فنی کارفرما و TPA برساند. این اطلاع رسانی در فرمتهای مخصوص ارائه می شوند. فرمتهای مخصوص این کار در ادامه آورده شده اند.

لازم به ذکر است یکی از مدارک مهمی که برای تست جوشکار باید ارائه شود مدرک است که بوسیله‌ی تأیید شده باشد چونکه تست جوشکار بدون ارائهٔ این مدرک مطابق استاندارد ASME Section IX مجاز نمی باشد.

پس از اتمام مراحل تست، چنانچه جوشکار مورد تأیید می باشد می بایست برای ایشان تست فرم مطابق شرایطی که قبول شده اند صادر شود.

این تست فرم باید همیشه همراه جوشکار باشد تا هر زمان که بازرس جوش جهت اطمینان از اینکه جوشکاری که در حال جوش است دارای گواهینامهٔ معتبر می باشد به بازرس ارائه نماید. فرمت تست فرم جوشکار نیز در ادامه آمده است.

جدول-۲۶۰ : نمونه تست فرم جوشکار

TOTAL — WELDER CERTIFICATE — POGC

Name	Morad Bakhtiari
Stamp No.	SW-0097
Subcontractor	TOTAL
Date Issued	24-Sep-2003

Certified by CONTRACTOR QA/QC Mgr. | Approved by TPA/COMPANY

PROCESS	P-No.	F-No.	QUALIFIED RANGE THK	QUALIFIED RANGE SIZE (in.)	POSITION
SMAW	1	4	Unlimited	All	3F + 4F

Remarks:

HEREBY, WE CERTIFY THAT THIS PERSON IS A QUALIFIED WELDER IN ACCORDANCE WITH ASME Sec. IX

جدول-۲۶۱ : نمونه تست فرم جوشکار

TOTAL — WELDER CERTIFICATE — POGC

Name	Mostafa Koukan
Stamp No.	PW-0876
Subcontractor	TOTAL
Date Issued	25-Sep-2004

Certified by CONTRACTOR QA/QC Mgr. | Approved by TPA/COMPANY

PROCESS	Mat'l (Grp./P)	Electr. (Type/F)	QUALIFIED RANGE THK (mm)	QUALIFIED RANGE SIZE (in.)	POSITION
GTAW	1	6	≤ 7.82	1" and over	All

Remarks:

HEREBY, WE CERTIFY THAT THIS PERSON IS A QUALIFIED WELDER IN ACCORDANCE WITH ASME Sec. IX

جدول-۲۶۲ : درخواست بازرسی تست جوشکار

INSPECTION / TEST NOTIFICATION

N.I.O.C. Pars Oil and Gas Company

ACTIVITY : WELDER QUALIFICATION TEST(WQT)
DISCIPLINE : QC
SUBCONTRACTOR PAYANDAN

NOTIFICATION NO.: IN-PYD-WQT-**0204**
DATE : 07.FEB.2011
REF.DWG.NO. : N/A

No	ACTIVITY DESCRIPTION	LOCATION	INSPECTION DATE & TIME	INSPECTION CLASS	REMARKS
1	WELDER TESTING PYD-WQT-ASME-**93** Coupon Number (1183-1193)	Kandovan Payandan Shop	**2011/02/08 7:30**	B	

COMMENT:

PREPARED BY SUBCONTRACTOR : ..... DATE/TIME: .....

RECEIVED BY: CONSTRUCTION STATEMENT

CIVIL	INTERFACE: YES ☐ NO ☐ PROCEEDING: YES ☐ NO ☐	SIGN.:	DATE/TIME: .....
MECH.	INTERFACE: YES ☐ NO ☐ PROCEEDING: YES ☐ NO ☐	SIGN.:	DATE/TIME: .....
PIPING	INTERFACE: YES ☐ NO ☐ PROCEEDING: YES ☐ NO ☐	SIGN.:	DATE/TIME: .....
ELEC.	INTERFACE: YES ☐ NO ☐ PROCEEDING: YES ☐ NO ☐	SIGN.:	DATE/TIME: .....
INST.	INTERFACE: YES ☐ NO ☐ PROCEEDING: YES ☐ NO ☐	SIGN.:	DATE/TIME: .....

CONTRACTOR QA/QC : ..... DATE/TIME: .....

TPA (IF REQUIRED) : ..... DATE/TIME: .....

COMPANY : ..... DATE/TIME: .....

DISTRIBUTION: ☐ COMPANY ☐ QA/QC ☐ TPA ☐ Contractor ☐ Survey ☐ Subcontractor

جدول-۲۶۳ : لیست اسامی جوشکاران و وضعیتهایی که باید جوشکاران تست دهند.

Application for Welder Qualification test

N.I.O.C. Pars Oil and Gas Company

APPLICATION NO.: **IN-PYD-WQT-204**

DATE OF ISSUE: 07.FEB.2011

PAGE: 1/2

SUBCONTRACTOR: PAYANDAN

TEST LOACTION : Kandovan Payandan Shop

No	First Name/Surname	Coupon No.	WPS No.	Welding process	BASE METAL		Consum-able	Backing	Position	Exam Date	Time	DT (if required)	VT Result	Remarks
					Metal	Size	Thk(mm)							
1	REZA BHRAMI	PYD:1183	PYD-WPS-ASME-010	GTAW	S.S	2"	3.91	ER308L	NO	6G	08.FEB.2011	7:30		
		PYD:1184	PYD-WPS-ASME-001	GTAW	C.S	2"	3.91	ER70S-6	NO	6G	08.FEB.2011	7:30		
2	SEYYED MOHAMMAD GHADER	PYD:1185	PYD-WPS-ASME-002	SMAW	C.S	PLATE	10	E7018	YES	3F-4F	08.FEB.2011	7:30		
		PYD:1186	PYD-WPS-ASME-002	GTAW	C.S	2" PIPE TO PLATE	-	ER70S-6	YES	5F	08.FEB.2011	7:30		
3	ALIREZA NOORI	PYD:1187	PYD-WPS-ASME-002	SMAW	C.S	PLATE	10	E7018	YES	3F-4F	08.FEB.2011	7:30		
		PYD:1188	PYD-WPS-ASME-030	GTAW	S.S	2" PIPE TO PLATE	-	ER308-L	YES	5F	08.FEB.2011	7:30		
4	FARID RASHIDI	PYD:1189	PYD-WPS-ASME-002	SMAW	C.S	PLATE	10	E7018	YES	3F-4F	08.FEB.2011	7:30		
5	AMIR TAVAKOLI	PYD:1190	PYD-WPS-ASME-002	SMAW	C.S	PLATE	10	E7018	YES	3F-4F	08.FEB.2011	7:30		
6	HOSEIN RASSTI	PYD:1191	PYD-WPS-ASME-002	SMAW	C.S	PLATE	10	E7018	YES	3F-4F	08.FEB.2011	7:30		
		PYD:1192	PYD-WPS-ASME-002	GTAW	C.S	2" PIPE TO PLATE	-	ER70S-6	YES	5F	08.FEB.2011	7:30		

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	TPA	COMPANY
NAME:	NAME:	NAME:	NAME:
Sign:	Sign:	Sign:	Sign:
Date:	Date:	Date:	Date:

جدول-۲۶۴ : عکس و مشخصات جوشکارانی که قرار است تست دهند.

(Continued Sheet for Application of Welder Performance Test)

WELDERS' PHOTOS

Subcontractor: Palmer Page: 3/3

Application No.: IN-PYD-WQT-204 Date:

Coupon No.: PYD.1183,1184

Name: Petter draki

Coupon No.: PYD.1185,1186

Name: Tomas Porkin Fradi

Coupon No.: PYD.1187,1188

Name: Manoeil Petro Dinaly

Coupon No.: PYD.1189

Name: Espernino Tarirory

Coupon No.: PYD.1190

Name: Darina Rassicmary

Coupon No.: PYD.1191,1192

Name: Samoeil Razmodinly

Coupon No.:

Name:

Coupon No.:

Name:

Coupon No.:

Name:

Coupon No.:

Name:

جدول-۲۶۵ : نمونه تست فرم جوشکار

WELDER CERTIFICATE	
Name	Hosein Rasouli
Stamp No.	TW-0277
Subcontractor	TOTAL
Date Issued	25-Sep-2003
Certified by CONTRACTOR QA/QC Mgr.	Approved by TPA/COMPANY

PROCESS	Mat'l (Grp./P)	Electr. (Type/F)	QUALIFIED RANGE THK (mm)	QUALIFIED RANGE SIZE (in.)	POSITION
GTAW	1	6	Unlimited	All	5F
SMAW	1	4	Unlimited	All	3F+4F

Tack Welder

Remarks:

HEREBY, WE CERTIFY THAT THIS PERSON IS A QUALIFIED WELDER IN ACCORDANCE WITH ASME Sec. IX

■- تعدادی فرم WQT تهیه شده برای حالتهای مختلف تست جوشکار:

جدول-۲۶۶ : نمونه تست فرم جوشکار برای تمام حالتها

WELDER CERTIFICATE	
Name	Rostam Jamali
Stamp No.	PW-0004
Subcontractor	Darya Sahel Ins
Date Issued	17-Jun-2009
Certified by CONTRACTOR QA/QC Mgr.	Approved by TPA/COMPANY

TPA 15&16

SOUTH PARS GAS F... MENT PHASES 15 & 16

FORM No. WLD-007 SERIAL No. 0004

PROCESS	P-No.	F-No.	QUALIFIED RANGE THK (mm)	QUALIFIED RANGE SIZE (in.)	POSITION
GT+SM	1	1,2,3,4 6	GT: ≤ 9 SM: ≤ 16	2 7/8 & over	All

Remarks:

HEREBY, WE CERTIFY THAT THIS PERSON IS A QUALIFIED WELDER IN ACCORDANCE WITH ASME Sec.IX

S. No. 0004

جدول-۲۶۷ : نمونه تست فرم جوشکار برای تمام حالتها

WELDER CERTIFICATE	
Name	Gharib Maghsoudi Kouravand
Stamp No.	PW-0012
Subcontractor	Payandar...
Date Issued	20-Jul-2...
Certified by CONTRACTOR QA/QC Mgr.	Approved by TPA/COMPANY

TPA 15&16

SOUTH PARS GAS F... MENT PHASES 15 & 16

FORM No. WLD-007 SERIAL No. 2082

PROCESS	Mat'l (Grp./P)	Electr. (Type/F)	QUALIFIED RANGE THK (mm)	QUALIFIED RANGE SIZE (in.)	POSITION
GT + SM	1	6/5	GT ≤ 9 SM ≤16.4	2 7/8 & over	All
GT + SM	8	6/5	GT ≤ 9 SM ≤12.94	2 7/8 & over	All

Remarks:

HEREBY, WE CERTIFY THAT THIS PERSON IS A QUALIFIED WELDER IN ACCORDANCE WITH ASME Sec. IX

S. No. 2082

جدول-۲۶۸ : نمونه ایی از اطلاعات نرم افزاری تست جوشکار برای (الکترود SS -SMAW)

MANUFACTURERS RECORD OF WELDER OR WELDING OPERATOR PERFORMANCE QUALIFICATION (WPQ)

Company Name / Hersteller	Welders Name/ Schweißer	Test N° / Probe N°.	Stamp N° / Stempel N°.
Paysaz	Esmaeil Ghasemi	WQT-001	ID-001E

Using WPS N°/ mit Schweiß-Spezifikation N°.	TPA-10A	Revision N°/ Ausgabe N°	Rev. 1	Date / Datum	12. Oct. 11

The above welder is qualified for the following ranges / Der oben genannte Schweißer ist qualifiziert für folgende Bereiche

WELDING VARIABLES / Schweißverfahrenvariablen	ACTUAL WELDED	RANGE QUALIFIED
Welding Process / Schweißverfahren	SMAW	SMAW
Type / Typ		
Backing / Unterlage	☑ With / Mit ☐ Without / Ohne	With
Select Product Form / Wähle Art des Werkstoffes	Plate	
Select Type of Test / Wähle Art der Prüfung	Groove	
BASE METALS (QW-403) / Grundwerkstoffe		P1-11, P34, P41-P47 & unassigned mat. of similar chem. comp.
P-Number / P-N°	8 to / zu 8	
Thickness / Materialdicke		
Groove / Fugennaht	14 mm	
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	
Pipe Diameter / Rohr Durchmesser		
Groove / Fugennaht	Not Applicable	2 7/8" - (>73mm)
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	All
FILLER METALS (QW-404) / Schweißzusatzwerkstoffe		
Specification / Spezifikation (SFA)	SFA-5.4	
Class / Klasse (AWS)	E308L-15	
F-Number / F- N°	F-N° 5 With Backing	F-N° 1 & 5 With Backing
Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering		Not Applicable
Solid or Flux Cored / Massivdraht oder rohrförmiger Draht(GTAW & PAW)	Not Applicable	Not Appicable
Deposited Weld Metal / Schweißgut		
Groove / Fugennaht	14 mm	Max. To be Welded
Fillet / Kehlnaht	None	All
POSITION (QW-405) / Lage		
Groove Weld Test Position / Lage von Fugennaht Probestück	3G	
Plate & Pipe > 24" Ø / Blech und Rohr > 609mm Ø		F & V
Plate & Pipe <24" Ø / Blech und Rohr < 609mm Ø		F
Fillet Weld Test Position / Lage von Kehlnaht Probestück	Not Applicable	F, H & V
Weld Progression / Schweißnahtrichtung	Vertical Up	Vertical Up Only
GAS BACKING (QW-408) / Gas		
For GTAW, PAW and GMAW / Für GTAW, PAW und GMAW	Not Applicable	Not Applicable
ELEC. CHARACTERISTICS(QW-409) / Elektrische Daten		
Current / Strom	Not Applicable	Not Applicable
Polarity / Polarität	Not Applicable	Not Applicable
Mode of Metal transfer / Schweißgutübertragungsart	Not Applicable	Not Applicable
FOR OPERATORS (QW-360) / Für Bediener		
Visual Control / Visuelle Kontrolle	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Arc Voltage Control System / lichtbogengesteuertes Drahteinschubgerät	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Joint Tracking / Nahtverfolgungssystem	Not Applicable	Not Applicable
Multiple or Single Pass (per Side) / Mehr - oder Einzellagetechnik	Not Applicable	Not Applicable

GUIDED BEND TEST RESULTS / Biegeversuchsergebnisse

Type and Figure / Typ und Zeichnung	Results / Ergebnisse
Qualified by Welding PQR	PQR N° TPA-10A

VISUAL EXAMINATION / Sichtprüfung (QW-302.4)	Satifactory
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS / Durchstrahlungsprüfungs	Not Apllicable

FILLET WELD TEST RESULTS / Kehlnahtprüfungsergebnis

Fracture Test / Bruchzähigkeitsprüfung	Not Applicable				
Lenght and % Defects / Länge und % Fehler	Not Applicable				
Macro Test / Makrountersuchung	Not Applicable				
Fillet Size / Kehlnahtgrösse	Not Applicable	Convex	Not Applicable	Concave	Not Applicable

Test conducted by / Prüfung durchgeführt von: AMIRI **Test Number / Prüfungs N°:** 001E

We certify that the statements made in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with Section IX of the ASME Code

Date / Datum _____ **By / Von:** _____

جدول-۲۶۹ : نمونه ایی از اطلاعات نرم افزاری تست جوشکار برای (الکترود SMAW- CS)

MANUFACTURERS RECORD OF WELDER OR WELDING OPERATOR PERFORMANCE QUALIFICATION (WPQ)

Company Name / Hersteller	Welders Name/ Schweißer	Test N° / Probe N°.	Stamp N° / Stempel N°.
Paysaz	Majid Basafa	WQT-002	ID-002M

Using WPS N°/ mit Schweiß-Spezifikation N°.	TPA-11A	Revision N°/ Ausgabe N°	Rev. 1	Date / Datum	12. Oct. 11

The above welder is qualified for the following ranges / Der oben genannte Schweißer ist qualifiziert für folgende Bereiche

WELDING VARIABLES / Schweißverfahrenvariablen	ACTUAL WELDED	RANGE QUALIFIED
Welding Process / Schweißverfahren	SMAW	SMAW
Type / Typ		
Backing / Unterlage	☑ With / Mit ☐ Without / Ohne	With
Select Product Form / Wähle Art des Werkstoffes	Plate	
Select Type of Test / Wähle Art der Prüfung	Groove	
BASE METALS (QW-403) / Grundwerkstoffe		P1-11, P34, P41-P47 & unassigned mat. of similar chem. comp.
P-Number / P-N°	1 to / zu 1	
Thickness / Materialdicke		
Groove / Fugennaht	14 mm	
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	
Pipe Diameter / Rohr Durchmesser		
Groove / Fugennaht	Not Applicable	2 7/8" - (>73mm)
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	All
FILLER METALS (QW-404) / Schweißzusatzwerkstoffe		
Specification / Spezifikation (SFA)	SFA-5.1	
Class / Klasse (AWS)	E7018	
F-Number / F- N°	F-N° 4 With Backing	F-N° 1 - 4 With Backing
Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering		Not Applicable
Solid or Flux Cored / Massivdraht oder rohrförmiger Draht(GTAW & PAW)	Not Applicable	Not Appicable
Deposited Weld Metal / Schweißgut		
Groove / Fugennaht	14 mm	Max. To be Welded
Fillet / Kehlnaht	None	All
POSITION (QW-405) / Lage		
Groove Weld Test Position / Lage von Fugennaht Probestück	3G	
Plate & Pipe > 24" Ø / Blech und Rohr > 609mm Ø		F & V
Plate & Pipe <24" Ø / Blech und Rohr < 609mm Ø		F
Fillet Weld Test Position / Lage von Kehlnaht Probestück	Not Applicable	F, H & V
Weld Progression / Schweißnahtrichtung	Vertical Up	Vertical Up Only
GAS BACKING (QW-408) / Gas		
For GTAW, PAW and GMAW / Für GTAW, PAW und GMAW	Not Applicable	Not Applicable
ELEC. CHARACTERISTICS(QW-409) / Elektrische Daten		
Current / Strom	Not Applicable	Not Applicable
Polarity / Polarität	Not Applicable	Not Applicable
Mode of Metal transfer / Schweißgutübertragungsart	Not Applicable	Not Applicable
FOR OPERATORS (QW-360) / Für Bediener		
Visual Control / Visuelle Kontrolle	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Arc Voltage Control System / lichtbogengesteuertes Drahteinschubgerät	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Joint Tracking / Nahtverfolgungssystem	Not Applicable	Not Applicable
Multiple or Single Pass (per Side) / Mehr - oder Einzellagetechnik	Not Applicable	Not Applicable

GUIDED BEND TEST RESULTS / Biegeversuchsergebnisse	
Type and Figure / Typ und Zeichnung	Results / Ergebnisse
Qualified by Welding PQR	PQR N° TPA-14A

VISUAL EXAMINATION / Sichtprüfung (QW-302.4)	Satifactory
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS / Durchstrahlungsprüfungs	Not Apllicable

FILLET WELD TEST RESULTS / Kehlnahtprüfungsergebnis					
Fracture Test / Bruchzähigkeitsprüfung	Not Applicable				
Lenght and % Defects / Länge und % Fehler	Not Applicable				
Macro Test / Makrountersuchung	Not Applicable				
Fillet Size / Kehlnahtgrösse	Not Applicable	Convex	Not Applicable	Concave	Not Applicable

Test conducted by / Prüfung durchgeführt von: AMIRI **Test Number / Prüfungs N°:** 002M

We certify that the statements made in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with Section IX of the ASME Code

Date / Datum _____ **By / Von:** _____

جدول-۲۷۰ : نمونه ایی از اطلاعات نرم افزاری تست جوشکار برای (فیلر GTAW- SS)

MANUFACTURERS RECORD OF WELDER OR WELDING OPERATOR PERFORMANCE QUALIFICATION (WPQ)

Company Name / Hersteller	Welders Name/ Schweißer	Test N° / Probe N°.	Stamp N° / Stempel N°.
Paysaz	Esmaeil Ghasemi	WQT-003	ID-003G

Using WPS N°/ mit Schweiß-Spezifikation N°.	TPA-16A	Revision N°/ Ausgabe N°	Rev. 1	Date / Datum	12. Oct. 11

The above welder is qualified for the following ranges / Der oben genannte Schweißer ist qualifiziert für folgende Bereiche

WELDING VARIABLES / Schweißverfahrenvariablen	ACTUAL WELDED	RANGE QUALIFIED
Welding Process / Schweißverfahren	GTAW	GTAW
Type / Typ		
Backing / Unterlage	☐ With / Mit ☑ Without / Ohne	With & Without
Select Product Form / Wähle Art des Werkstoffes	Pipe	
Select Type of Test / Wähle Art der Prüfung	Groove	
BASE METALS (QW-403) / Grundwerkstoffe		P1-11, P34, P41-P47 & unassigned mat. of similar chem. comp.
P-Number / P-N°	8 to / zu 8	
Thickness / Materialdicke		
Groove / Fugennaht	7.11 mm	
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	
Pipe Diameter / Rohr Durchmesser		
Groove / Fugennaht	6 in.	2 7/8 in. ~ Unlimited
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	All
FILLER METALS (QW-404) / Schweißzusatzwerkstoffe		
Specification / Spezifikation (SFA)	SFA-5.9	
Class / Klasse (AWS)	ER308	
F-Number / F- N°	F-N° 6	All F-N° 6
Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering	Without	With & Without
Solid or Flux Cored / Massivdraht oder rohrförmiger Draht(GTAW & PAW)	Solid	Solid or Metal Cored
Deposited Weld Metal / Schweißgut		
Groove / Fugennaht	7.11 mm	14.22 mm
Fillet / Kehlnaht	None	All
POSITION (QW-405) / Lage		
Groove Weld Test Position / Lage von Fugennaht Probestück	6G	
Plate & Pipe > 24" Ø / Blech und Rohr > 609mm Ø		All
Plate & Pipe <24" Ø / Blech und Rohr < 609mm Ø		All
Fillet Weld Test Position / Lage von Kehlnaht Probestück	Not Applicable	All
Weld Progression / Schweißnahtrichtung	Vertical Up	Vertical Up Only
GAS BACKING (QW-408) / Gas		
For GTAW, PAW and GMAW / Für GTAW, PAW und GMAW	With	With Gas Backing Only
ELEC. CHARACTERISTICS(QW-409) / Elektrische Daten		
Current / Strom	DC	Direct Current (DC)
Polarity / Polarität	(-)Negative	Negative (Straight Polarity
Mode of Metal transfer / Schweißgutübertragungsart	Not Applicable	Not Applicable
FOR OPERATORS (QW-360) / Für Bediener		
Visual Control / Visuelle Kontrolle	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Arc Voltage Control System / lichtbogengesteuertes Drahteinschubgerät	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Joint Tracking / Nahtverfolgungssystem	Not Applicable	Not Applicable
Multiple or Single Pass (per Side) / Mehr - oder Einzellagetechnik	Not Applicable	Not Applicable

GUIDED BEND TEST RESULTS / Biegeversuchsergebnisse	
Type and Figure / Typ und Zeichnung	Results / Ergebnisse
Qualified by Welding PQR	PQR N° TPA-16A

VISUAL EXAMINATION / Sichtprüfung (QW-302.4)	Satifactory
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS / Durchstrahlungsprüfungs	Not Apllicable

FILLET WELD TEST RESULTS / Kehlnahtprüfungsergebnis					
Fracture Test / Bruchzähigkeitsprüfung	Not Applicable				
Lenght and % Defects / Länge und % Fehler	Not Applicable				
Macro Test / Makrountersuchung	Not Applicable				
Fillet Size / Kehlnahtgrösse	Not Applicable	Convex	Not Applicable	Concave	Not Applicable

Test conducted by / Prüfung durchgeführt von: AMIRI **Test Number / Prüfungs N°:** 003G

We certify that the statements made in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with Section IX of the ASME Code

Date / Datum _____ **By / Von:** _____

جدول-۲۷۱ : نمونه ایی از اطلاعات نرم افزاری تست جوشکار برای (فیلر GTAW- CS)

MANUFACTURERS RECORD OF WELDER OR WELDING OPERATOR PERFORMANCE QUALIFICATION (WPQ)

Company Name / Hersteller	Welders Name/ Schweißer	Test N° / Probe N°.	Stamp N° / Stempel N°.
Paysaz	Azize Ghanavati	WQT-004	ID-004A

Using WPS N°/ mit Schweiß-Spezifikation N°.	TPA-17A	Revision N°/ Ausgabe N°	Rev. 1	Date / Datum	12. Oct. 11

The above welder is qualified for the following ranges / Der oben genannte Schweißer ist qualifiziert für folgende Bereiche

WELDING VARIABLES / Schweißverfahrenvariablen	ACTUAL WELDED	RANGE QUALIFIED
Welding Process / Schweißverfahren	GTAW	GTAW
Type / Typ		
Backing / Unterlage	☐ With / Mit ☑ Without / Ohne	With & Without
Select Product Form / Wähle Art des Werkstoffes	Pipe	
Select Type of Test / Wähle Art der Prüfung	Groove	
BASE METALS (QW-403) / Grundwerkstoffe		P1-11, P34, P41-P47 & unassigned mat. of similar chem. comp.
P-Number / P-N°	1 to / zu 1	
Thickness / Materialdicke		
Groove / Fugennaht	7.11 mm	
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	
Pipe Diameter / Rohr Durchmesser		
Groove / Fugennaht	6 in.	2 7/8 in. ~ Unlimited
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	All
FILLER METALS (QW-404) / Schweißzusatzwerkstoffe		
Specification / Spezifikation (SFA)	SFA-5.18	
Class / Klasse (AWS)	ER70S-6	
F-Number / F- N°	F-N° 6	All F-N° 6
Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering	Without	With & Without
Solid or Flux Cored / Massivdraht oder rohrförmiger Draht(GTAW & PAW)	Solid	Solid or Metal Cored
Deposited Weld Metal / Schweißgut		
Groove / Fugennaht	7.11 mm	14.22 mm
Fillet / Kehlnaht	None	All
POSITION (QW-405) / Lage		
Groove Weld Test Position / Lage von Fugennaht Probestück	6G	
Plate & Pipe > 24" Ø / Blech und Rohr > 609mm Ø		All
Plate & Pipe <24" Ø / Blech und Rohr < 609mm Ø		All
Fillet Weld Test Position / Lage von Kehlnaht Probestück	Not Applicable	All
Weld Progression / Schweißnahtrichtung	Vertical Up	Vertical Up Only
GAS BACKING (QW-408) / Gas		
For GTAW, PAW and GMAW / Für GTAW, PAW und GMAW	Without	With & Without
ELEC. CHARACTERISTICS(QW-409) / Elektrische Daten		
Current / Strom	DC	Direct Current (DC)
Polarity / Polarität	(-)Negative	Negative (Straight Polarity
Mode of Metal transfer / Schweißgutübertragungsart	Not Applicable	Not Applicable
FOR OPERATORS (QW-360) / Für Bediener		
Visual Control / Visuelle Kontrolle	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Arc Voltage Control System / lichtbogengesteuertes Drahteinschubgerät	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Joint Tracking / Nahtverfolgungssystem	Not Applicable	Not Applicable
Multiple or Single Pass (per Side) / Mehr - oder Einzellagetechnik	Not Applicable	Not Applicable

GUIDED BEND TEST RESULTS / Biegeversuchsergebnisse

Type and Figure / Typ und Zeichnung	Results / Ergebnisse
Qualified by Welding PQR	PQR N° TPA-17A

VISUAL EXAMINATION / Sichtprüfung (QW-302.4)	Satifactory
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS / Durchstrahlungsprüfungs	Not Apllicable

FILLET WELD TEST RESULTS / Kehlnahtprüfungsergebnis

Fracture Test / Bruchzähigkeitsprüfung	Not Applicable		
Lenght and % Defects / Länge und % Fehler	Not Applicable		
Macro Test / Makrountersuchung	Not Applicable		
Fillet Size / Kehlnahtgrösse	Not Applicable	Convex Not Applicable	Concave Not Applicable

Test conducted by / Prüfung durchgeführt von: AMIRI **Test Number / Prüfungs N°:** 004

We certify that the statements made in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with Section IX of the ASME Code

Date / Datum _____ **By / Von:** _____

جدول-۲۷۲ : نمونه ایی از اطلاعات نرم افزاری تست جوشکار برای (فیلر GTAW- Low Alloy)

MANUFACTURERS RECORD OF WELDER OR WELDING OPERATOR PERFORMANCE QUALIFICATION (WPQ)

Company Name / Hersteller	Welders Name/ Schweißer	Test N° / Probe N°.	Stamp N° / Stempel N°.
Paysaz	Majid Basafa	WQT-005	ID-005M

Using WPS N°/ mit Schweiß-Spezifikation N°. TPA-18A	Revision N°/ Ausgabe N° Rev. 1	Date / Datum 12. Oct. 11

The above welder is qualified for the following ranges / Der oben genannte Schweißer ist qualifiziert für folgende Bereiche

WELDING VARIABLES / Schweißverfahrenvariablen	ACTUAL WELDED	RANGE QUALIFIED
Welding Process / Schweißverfahren	GTAW	GTAW
Type / Typ		
Backing / Unterlage	☐ With / Mit ☑ Without / Ohne	With & Without
Select Product Form / Wähle Art des Werkstoffes	Pipe	
Select Type of Test / Wähle Art der Prüfung	Groove	
BASE METALS (QW-403) / Grundwerkstoffe		P1-11, P34, P41-P47 & unassigned mat. of similar chem. comp.
P-Number / P-N°	1 to / zu 1	
Thickness / Materialdicke		
Groove / Fugennaht	4 mm	
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	
Pipe Diameter / Rohr Durchmesser		
Groove / Fugennaht	1 in.	1 in. ~ Unlimited
Fillet / Kehlnaht	Not Applicable	All
FILLER METALS (QW-404) / Schweißzusatzwerkstoffe		
Specification / Spezifikation (SFA)	SFA-5.28	
Class / Klasse (AWS)	ER80S-Ni2	
F-Number / F- N°	F-N° 6	All F-N° 6
Consumable Insert / Aufschmelzender Einlegering	Without	With & Without
Solid or Flux Cored / Massivdraht oder rohrförmiger Draht(GTAW & PAW)	Solid	Solid or Metal Cored
Deposited Weld Metal / Schweißgut		
Groove / Fugennaht	4 mm	8 mm
Fillet / Kehlnaht	None	All
POSITION (QW-405) / Lage		
Groove Weld Test Position / Lage von Fugennaht Probestück	6G	
Plate & Pipe > 24" Ø / Blech und Rohr > 609mm Ø		All
Plate & Pipe <24" Ø / Blech und Rohr < 609mm Ø		All
Fillet Weld Test Position / Lage von Kehlnaht Probestück	Not Applicable	All
Weld Progression / Schweißnahtrichtung	Vertical Up	Vertical Up Only
GAS BACKING (QW-408) / Gas		
For GTAW, PAW and GMAW / Für GTAW, PAW und GMAW	Without	With & Without
ELEC. CHARACTERISTICS(QW-409) / Elektrische Daten		
Current / Strom	DC	Direct Current (DC)
Polarity / Polarität	(-)Negative	Negative (Straight Polarity
Mode of Metal transfer / Schweißgutübertragungsart	Not Applicable	Not Applicable
FOR OPERATORS (QW-360) / Für Bediener		
Visual Control / Visuelle Kontrolle	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Arc Voltage Control System / lichtbogengesteuertes Drahteinschubgerät	Not Applicable	Not Applicable
Automatic Joint Tracking / Nahtverfolgungssystem	Not Applicable	Not Applicable
Multiple or Single Pass (per Side) / Mehr - oder Einzellagetechnik	Not Applicable	Not Applicable

GUIDED BEND TEST RESULTS / Biegeversuchsergebnisse

Type and Figure / Typ und Zeichnung	Results / Ergebnisse
Qualified by Welding PQR	PQR N° TPA-14A

VISUAL EXAMINATION / Sichtprüfung (QW-302.4)	Satifactory
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS / Durchstrahlungsprüfungs	Not Apllicable

FILLET WELD TEST RESULTS / Kehlnahtprüfungsergebnis

Fracture Test / Bruchzähigkeitsprüfung	Not Applicable				
Lenght and % Defects / Länge und % Fehler	Not Applicable				
Macro Test / Makrountersuchung	Not Applicable				
Fillet Size / Kehlnahtgrösse	Not Applicable	Convex	Not Applicable	Concave	Not Applicable

Test conducted by / Prüfung durchgeführt von: AMIRI **Test Number / Prüfungs N°:** 005M

We certify that the statements made in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with Section IX of the ASME Code

Date / Datum _____ **By / Von:** _____

فصل ششم

نمونه های مختلف WPS برای P-No های مختلف

در دو فرآیند (GTAW & SMAW)

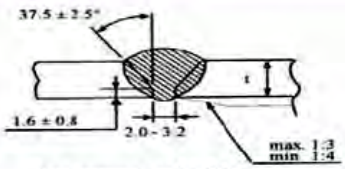
Welding Procedure Specification Test "W.P.S"

NATIONAL PETROCHEMICAL COMPANY

QUALIFICATION STANDARD ASME SEC. IX FOR WELDING AND BRAZING

Company :				Welding Process :	GTAW
WPS No. :	TPA-WPS-ASME-004	Rev. No.	Rev. 1	Impact Require :	YES
Supporting PQR No. :	TPA-PQR-ASME-004	Date :	26,Sep,2011	Types :	MANUAL

QW-402 JOINT		SKETCH :	
.1 Joint Design :	Single-V-Groove Weld		
.4 Backing :	NO		
.11 Backing Material or Retainer (s) :	N/A		
QW-403 BASE METAL			
.5/.11 P - No. & Gr. No.	P No.1 - GR. No.1		
.5/.11 P - No. & Gr. No.	P No.1 - GR. No.1		
Specification TP / Gr. : NACE	SA-106 - B		
Specification TP / Gr. : NACE	SA-106 - B	**QW-405 POSITION**	
.8 Base Metal THK. Reng :	Groove 2.9mm < t ≤ 11.6 mm	Position of Groove :	5G



CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

(ASME Sec.IX , RP-1516-999-1300-086 Rev.01)

N.I.O.C.

Project : xxx Date : 12-Mar-14

WPS No.	*:ANN-WPS-ASME-ORI-036*	*Rev.:00*	
PQR No.	*:ANN-PQR-ASME-ORI-036*	*Rev.:00*	
Welding Process	*:GTAW*		
Types ■ *Manual* ☐ *Semi-Automatic* ☐ *Automatic* ☐ *Machine*			

JOINTS (QW-402)	
Joints Design	*Groove*
Backing:	No ■ ☐ Yes
Backing Material or Type:	*No* ■

BASE METALS (QW-403)

P-No. : 10H , G-No.: 1 to P-No.: 10H , G-No.: 1

Specification Type & Grade: *UNS S32750(Super Duplex)*

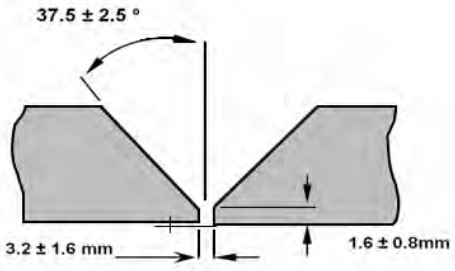
To Specification Type&Grade: *UNS S32750(Super Duplex)*

Thickness Range : *6~12 mm*

Diameter Range : *All*

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	*6*	*A-No.:*	*8*
Spec. No.(SFA):	*A 5.9*		
AWS No.(Class):	*ER 2594*		
Size of Filler Metal:	*2.4*		
Deposit Thickness Qualified:	*GTAW Up To 12 mm*		
Trade Name:	*ESAB(OK Tigrod 25.09)*		



MAX Misalignment ≤ 1.0mm

TOUGHNESS/IMPACT TEST (QW-170) ■ Yes ☐ No

WPS-GT.-P-No.1 To P-No.1-PQR-Th=5.8 mm -*

Welding Procedure Specification Test "W.P.S"

NATIONAL PETROCHEMICAL COMPANY

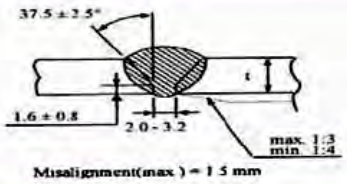
QUALIFICATION STANDARD ASME SEC. IX FOR WELDING AND BRAZING

Company :				Welding Process :	GTAW
WPS No. :	TPA-WPS-ASME-004	Rev. No.	Rev. 1	Impact Require :	YES
Supporting PQR No. :	TPA-PQR-ASME-004	Date :	26,Sep,2011	Types :	MANUAL

QW-402 JOINT

.1 Joint Design :	Single-V-Groove Weld
.4 Backing :	NO
.11 Backing Material or Retainer (s) :	N/A

SKETCH :



QW-403 BASE METAL

.5/.11 P - No. & Gr. No.		P No.1 - GR. No.1
.5/.11 P - No. & Gr. No.		P No.1 - GR. No.1
Specification TP / Gr. : NACE	SA-106 - B	
Specification TP / Gr. : NACE	SA-106 - B	
.8 Base Metal THK. Reng :	Groove	2.9mm < t ≤ 11.6 mm
.8 Base Metal THK. Reng :	Fillet	ALL
.9 t Pass :	N/A	
Pipe Diameter :	ALL	

QW-404 FILLER METALS

Welding Process :		GTAW
Specification No.		SFA 5.18
.5/.33 AWS No.(Class) :		ER70S-6
.4 F - No. :	6	.5 A - No. : 1
Size of Filler Metals :		2.4 mm
.9 Flux / Wire (Class) :		
.29 Flux Trade Name & Designation :	N/A	
.34 Flux Type :	N/A	
.27 Alloy Flux :		
Max. t Dep. Weld Metal:		
.14 w. / w.o. Filler Metal:		With
.23 Filler Metal Form		BARE (SOLID)
.22 Consumable Insert :	N/A	

QW-405 POSITION

Position of Groove :	5G
Position of Fillet :	ALL
Welding Progress :	UPHILL

QW-406 PREHEAT

Preheat Temp. (Min) :	10 °C
Inter Pass Temp. (Max) :	250 °C
Preheat Maintenance :	None

QW-408 GAS

Shilding Gas :	ARGON
Percent Composition :	%99.99
Flow Rate (L/min) :	7(L/Min.) - 16(L/Min.)
Purging Gas :	None
Gas Backing (L/min) :	None
Trailing (L/min) :	

QW-407 POST WELD HEAT TREATMENT

Method :	ELECTRIC - FURNACE
Heating Rate :	Max. 220
Holding Temprature :	610±10
Holding Time :	1Hr minimum (2.4min/mm)
Cooling Rate :	Max.275

QW-409 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current & Polarity		DC	SP
Amper Range :		83 ~ 126	
Volt Range :		10 ~ 12	
Tungsten El. Size/ Type:	2.4 mm	EW Th - 2	
Metal Transfer for GMAW :	N/A		
Electrod Wire Feed Speed Range :	N/A		
> Heat Input :			

QW-410 TECHNIQUE

.1 String or Wave Bead (s) :	BOTH
.3 Orifice or Gas Cup Size (mm) :	9 mm - 16 mm
.5 Initial and Interpass Cleaning :	BRUSHING
.6 Method of Back Gouging :	N/A
.7 Oscillation :	N/A
.8 Contact Tube to Worke Distance :	N/A
.9 Multiple or Single Pass (Per side) :	MULTIPLE PASS
.10 Multiple or Single Electrode(s) :	SINGLE
.11 Closed Chamber or Out -of Chamber :	N/A
.15 Electrode Spacing for Multiple Elec. :	N/A
.25 Manual or Automatic :	Manual
.26 Peening :	Not Permitted

WELD LAYER	PROCESS	FILLER METAL CLASS	FILLER METAL DIA (mm)	CURRENT POLAR TYPE	AMPERE RANGE	VOLT RANGE	TRAVEL SPEED Cm/min	HEAT INPUT (Kj/Cm)	REMARK ESAB
1St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	83 ~ 86	10	4.15 ~ 5.83	8.54 ~ 12.43	OK-Tigrod 12.64
2St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	98 ~ 123	11	8.18 ~ 8.72	7.41 ~ 9.92	OK-Tigrod 12.64
3St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	123 ~ 127	12	4.46 ~ 5.1	17.36 ~ 20.5	OK-Tigrod 12.64
4St	GTAW	ER70S-6	2.4	DCSP	120 ~ 126	11 ~ 12	4 ~ 5.53	14.32 ~ 22.68	OK-Tigrod 12.64

CONTRACTOR	CONSULTANT	OWNER M.C
NAME :	NAME :	NAME :
SIGN :	SIGN :	SIGN :
DATE :	DATE :	DATE :

WPS-GT.&SM.-P-No.1 To P-No.1-PQR-Th=10.97 mm -*

CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-013/ Rev. 1	Date:	05 - July - 2020
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-013		
Welding Process:	GTAW + SMAW		
Types:	MANUAL		

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.1 / Gr.1 To P-No.1 / Gr.1
MATERIAL:	C.S. LOW TEMPERATURE
Specification type/and grade :	SA 671 Gr.CC65 /A333 Gr.6
To specification type/and grade :	SA 671 Gr.CC65 /A333 Gr.6
Thickness Range	5.48 mm ≤ T ≤ 16.97 mm Note: 3
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	10
Spec. No.(SFA)	SFA5.18 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER80S-Ni1 , E7018-G
Size of Filler Metal	2.4 , 2.5,3.25 , 4
Deposit Thickness Qualified	GT ≤ 9mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤ 12.94
Trade Name	OK Autrod 12.64
Trade Name	OK 48.08 ,
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	6G
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	10 ° C	Note: 1
Interpass Temp. Max.	200 ° C	
Preheat Maintenance	NA	

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	N/A
Time Range	N/A
Heating Rate (° C)	N/A
Cooling Rate (° C)	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS	Groove , Fillet
Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ■ No □

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER 80S-Ni1	2.4	DC SP	98 ~ 154	9 ~ 12	4.32 ~ 6.81	7.77 ~ 25.66
2St	GTAW	ER 80S-Ni1	2.4	DC SP	156 ~ 178	12 ~ 13	7.57 ~ 8.86	12.67 ~ 18.34
3St	SMAW	E7018-G	3.20	DC RP	84 ~ 105	20 ~ 24	4.61 ~ 6.66	15.13 ~ 32.79
4St	SMAW	E7018-G	3.20	DC RP	111 ~ 131	24 ~ 27	4.94 ~ 8.95	17.85 ~ 42.95

Note: 1- When Moisture Removal is required (50°)

Note: 2- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 3- Thickness Range according Sec. IX-Para. UG-100(b) and B31.3-Table-323.3.1 (A-5 (a))

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

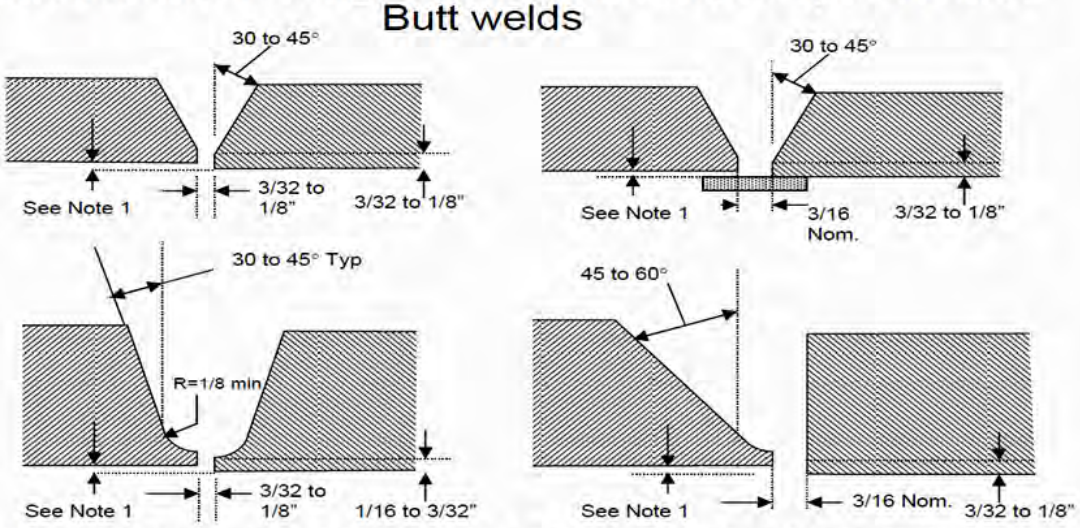
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

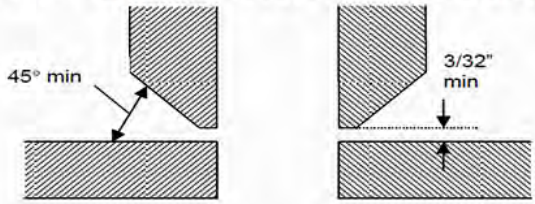
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

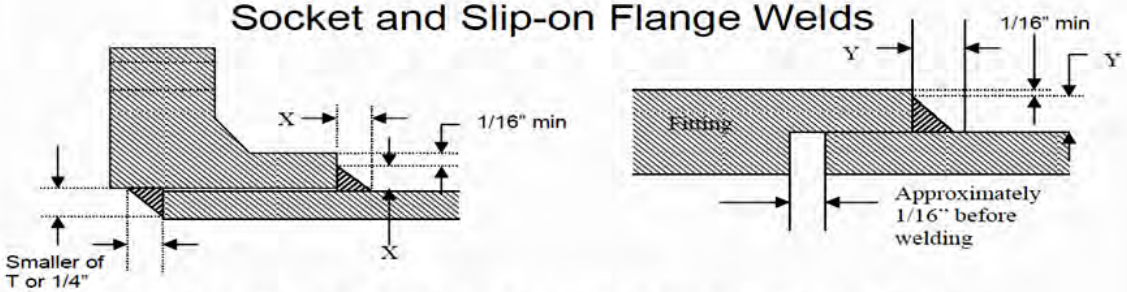


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.3 To P-No.3-PQR-Th=20.62 mm *

CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project:

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-010B/ Rev. 1
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-010B
Welding Process:	GTAW + SMAW
Types:	MANUAL
Date:	05 - July - 2020

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.3 / Gr.1 To P-No.3 / Gr.1
MATERIAL:	C.S. LOW ALLOY
Specification type/and grade :	SA-335 Gr.P1
To specification type/and grade :	SA-335 Gr.P1
Thickness Range	16 mm ≤ T ≤ 41.24 mm
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	2
Spec. No.(SFA)	SFA5.28 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER70S-A1 , E7018-A1
Size of Filler Metal	2.4 , 2.5,3.25 , 4
Deposit Thickness Qualified	GT ≤12 mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤29.24 mm
Trade Name	Metrod-CMO (GTAW)
Trade Name	Metrod-MO.B (SMAW)
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	6G
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	95 ° C
Interpass Temp. Max.	200 ° C
Preheat Maintenance	NA

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	595 to 650
Time Range	1 h/25 mm (1 hr/in.) 15 min min.
Heating Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Cooling Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS

Groove , Fillet

Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ☐ No ■

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER 70S-A1	2.4	DC SP	90 ~ 150	9 ~ 12	5 ~ 6	N/A
2St	GTAW	ER 70S-A1	2.4	DC SP	110 ~ 160	12 ~ 13	7 ~ 8	N/A
3St	SMAW	E7018-A1	3.25	DC RP	90 ~ 120	20 ~ 24	4 ~ 6	N/A
4St	SMAW	E7018-A1	3.25	DC RP	110 ~ 140	24 ~ 27	5 ~ 8	N/A
5St	SMAW	E7018-A1	4	DC RP	110 ~ 140	24 ~ 27	5 ~ 8	N/A

Note: 1- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

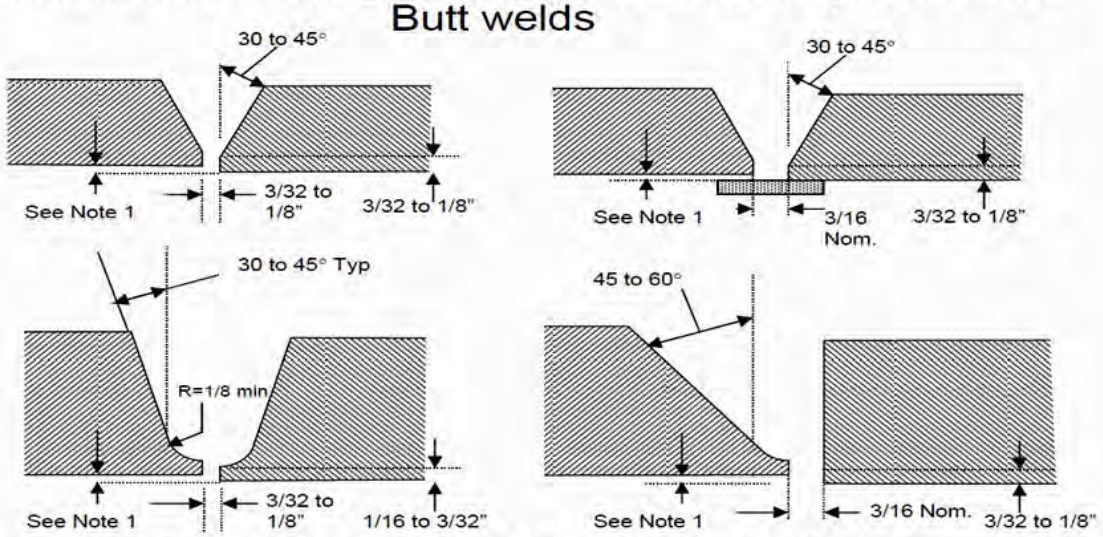
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

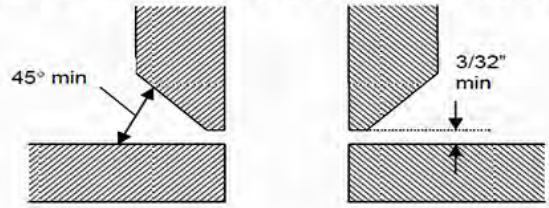
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

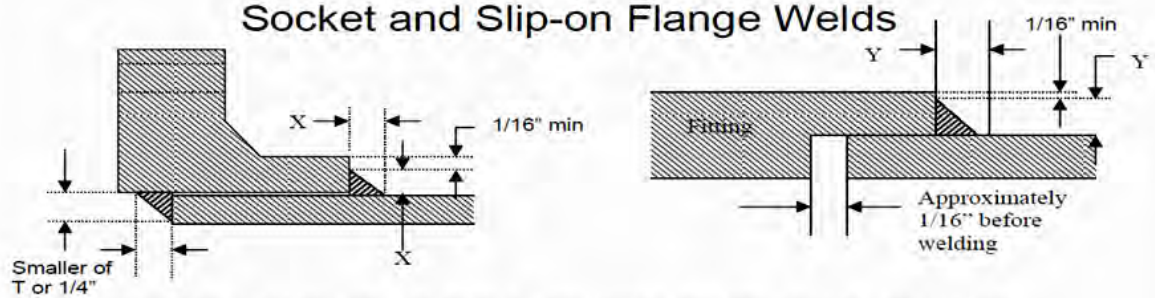


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.4 To P-No.4-PQR-Th=20.62 mm *

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

CEE DEE — N.I.O.C.

Project:

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-011/ Rev. 1
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-011
Welding Process:	GTAW + SMAW
Types:	MANUAL
Date:	05 - July - 2020

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.4 / Gr.1 To P-No.4 / Gr.1
MATERIAL:	LOW ALLOY STEEL
Specification type/and grade :	SA 691(1.25Cr)
To specification type/and grade :	SA 691(1.25Cr)
Thickness Range	16 mm ≤ T ≤ 41.24 mm
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	3
Spec. No.(SFA)	SFA5.28 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER80S-B2 , E8018-B2-H4R
Size of Filler Metal	2.4 , 3.25
Deposit Thickness Qualified	GT ≤ 12 mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤ 29.24 mm
Trade Name	OK Tigrod 13.16
Trade Name	OK 76.16
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	150 ° C
Interpass Temp. Max.	315 ° C
Preheat Maintenance (Continuous of special heating where applicable should)	

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	650 to 705
Time Range	1 h/25 mm (1 hr/in.) 15 min min.
Heating Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Cooling Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS	Groove , Fillet
Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No — For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ☐ No ■

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER80S-B2	2.4	DC SP	100 ~ 120	10 ~ 11	10 ~ 11	N/A
2St	GTAW	ER80S-B2	2.4	DC SP	100 ~ 120	10 ~ 11	12 ~ 15	N/A
3St	SMAW	E8018-B2-H4R	2.5	DC RP	70 ~ 110	22 ~ 23	18 ~ 20	N/A
4St	SMAW	E8018-B2-H4R	3.2	DC RP	95 ~ 150	22 ~ 23	22 ~ 23	N/A

Note: 1- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 2-PWHT Acoording to ASME B31.3

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

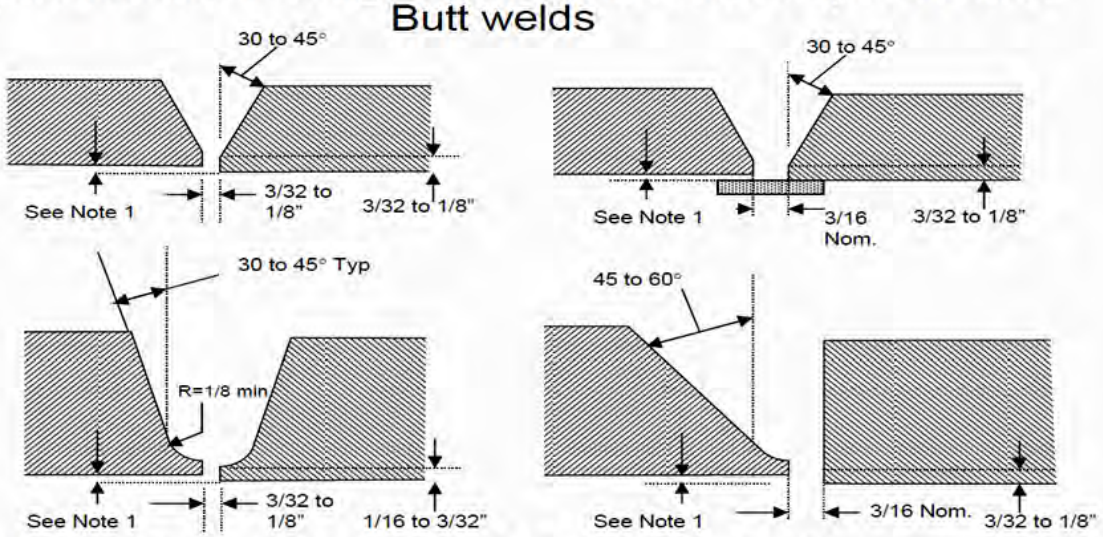
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

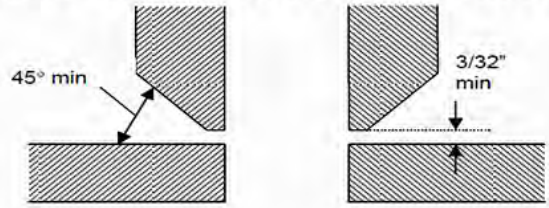
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

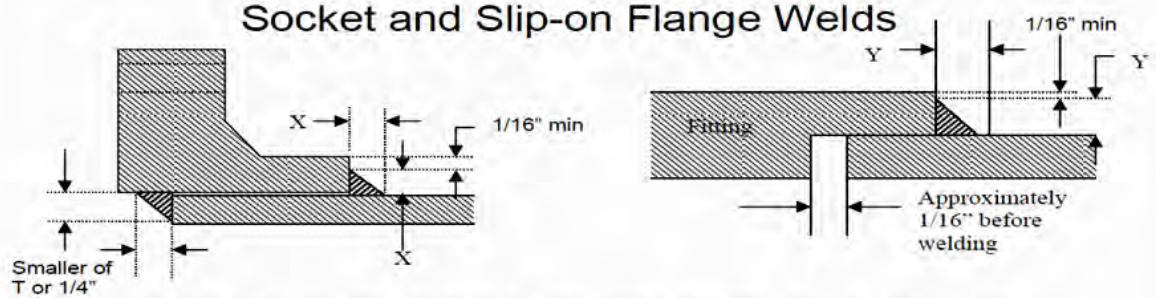


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:

T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.1 To P-No.4-PQR-Th=18.26 mm*

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)

ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

CEE DEE — N.I.O.C.

Project:

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-011A/ Rev. 1
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-011A
Welding Process:	GTAW + SMAW
Types:	MANUAL
Date:	05 - July - 2020

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.1 / Gr.1 To P-No.4 / Gr.1
MATERIAL:	LOW ALLOY STEEL
Specification type/and grade :	A106B,A53,API5L,A333-6
To specification type/and grade :	A 335-Gr P11
Thickness Range	16 mm ≤ T ≤ 36.52 mm
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	3
Spec. No.(SFA)	SFA5.28 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER80S-B2 , E8018-B2-H4R
Size of Filler Metal	2.4 , 3.25
Deposit Thickness Qualified	GT≤12 mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤ 24.52mm
Trade Name	OK Tigrod 13.16
Trade Name	OK 76.16
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	150 ° C
Interpass Temp. Max.	250 ° C
Preheat Maintenance	N/A

(Continuous of special heating where applicable should)

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	650 to 705
Time Range	1 h/25 mm (1 hr/in.) 15 min min.
Heating Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Cooling Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS

	Groove , Fillet
Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ☐ No ■

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER80S-B2	2.4	DC SP	90 ~ 120	15 ~ 18	10 ~ 12	N/A
2St	GTAW	ER80S-B2	2.4	DC SP	90 ~ 120	15 ~ 18	12 ~ 15	N/A
3St	SMAW	E8018-B2-H4R	2.5	DC RP	80 ~ 110	20 ~ 24	17 ~ 20	N/A
4St	SMAW	E8018-B2-H4R	3.2	DC RP	90 ~ 160	20 ~ 24	21 ~ 23	N/A

Note: 1- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 2-PWHT Acoording to ASME B31.3

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

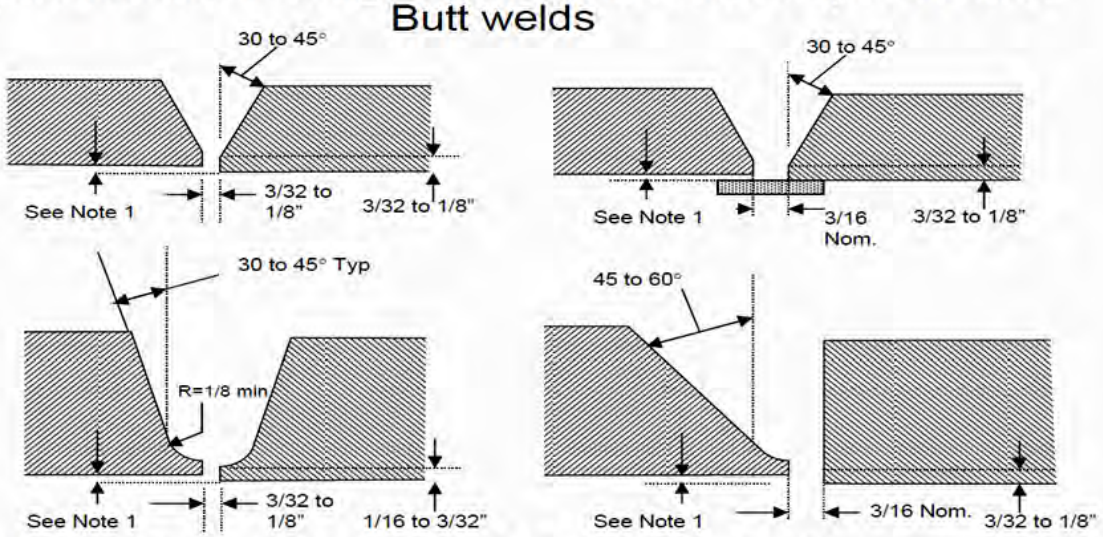
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

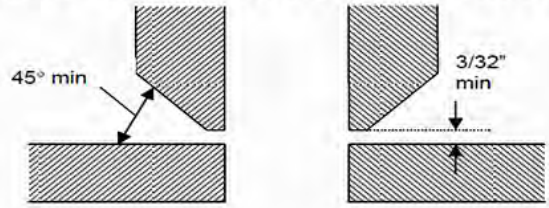
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

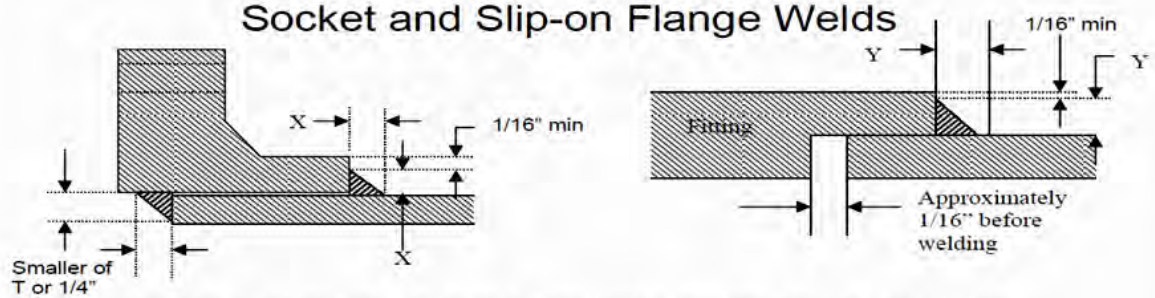


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.5A To P-No.5A-PQR-Th=18.26 mm *

CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project:

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-014 / Rev. 1
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-014
Welding Process:	GTAW + SMAW
Types:	MANUAL
Date:	05 - July - 2020

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.5A / Gr.1 To P-No.5A / Gr.1
MATERIAL:	LOW ALLOY STEEL
Specification type/and grade :	SA 333 Gr.P22
To specification type/and grade :	SA 333 Gr.P22
Thickness Range	16 mm ≤ T ≤ 36.52 mm
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	4
Spec. No.(SFA)	SFA5.28 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER90S-B3 , E9018-B3
Size of Filler Metal	2.4 , 3.25
Deposit Thickness Qualified	GT ≤ 12 mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤ 24.52mm
Trade Name	OK Tigrod 13.17
Trade Name	OK 76.26
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	150 ° C
Interpass Temp. Max.	250 ° C
Preheat Maintenance	TORCH ROSE

(Continuous of special heating where applicable should)

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	675 to 760
Time Range	1 h/25 mm (1 hr/in.) 15 min min.
Heating Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Cooling Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS

Groove , Fillet

Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ☐ No ■

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	N/A	N/A	N/A

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER90S-B3	2.4	DC SP	100 ~ 120	10 ~ 11	10 ~ 11	N/A
2St	GTAW	ER90S-B3	2.4	DC SP	100 ~ 120	10 ~ 11	12 ~ 15	N/A
3St	SMAW	E9018-B3	2.5	DC RP	90 ~ 130	22 ~ 23	18 ~ 20	N/A
4St	SMAW	E9018-B3	3.2	DC RP	90 ~ 130	22 ~ 23	22 ~ 23	N/A

Note: 1- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 2- PWHT Acoording to ASME B31.3

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

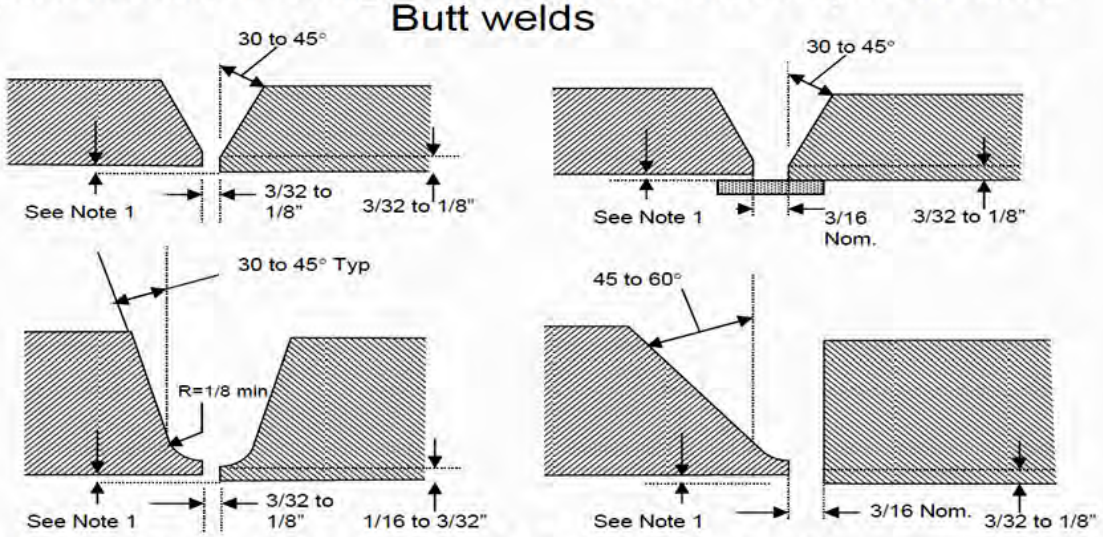
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

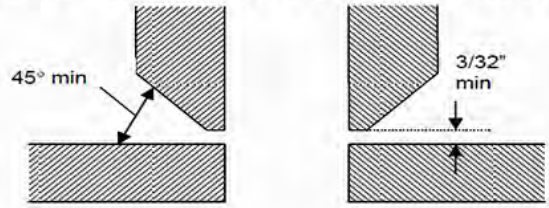
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

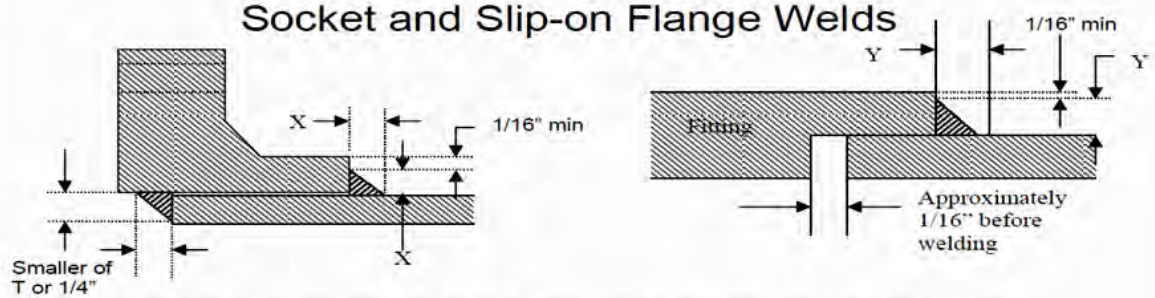


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.5B To P-No.5B-PQR-Th=18.26 mm -*

CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project: Page 1 of 2

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-015/ Rev. 1	Date:	05 - July - 2020
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-015		
Welding Process:	GTAW + SMAW		
Types:	MANUAL		

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.5B / Gr.1 To P-No.5B / Gr.1
MATERIAL:	LOW ALLOY STEEL
Specification type/and grade :	SA 335 Gr.P5
To specification type/and grade :	SA 335 Gr.P5
Thickness Range	5 mm ≤ T ≤ 36.52 mm
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 4
A-No.:	4
Spec. No.(SFA)	SFA5.28 , SFA5.5
AWS No.(Class)	ER80S-B6 , E8015-B6
Size of Filler Metal	2.4 , 3.25
Deposit Thickness Qualified	GT ≤ 12 mm
Deposit Thickness Qualified	SM ≤ 24.52mm
Trade Name	Metrod-5CrMo (GTAW)
Trade Name	Metrod-Chromet 5 (SMAW)
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	150 ° C
Interpass Temp. Max.	250 ° C
Preheat Maintenance	TORCH ROSE

(Continuous of special heating where applicable should)

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	675 to 760
Time Range	1 h/25 mm (1 hr/in.) 15 min min.
Heating Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Cooling Rate (° C)	Max. 335 °C/ hr
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS

Groove , Fillet

Joints Design:	Groove
Backing :	For GTAW : No For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ☐ No ■

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	Argon	99.99%	(13)

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER80S-B6	2.4	DC SP	110 ~ 120	10 ~ 11	10 ~ 11	N/A
2St	GTAW	ER80S-B6	2.4	DC SP	110 ~ 130	10 ~ 11	12 ~ 15	N/A
3St	SMAW	E8015-B6	2.5	DC RP	110 ~ 140	22 ~ 23	18 ~ 20	N/A
4St	SMAW	E8015-B6	3.2	DC RP	110 ~ 140	22 ~ 23	22 ~ 23	N/A

Note: 1- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 2- PWHT Acoording to ASME B31.3

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

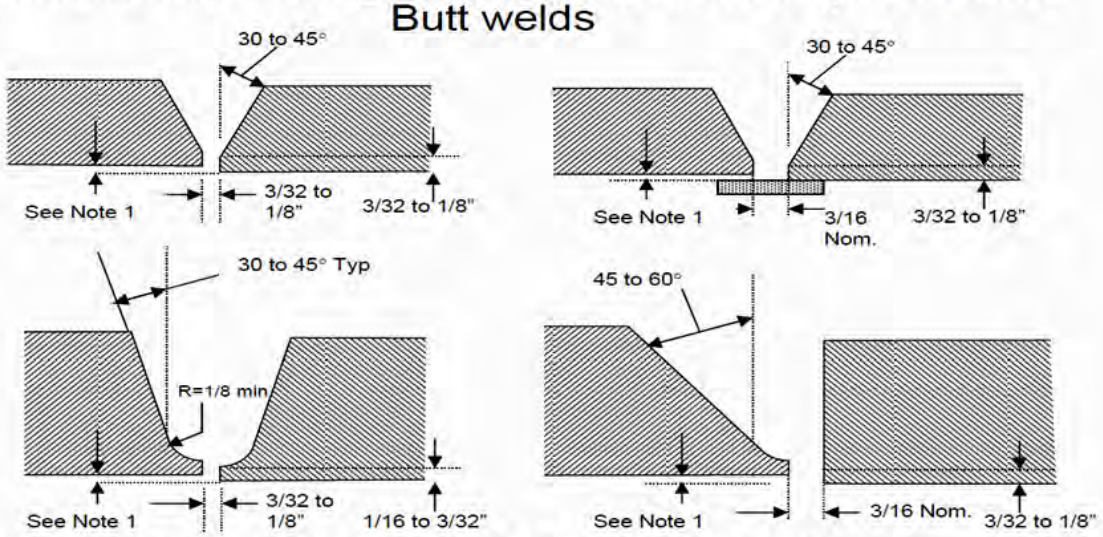
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

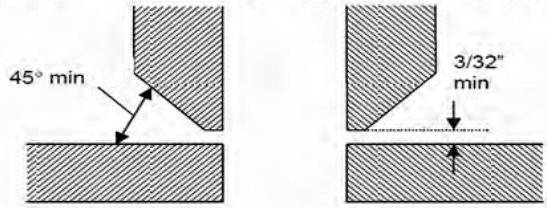
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

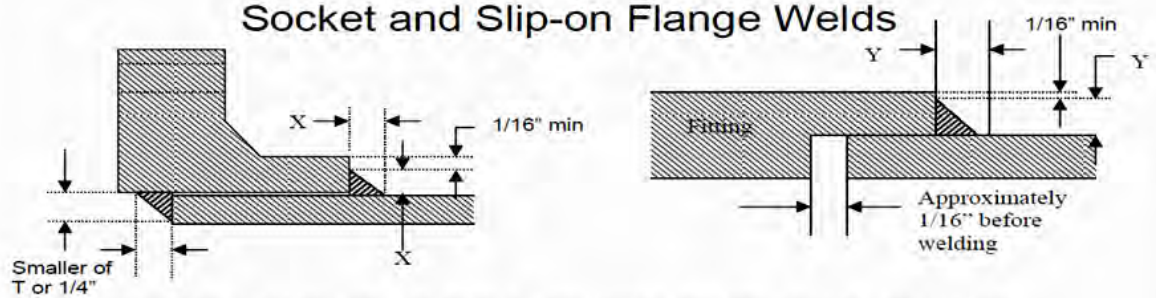


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

WPS-GT.&SM.-P-No.8 To P-No.8-PQR-Th=8.18 mm -*

CEE DEE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME SECTION VIII-2019

N.I.O.C.

Project :

WPS No. / Rev.:	TPA-WPS-ASME-030/ Rev. 1
PQR No.:	TPA-PQR-ASME-030
Welding Process:	GTAW + SMAW
Types:	MANUAL
Date:	05 - July - 2020

BASE METALS (QW-403)

P-No. & Gr. No.:	P-No.8 / Gr.1 To P-No.8 / Gr.1
MATERIAL:	STAINLESS STEEL
Specification type/and grade :	SA312-TP304L or SA358-TP304L
To specification type/and grade :	SA312-TP304L or SA358-TP304L
Thickness Range	$8.18\ mm \leq T \leq 16.36\ mm$
Diameter Range	All

(QW-403.9)- Max. t Pass not Greater than 13mm in each Pass

FILLER METALS (QW-404)

F-No.:	6 , 5
A-No.:	8
Spec. No.(SFA)	SFA5.9 , SFA5.4
AWS No.(Class)	ER308L , E308L-15
Size of Filler Metal	2.4mm , 3.2mm
Deposit Thickness Qualified	GT≤ 9mm
Deposit Thickness Qualified	SM≤ 7.36
Trade Name	OK Tigrod 308L
Trade Name	OK 61.35
Consumable insert	N/A
Other	N/A

POSITION (QW-405)

Position	ALL
Welding Progression	Up Hill

PREHEATING & INTERPASS TEMP. (QW-406)

Preheat Temp. Min.	10 ° C	NOTE:1
Interpass Temp. Max.	150 ° C	
Preheat Maintenance	N/A	

(Continuous of special heating where applicable should)

POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407)

Temperature Range (° C):	N/A
Time Range	N/A
Heating Rate (° C)	N/A
Cooling Rate (° C)	N/A
Other	N/A

JOINTS (QW-402)

JOINTS	
	Groove , Fillet
Joints Design:	Groove
Backing : For GTAW : No	For SMAW: YES
Backing Material or Type:	Weld Metal

See Attachment

Impact Test : Yes ■ No □

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Current AC or DC	DC
Polarity, Amps & Volts(Range)	DCSP & DCRP
Tungsten Electrode Size & Type	1.6~2.4 mm & EWTh-2
Transfer Mode	N/A
Wire Feed Speed	N/A

TECHNIQUE (QW-410)

String or Weave Bead	Both
Cleaning Method	Grinding &/ Brushing
Multi or Single Pass	Multiple
Single or Multiple Electrodes	Single
Methd of Back gouging :	N/A
Orfice or Gas cup Size :	4mm ~ 6mm
Contact tube to work Distance :	N/A
Peening:	N/A

GAS (QW-408)

Percent Composition	Gas	Mixture	Flow Rate(l/min)
Shielding	Argon	99.99%	(9 ~11)
Trailing	N/A	N/A	N/A
Backing	Argon	99.99%	(13) Note 3

Table Performance

Weld Layers	Welding Process	Filler Metal Class	Filler Metal Dia(mm)	Current Type	Current Amp Range(A)	Volt Range(V)	Travel Speed Range(cm/min)	Heat Input (Kj/Cm)
1St	GTAW	ER 308L	2.4	DC SP	50 ~ 57	11 ~ 12	3.4	9.7 ~ 12.07
2St	GTAW	ER 308L	2.4	DC SP	91 ~ 130	11 ~ 12	8.2	8.65 ~ 12.36
3St	SMAW	E308L-15	3.20	DC RP	52 ~ 75	21 ~ 23	8.9	7.36 ~ 11.62
4St	SMAW	E308L-15	3.20	DC RP	60 ~ 70	21 ~ 22	9.5	7.95 ~ 9.72

Note: 1- When Moisture Removal is required (50°)

Note: 2- Oscillation for weave bead is < 3 time of electrode diameter

Note: 3-Internal purge gas shall be maintained at least for 2 layers

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

CEE DEE

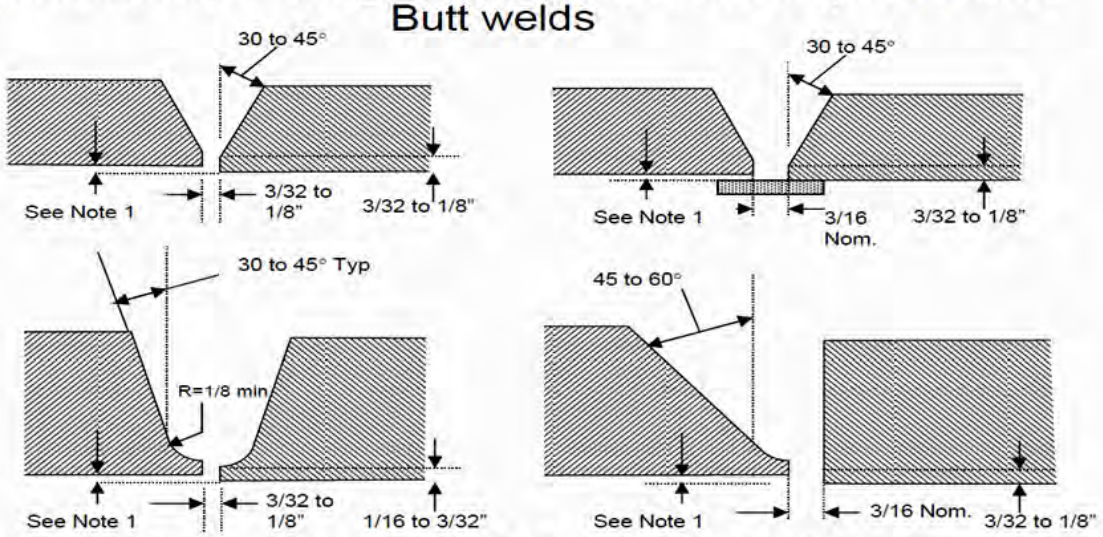
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION(WPS)
ASME SECTION IX
ASME B31.3-2018

N.I.O.C.

Project :

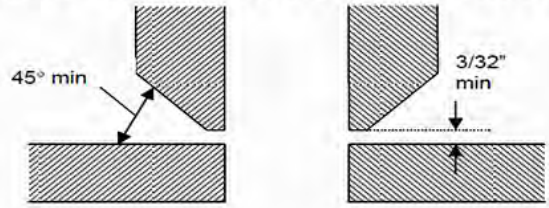
Typical Joint Designs for Plate and Pipe Welds

Butt welds

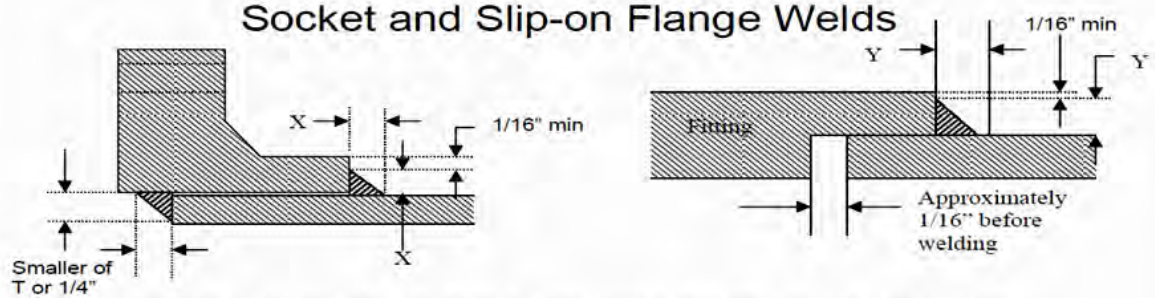


Note 1: 1/8" maximum except for B31.1 and B31.5 work, 1/16" maximum.

Nozzle and Branch Connection Welds



Socket and Slip-on Flange Welds



The following apply unless another size is shown on the engineering drawings:
T is the nominal wall thickness
X = the lesser of 1.4T or the hub thickness
Y = the lesser of 1.1T or the fitting thickness

SUB CONTRACTOR	CONTRACTOR	COMPANY/TPA
Name	Name	Name
Signature	Signature	Signature
Date	Date	Date

- فرم پیشنهادی WPS-QW-482

صفحهٔ اول

FORM QW-482 SUGGESTED FORMAT FOR WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
(See QW-200.1, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Organization Name _____ By _____

Welding Procedure Specification No. _____ Date _____ Supporting PQR No.(s) _____

Revision No. _____ Date _____

Welding Process(es) _____ Type(s) _____
(Automatic, Manual, Machine, or Semi-Automatic)

JOINTS (QW-402) Details

Joint Design _____

Root Spacing _____

Backing: Yes _____ No _____

Backing Material (Type) _____
(Refer to both backing and retainers)

☐ Metal ☐ Nonfusing Metal

☐ Nonmetallic ☐ Other

Sketches, Production Drawings, Weld Symbols, or Written Description should show the general arrangement of the parts to be welded. Where applicable, the details of weld groove may be specified.

Sketches may be attached to illustrate joint design, weld layers, and bead sequence (e.g., for toughness procedures, for multiple process procedures, etc.)

*BASE METALS (QW-403)

P-No. _____ Group No. _____ to P-No. _____ Group No. _____

OR

Specification and type, grade, or UNS Number _____

to Specification and type, grade, or UNS Number _____

OR

Chem. Analysis and Mech. Prop. _____

to Chem. Analysis and Mech. Prop. _____

Thickness Range:

Base Metal: Groove _____ Fillet _____

Maximum Pass Thickness ≤ 1/2 in. (13 mm) (Yes) _____ (No) _____

Other _____

*FILLER METALS (QW-404)	1	2
Spec. No. (SFA)		
AWS No. (Class)		
F-No.		
A-No.		
Size of Filler Metals		
Filler Metal Product Form		
Supplemental Filler Metal		
Weld Metal		
Deposited Thickness:		
Groove		
Fillet		
Electrode-Flux (Class)		
Flux Type		
Flux Trade Name		
Consumable Insert		
Other		

*Each base metal-filler metal combination should be specified individually.

(07/17)

شکل ۶۹۵ : فرمت پیشنهادی WPS در استاندارد ASME Sec. IX-2019

صفحهٔ دوم

FORM QW-482 (Back)

WPS No. _____ Rev. _____

POSITIONS (QW-405)
Position(s) of Groove _____
Welding Progression: Up _____ Down _____
Position(s) of Fillet _____
Other _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature Range _____
Time Range _____
Other _____

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temperature, Minimum _____
Interpass Temperature, Maximum _____
Preheat Maintenance _____
Other _____
(Continuous or special heating, where applicable, should be specified)

GAS (QW-408)

	Percent Composition		
	Gas(es)	(Mixture)	Flow Rate
Shielding			
Trailing			
Backing			
Other			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)

Weld Pass(es)	Process	Filler Metal		Current Type and Polarity	Amps (Range)	Wire Feed Speed (Range)	Energy or Power (Range)	Volts (Range)	Travel Speed (Range)	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, etc.)
		Classification	Diameter							

Amps and volts, or power or energy range, should be specified for each electrode size, position, and thickness, etc.

Pulsing Current _____ Heat Input (max.) _____
Tungsten Electrode Size and Type _____
(Pure Tungsten, 2% Thoriated, etc.)
Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____
(Spray Arc, Short-Circuiting Arc, etc.)
Other _____

TECHNIQUE (QW-410)
String or Weave Bead _____
Orifice, Nozzle, or Gas Cup Size _____
Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, etc.) _____
_____
Method of Back Gouging _____
Oscillation _____
Contact Tube to Work Distance _____
Multiple or Single Pass (Per Side) _____
Multiple or Single Electrodes _____
Electrode Spacing _____
Peening _____
Other _____
_____
_____

(07/17)

شکل ۶۹۶ : فرمت پیشنهادی WPS در استاندارد ASME Sec. IX-2019

- فرم پیشنهادی PQR-QW-483

صفحهٔ اول

FORM QW-483 SUGGESTED FORMAT FOR PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)
(See QW-200.2, Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)
Record Actual Variables Used to Weld Test Coupon

Organization Name _____
Procedure Qualification Record No. _____ Date _____
WPS No. _____
Welding Process(es) _____
Types (Manual, Automatic, Semi-Automatic) _____

JOINTS (QW-402)

Groove Design of Test Coupon
(For combination qualifications, the deposited weld metal thickness shall be recorded for each filler metal and process used.)

BASE METALS (QW-403)
Material Spec. _____
Type or Grade, or UNS Number _____
P-No. ____ Group No. ____ to P-No. ____ Group No. ____
Thickness of Test Coupon _____
Diameter of Test Coupon _____
Maximum Pass Thickness _____
Other _____

FILLER METALS (QW-404)	1	2
SFA Specification		
AWS Classification		
Filler Metal F-No.		
Weld Metal Analysis A-No.		
Size of Filler Metal		
Filler Metal Product Form		
Supplemental Filler Metal		
Electrode Flux Classification		
Flux Type		
Flux Trade Name		
Weld Metal Thickness		
Other		

POSITION (QW-405)
Position(s) _____
Weld Progression (Uphill, Downhill) _____
Other _____

PREHEAT (QW-406)
Preheat Temperature _____
Interpass Temperature _____
Other _____

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Temperature _____
Time _____
Other _____

GAS (QW-408)

	Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate
Shielding			
Trailing			
Backing			
Other			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Current _____
Polarity _____
Amps. _____ Volts _____
Waveform Control _____
Power or Energy _____
Arc Time _____
Weld Bead Length _____
Tungsten Electrode Size _____
Mode of Metal Transfer for GMAW (FCAW) _____
Heat Input _____
Other _____

TECHNIQUE (QW-410)
Travel Speed _____
String or Weave Bead _____
Oscillation _____
Multipass or Single Pass (Per Side) _____
Single or Multiple Electrodes _____
Other _____

(07/17)

شکل ۶۹۷ : فرمت پیشنهادی PQR در استاندارد ASME Sec. IX-2019

صفحهٔ دوم

FORM QW-483 (Back)

PQR No. _____

Tensile Test (QW-150)

Specimen No.	Width	Thickness	Area	Ultimate Total Load	Ultimate Unit Stress, (psi or MPa)	Type of Failure and Location

Alternative Tension Specimen Specification (QW-462) _____

Guided-Bend Tests (QW-160)

Type and Figure No.	Result

Toughness Tests (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temperature	Toughness Values			
				ft-lb or J	% Shear	Mils (in.) or mm	Drop Weight Break (Y/N)

Comments _____

Fillet-Weld Test (QW-180)

Result — Satisfactory: Yes _____ No _____ Penetration into Parent Metal: Yes _____ No _____

Macro — Results _____

Other Tests

Type of Test _____

Deposit Analysis _____

Other _____

.....

Welder's Name _____ Clock No. _____ Stamp No. _____

Tests Conducted by _____ Laboratory Test No. _____

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Organization _____

Date _____ Certified by _____

(Detail of record of tests are illustrative only and may be modified to conform to the type and number of tests required by the Code.)

(07/19)

شکل ۶۹۸ : فرمت پیشنهادی PQR در استاندارد ASME Sec. IX-2019

*- توصیه فرآیند جوشکاری مناسب برای مواد مختلف

*- Recommendation a suitable welding process for different materials

لیست متریالهایی که مطابق استاندارد AWS مورد استفاده در صنعت هستند و همچنین لیست فرآیندهایی که می توان آنها را جوشکاری نمود.

چون این کتاب در مورد دو فرآیند SMAW و GTAW بحث و بررسی دارد در این جدول، متریالهایی را که می توان با استفاده از این دو فرآیند جوشکاری نمود مشخص شده اند. در این جدول علاوه بر نوع متریال، شماره‌ی SFA پیشنهادی فیلر و الکترودها نیز قید شده اند.

بطور مثال برای جوشکاری متریال چدن با استفاده از دو فرآیند SMAW و GTAW از SFA-5.15 نام برده شده است.

برای جوشکاری فولادهای آلیاژ نیکل با استفاده از دو فرآیند SMAW و GTAW از SFA-5.11 و SFA-5.14 نام برده شده است.

از این جدول می توان برای پیشنهاد و همین طور اجرای فرآیند مناسب برای متریالهای مختلف استفاده کرد.

جدول-۲۷۳ : پیشنهاد فرآیند جوشکاری مناسب برای متریالهای مختلف

AWS Filler Metal Specifications by Material and Welding Process

STD.AWS A5·30

Materials	OFW	SMAW	GTAW GMAW PAW	FCAW	SAW	ESW	EGW	Brazing
Carbon Steel	A5.2	A5.1	A5.18	A5.20	A5.17	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Low-Alloy Steel	A5.2	A5.5	A5.28	A5.29	A5.23	A5.25	A5.26	A5.8, A5.31
Stainless Steel		A5.4	A5.9, A5.22	A5.22	A5.9	A5.9	A5.9	A5.8, A5.31
Cast Iron	A5.15	A5.15	A5.15	A5.15				A5.8, A5.31
Nickel Alloys		A5.11	A5.14		A5.14			A5.8, A5.31
Aluminum Alloys		A5.3	A5.10					A5.8, A5.31
Copper Alloys		A5.6	A5.7					A5.8, A5.31
Titanium Alloys			A5.16					A5.8, A5.31
Zirconium Alloys			A5.24					A5.8, A5.31
Magnesium Alloys			A5.19					A5.8, A5.31
Tungsten Electrodes			A5.12					
Brazing Alloys and Fluxes								A5.8, A5.31
Surfacing Alloys	A5.13, A5.21	A5.13, A5.21	A5.13, A5.21					
Consumable Inserts			A5.30					
Shielding Gases			A5.32	A5.32			A5.32	

فصل هفتم

محاسبه وزن فیلر متال و الکترود

در فرآیندهای SMAW & GTAW

***- برداشتی از سایت TWI-(Calculating weld volume and weight)**

محاسبه حجم جوش ، اولین گامهایی است که باید در تخمین هزینه ساخت جوش برداشته شود. با استفاده از این اطلاعات و دانستن میزان رسوب فرآیند می توان قوس را تعیین کرد. برای محاسبه هزینه تولید جوش ، هر دو مورد یعنی زمان (مدت زمانی که یک قوس در حال سوختن و رسوب فلز جوش است) و میزان مصرف مواد مورد نیاز برای جوشکاری برای پر کردن طرح اتصال، لازم است. تعیین حجم جوش نیاز به دانش کمی در مورد محاسبات هندسی پایه دارد تا مساحت جوش را تعیین کرده و این رقم را با طول آن ضرب کرد. مرحله اول محاسبه سطح مقطع اتصال است.

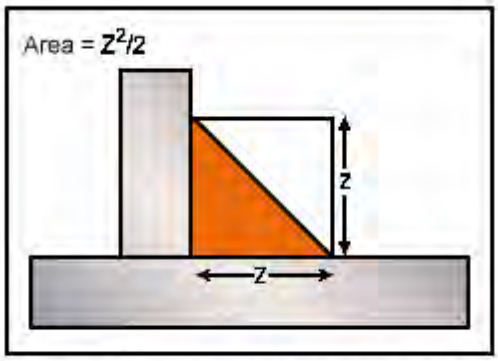


Fig.1. Area of an equal leg length fillet weld

شکل ۶۹۹ : داده های سطح مقطع یک جوش Fillet برابر

جوش Fillet یا یک اتصالات ۴۵ درجه نسبتاً ساده است شکل ۱ نشان می دهد که محاسبه سطح مقطع اتصال جوش Fillet چقدر ساده است. مساحت چنین جوشی در واقع مساحت نیمی از مربع با اندازه ضلع Z است، هنگام استفاده از این فرمول فراموش نکنید که جوشکارها به ندرت دقیقاً اندازه جوش طراحی شده در نقشه را با روش جوش رسوب می دهند و ممکن است مقدار اضافی جوش تحت عنوان گرده‌ی جوش وجود داشته باشد.

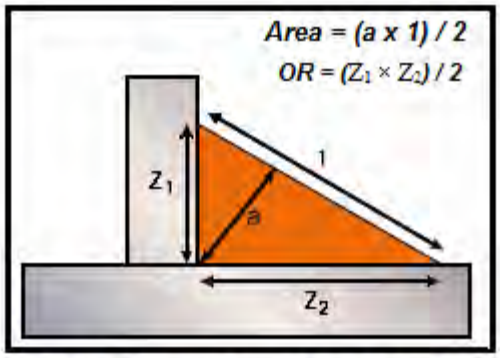


Fig.2. Area of an unequal leg length fillet weld

شکل ۷۰۰ : داده های سطح مقطع یک جوش Fillet نابرابر

جوش Fillet نامتقارن کمی دشوارتر است. مساحت مثلث توسط پایه Z_2 برابر ارتفاع Z_1 تقسیم شده توسط ۲ داده می شود بنابراین وقتی یک جوش Fillet با طول نابرابر تهیه شود ، مساحت را می توان از ضرب گلو (Throat = a) در طول وتر مثلث (1) تقسیم بر ۲ بدست آورد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است.

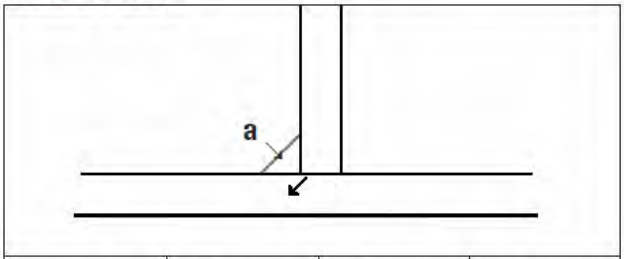
توجه شود در کتاب Maritime Welding Handbook- 14th edition- 4th revision این عملیات ها برای جوشهای گوشه ایی Fillet انجام شده و بصورت جدول ارائه شده که در این جدول مقدار فلز جوش رسوب داده شده را برحسب کیلوگرم در طول برحسب متر داده شده است. لطفاً به جدول دقت شود:

مصرف مواد پرکننده (Filler material consumption):

جداول زیر حجم تقریبی رسوب فلز جوش Fillet را برای انواع مختلف اتصالات ارائه می دهند.

جدول- ۲۷۴ : وزن تقریبی فلز جوش Fillet محاسبه شده در واحد طول (متر) برحسب کیلوگرم

Fillet Weld



a measure a	Section size s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm^2	cm^3/m	kg/m
2	4	6	0.05
2.5	6.5	8.5	0.07
3	9	12.5	0.10
4	16	21	0.16
5	25	31.5	0.25
6	36	42	0.33
7	49	57	0.45
8	64	73.5	0.58
9	81	94	0.74
10	100	114	0.89
11	121	138	1.08
12	144	162	1.27
13	169	190	1.49
14	196	224	1.76
15	225	248	1.95

Outside Corner

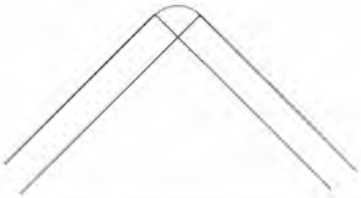


Plate thickness t	Section size	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm^2	cm^3/m	kg/m
2	2	3.5	0.03
3	4.5	7.5	0.06
4	8	10.5	0.08
5	12.5	16	0.13
6	18	22	0.17
7	24.5	31.5	0.25
8	32	40.5	0.32
9	40.5	51	0.40
10	50	64	0.50
12	72	93	0.73
15	113	141	1.11
18	162	204	1.60
20	200	252	1.98
22	242	204	2.39
25	323	405	3.18

جداول زیر حجم تقریبی رسوب فلز جوش Fillet را برای انواع مختلف اتصالات ارائه می دهند.

جدول- ۲۷۵ : وزن تقریبی فلز جوش Groove محاسبه شده برحسب کیلوگرم

Square Butt Joint

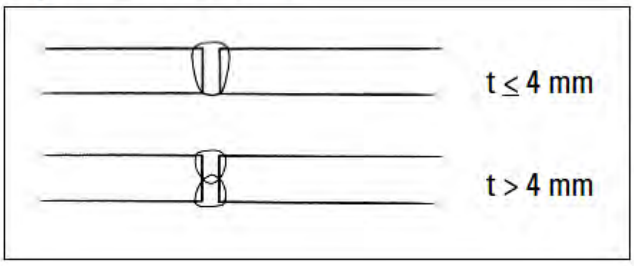
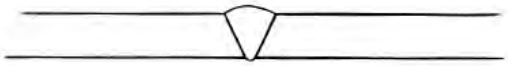


Plate thickness t	Root opening s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm	cm^3/m	kg/m
1	0	2	0.02
1.5	0.5	3	0.02
2	1	4	0.03
3	1.5	7	0.05
4	2	22	0.17
5	2.5	25	0.20
6	3	32	0.25
7	3	42	0.33

جدول- ۲۷۶: وزن تقریبی فلز جوش Groove (50º&70º), (60º& 80º) محاسبه شده برحسب کیلوگرم

Single V-joint



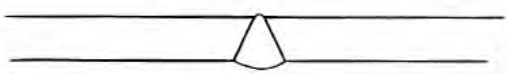
50° Flat

Plate thickness t	Root opening s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm	cm^3/m	kg/m
4	1	11.5	0.09
5	1	16.5	0.13
6	1	23	0.17
7	1.5	33.5	0.26
8	1.5	42	0.31
9	1.5	51	0.38
10	2	66.5	0.49
11	2	78.5	0.56
12	2	91	0.65
14	2	120	0.86
15	2	135	0.97
16	2	151	1.04
18	2	189	1.33
20	2	227	1.63
25	2	341	2.46

60° Flat

Plate thickness t	Root opening s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm	cm^3/m	kg/m
4	1	13	0.10
5	1	20	0.15
6	1	27	0.20
7	1.5	39	0.30
8	1.5	49	0.37
9	1.5	61	0.44
10	2	78	0.57
11	2	92	0.66
12	2	107	0.77
14	2	141	1.02
15	2	160	1.15
16	2	180	1.23
18	2	223	1.60
20	2	271	1.94
25	2	411	2.94

Single V-joint



70° Vertical

Plate thickness t	Root opening s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm	cm^3/m	kg/m
4	1	15	0.13
5	1	22.5	0.19
6	1	31	0.29
7	1.5	45	0.38
8	1.5	57	0.47
9	1.5	70	0.59
10	2	90	0.76
11	2	107	0.89
12	2	125	1.05
14	2	165	1.34
15	2	188	1.55
16	2	211	1.75
18	2	263	2.17
20	2	320	2.62
25	2	488	4.00

80° Vertical

Plate thickness t	Root opening s	Deposit volume per m. V	Deposit weight per m. W
mm	mm	cm^3/m	kg/m
4	1	18	0.14
5	1	26	0.22
6	1	36	0.30
7	1.5	52	0.44
8	1.5	66	0.55
9	1.5	82	0.69
10	2	104	0.86
11	2	124	1.02
12	2	145	1.23
14	2	193	1.60
15	2	219	1.81
16	2	247	2.02
18	2	308	2.51
20	2	376	3.11
25	2	577	4.76

در حال حاضر برای جوش دادن لب به لب ، محاسبات کمی پیچیده تر می شوند.
سه عاملی وجود دارد که میزان جوش را در یک جوش V با یک حجم مشخص می کند .اینها عبارتند از:
۱- زاویه پخ(b) ،
۲- فلز اضافی جوش
۳- شکاف ریشه (g)،
همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است. برای محاسبه مساحت این جوش ، باید بتوانیم مساحت چهار جزء را نشان دهیم .شکل ۳

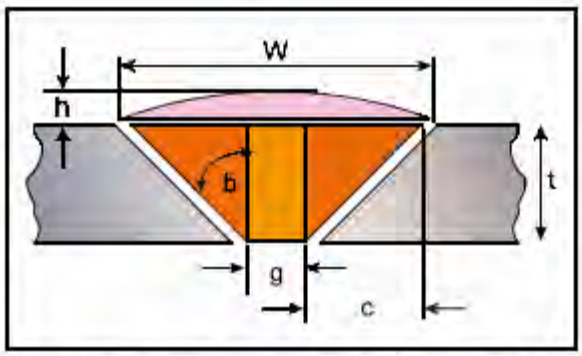


Fig. 3. The four areasof a single-V butt weld

شکل ۷۰۱ : داده های سطح مقطع یک جوش Groove نوع طرح اتصال "V"

The dimension 'c' is given by (tan b x t); the area of a single red triangle is therefore t(tan b x t)/2. The total area of the two red regions added together can be calculated using the formula 2t(tan b x t)/2 or t(tan b x t).

ابعاد "c" با استفاده از فرمول (tan b × t) بدست می آید. بنابراین مساحت یک مثلث قرمز منفرد با استفاده از این فرمول t(tan b × t)/2 محاسبه می شود. مساحت کل دو منطقه قرمز اضافه شده به هم با استفاده از فرمول 2t(tan b x t)/2 یا هم از فرمول t(tan b x t) محاسبه می شود.

The width of the weld cap, w, is given by W = 2(tan b x t) + g.
The area of the excess weld metal is approximated by the formula (W x h)/2.
The area provided by the root gap by g x t.
The bevel angles, b, most often used are 10° = (tan 0.176), 15° = (tan 0.268), 22.5° = (tan 0.414) 32.5° = (tan 0.637) and 45° = (tan 1.00). As will become obvious when the weight is calculated, it is easier to ensure that the decimal point is in the right place if centimetres are used in the calculations rather than millimetres.
As a worked example, if the weld is in a plate 2.5cm thickness, 0.3cm root gap, 65° included angle (b = 32.50°; tan 32.5° = 0.637) and with a cap height of 0.2cm we have:-

1. c = tan32.5 x 2.5 = 0.637 x 2.5 = 1.59cm
2. w = 2(0.637x2.5) + 0.3 = 3.485cm so the area of the cap = (3.485x0.2)/2 = 0.348 sq. cm.
3. area of the orange area = 0.3 x 2.5 = 0.75 sq.cm.
4. area of the two red areas = 2 x (1.59 x 2.5)/2 = 3.97sq.cm.

This gives a total area of 5.07sq cm. The volume can then be calculated by multiplying the length of the weld by the area - ensuring that this length is also given in centimetres!
Conventionally, the volume is often expressed in cubic centimetres (cu.cm). per metre so in this example the volume is 507 cu. cm/metre.

To obtain the weight of weld metal this figure is then multiplied by the density of the alloy. *Table 1* gives the density of some of the more common alloys in gm/cu.cm. Note that with some alloys the alloying elements can change the density quite significantly.

Table 1. Densities of some of the more common alloys.

Alloy	Density (gm/cm^3)	Alloy	Density (gm/cm^3)
iron	7.87	70/30 brass	8.53
0.25% carbon steel	7.86	7% Al bronze	7.89
12%Cr steel	7.70	aluminium	2.70
304 stainless steel	7.92	Al 5052	2.65
nickel	8.90	Al 7075	2.8
80/20 Ni.Cr	8.40		
625 type alloy	8.44		
copper	8.94		

The weight of weld metal to fill one metre length of the joint described above would therefore be; in carbon steel (507 x 7.86) = 3985gms or 3.98kgs/metre; in a 5XXX series aluminium alloy
(507 x 2.65) = 1343gms, 1.34kgs/metre.
Calculating the weight of weld metal in double sided V-joints uses the same approach by dividing the weld into its individual 'V's and adding the products.
A J-preparation, however, adds another area into the equation; that of the half circle at the root of the weld, see *Fig.4*. The formulae given above to calculate 'c', the area of the two red components and the excess weld metal remain unchanged but the width of the cap must be increased by 2r. There are also the two areas, 'A' and 'B', to calculate and the two white root radius areas to be added to the total.

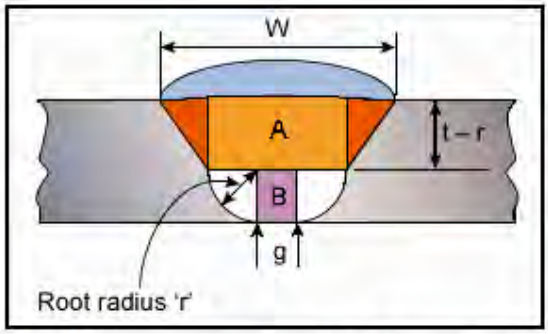


Fig. 4. Single 'U' preparation (other notation as in Fig.3)

شکل ۷۰۲ : داده های سطح مقطع یک جوش Groove نوع طرح اتصال "U"

The relevant formulae are thus:

1. the dimension 'c' is given by (tan b x (t-r)); the total area of the two red regions is therefore given by the formula 2((t-r)(tan b x (t-r))/2 or ((t.-r)(tan b x (t-r)).
2. the width of the weld cap, w, is given by w = 2(tan b x (t-r)) + g +2r.
3. the area of the excess weld metal is given by the formula (w x h)/2.
4. the area 'A' is (t-r) x (2r +g).
5. the area 'B' is g x r.
6. the root radius area is $(\pi r^2)/4$

For a double-U preparation it is necessary to calculate the areas of both sides and add these together.
Having calculated the weight of weld metal required to fill a weld preparation it is then possible to calculate the weight of filler metal required (these two figures are not necessarily the same) and to estimate the time required to deposit this weld metal; both essential in order to arrive at a cost of fabricating the weld.
This article was written by **Gene Mathers**.

به رسم امانت داری این مقاله توسط **Gene Mathers** نوشته شده است.

به رسم امانت داری مقاله زیر توسط (PREPARED BY HZ CS PIPING F.E) که ظاهرا از پرسنل محترم شرکت مهندسی مشاور سازه می باشد تهیه شده است. (البته شکلها با دقت بیشتری تهیه شدند)

*- روش محاسبه مقدار مصرف الکترود جوشکاری

1- Calculation method of welding electrode consumption quantity

1. Calculation method for consumption (W)

- Weight of weldment (Wo) = (A + B) x L x ρ ---------- (1)
- Weight of weidment (Wo) = W x η ----------(2)

Note):

A: Cut area in end preparation (beveling) : Cm^2
B: Cut area of reinforcement: Cm2
L: Length of welding : Cm
ρ: Specific gravity of filler metal
η: Welding efficiency (%/100)
W: Consumption quantity (gr)

از معادله (۱) و (۲) که در بالا آمده، و با استفاده از معادله زیر مقدار الکترود مصرفی را می توان بدست آورد.

$$W_{(gr)} = \frac{(A + B) \times \rho}{\eta} \times L$$

در محاسبه مواد مصرفی جوشکاری (الکترود) می بایست اطلاعات زیر در نظر گرفته شوند:

(۱)- گرده جوش:

(۲)- راندمان جوشکاری:

(۳)- وزن مخصوص:

In calculating consumption of welding materials,
Reinforcement q'ty (1),
Welding Efficiency (2),
Specific Gravity (3)
should be considered from below information.

(1)- Reinforcement q'ty : 20% of cut area in end preparation (beveling)

(۱)- گرده جوش: ۲۰ درصد از سطح برش و پخ داده شده‌ی لبه باشد.

(2)- Welding Efficiency:

(۲)- راندمان جوشکاری: (در این قسمت برای هر فرآیندی ضریبی در نظر گرفته شده است.)

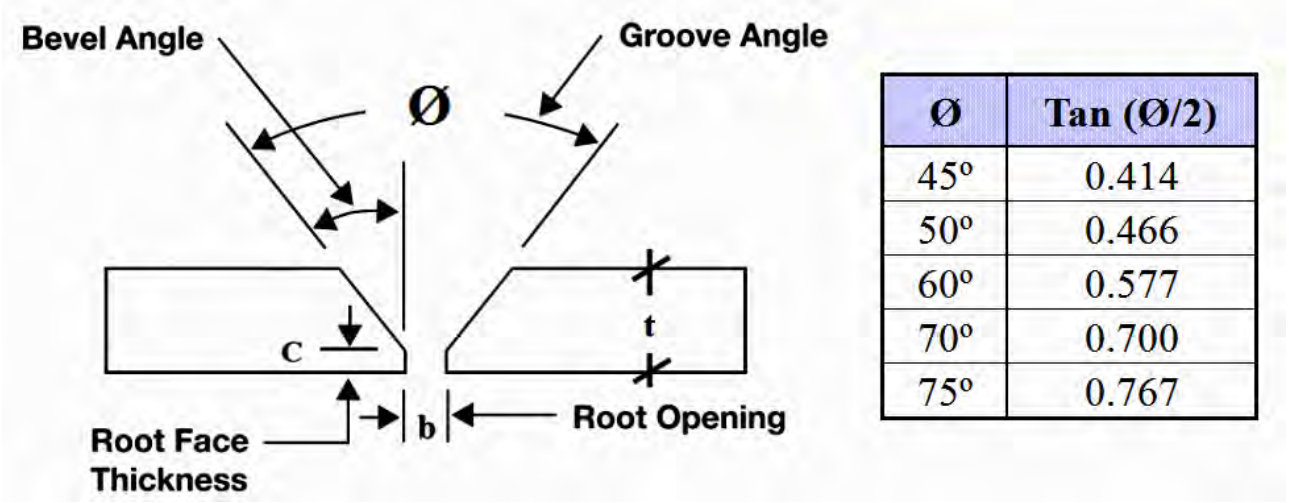
Submerged Arc Welding 99%
Gas Metal Arc Welding(98%Ar/2%02) 98%
Gas Metal Arc Welding(75%Ar/25%C02) 96%
Gas Metal Arc Welding(C02) 93%
Metal Cored Wires 93%
Gas Shielded Flux Cored Wires 85%
Self Shielded Flux Cored Wires 82%
Shielded metal arc welding 55% (When not using 50mm in holder part) .

(3)- Specific Gravity:

(۳)- وزن مخصوص:

Mild Steel	7.85
Stainless Steel(304)	8.02
Stainless Steel(316)	7.94

●-Butt Welding:



Ø	Tan (Ø/2)
45°	0.414
50°	0.466
60°	0.577
70°	0.700
75°	0.767

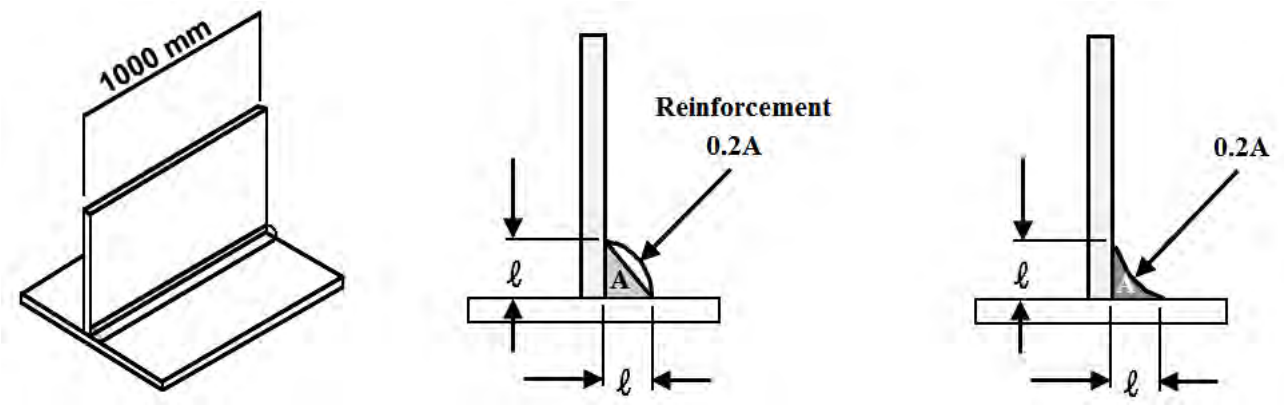
شکل ۷۰۳ : شکل مربوط به فرمول محاسبه‌ی وزن الکترود مصرفی جوش Groove

$$W_{(gr)} = \frac{[(b \times t) + (t - c)^2 \times \tan(Ø/2)] \times 1.2 \times \rho}{\eta} \times L$$

1)- Tig wire welding:
$W_{(gr)} = 11.08\ [(b \times t) + (t-c)^2 \times \tan(Ø/2)]$
2)- Arc welding:
$W_{(gr)} = 17.13\ [(b \times t) + (t-c)^2 \times \tan(Ø/2)]$

2- Summary for standard seam and welding materials
Calculation of consumption q'ty of shielded metal arc welding (SMAW) for mild steel per 1 m-welding length is as follows:

(1) - Fillet welding:



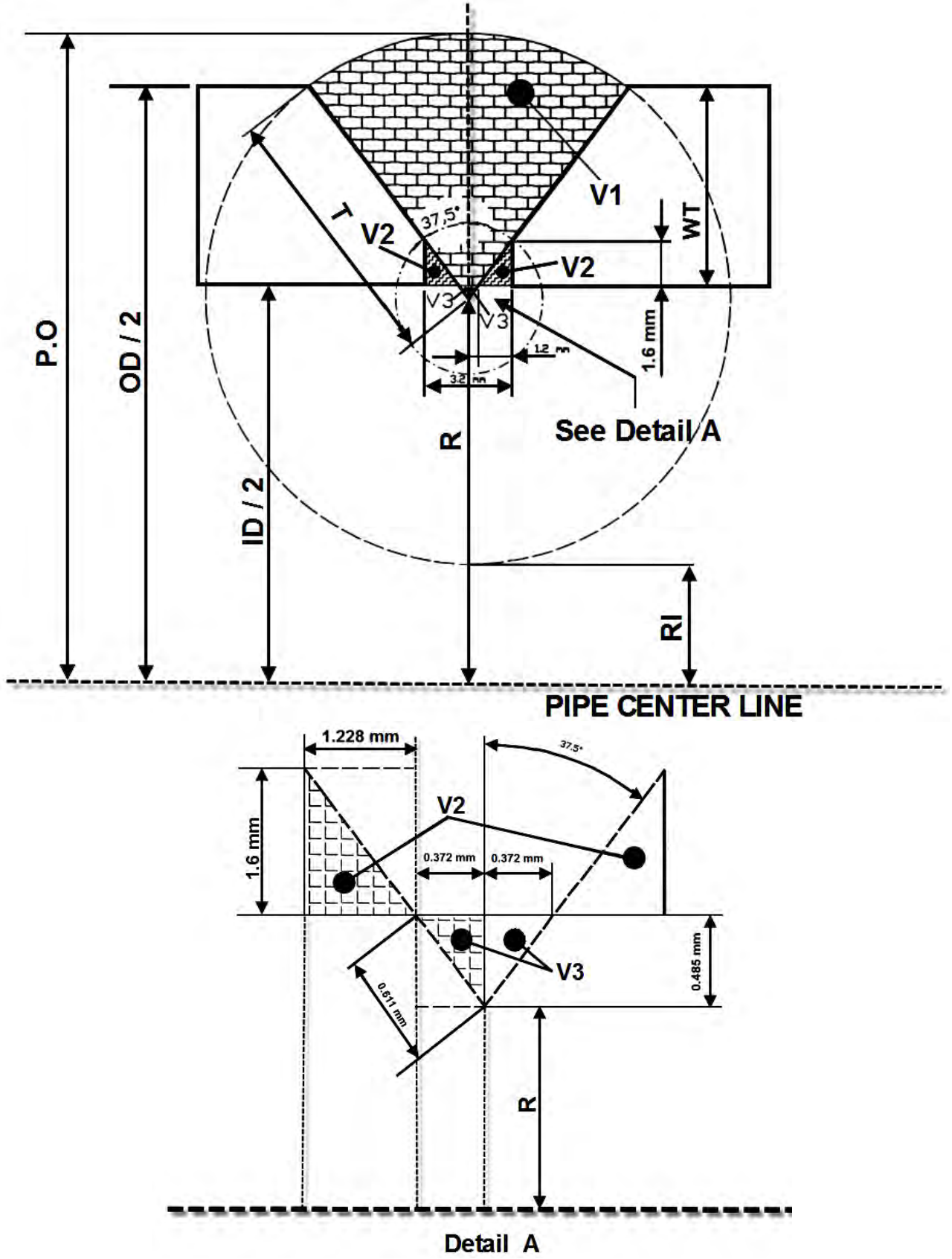
شکل ۷۰۴ : شکلهای مربوط به فرمول محاسبه‌ی وزن الکترود مصرفی جوش Fillet در یک متر

Fillet welding (shielded metal arc welding)

جدول- ۲۷۷ : وزن تقریبی فلز جوش Fillet محاسبه شده در واحد طول (متر) برحسب کیلوگرم

Leg Length (mm)	Consumption Q'ty (Kg/m)	Leg Length (mm)	Consumption Q'ty (Kg/m)	Remark
4	0.137	10	0.856	Q'ty can be derived from below: $W(gr/m) = 8.56\ \ell^2$ [ℓ : Leg length(mm)]
5	0.214	11	1.036	
6	0.308	12	1.233	
7	0.419	13	1.447	
8	0.548	14	1.678	
9	0.693	15	1.926	

Calculation procedure for electrode consumption-*



شکل ۷۰۵ : جزئیات یک شکل سطح مقطع جوش شیاری Groove

*- روش محاسبه الکترود مصرفی

CALCULATION PROCEDURE FOR ELECTRODE CONSUMPTION

$M=(Vl+V2-V3)\times DENSITY\ (Gr/Cm^3) \times SLAG\ FACTOR \times LOSS\ FACTOR/l000$

$M=(VI+V2-V3) \times (7.8/1000) \times 1.4 \times 1.45$

$Vl=(75/360) \times TORUS\ VOLUME$

$TORUS\ VOLUME = 0.25 \times (PI^2) \times [(Ro-Ri)^2] \times (Ro+Ri)$ *"REFER TO TORUS SKETCH* ATTACHED"

$Ro=R+T$

$Ri=R-T$

$T=0.611+WT/COS(75/2)$

$R=ID/2-0.485$

$ID=OD-2 \times WT$

$VI==0.514\times [(2.522 \times WT + 1.222)^2] \times (OD-2 \times WT -0.97)$

$V2==2 \times (VOLUME\ DIFF.\ OF\ 2\ CYLINDERS\ /2)=PI \times 1.228 \times [(R+0.485+1.6)^2-(R+0.485)^2]$

$V3==2 \times (VOLUME\ DIFF.\ OF\ 2\ OTHER\ CYLINDERS\ /2)=PI \times 0.372 \times [(R+0.485)^2-R^2]$

RESULT:

$$M=0.016[0.514(2.522WT+1.222)^2(OD-2WT-0.970)+6.173(OD-2WT+1.6)-1.169(0.485OD-0.97WT-O.235)]$$

OD=OUT SIDE DIAMETER OF PIPE (mm)

WT=WALL THICKNESS OF PIPE (mm)

M=ELECTRODE CONSUMPTION (Gram)

EXAMPLE: 1

FOR PIPE 6" SCH. 40: OD=168.3 WT=7.11 THEN →M=471 Grams

$$M=0.016[(0.514(2.522 \times 7.11 + 1.222)^2(168.3 -2 \times 7.11 -0.970)+ 6.173\ (168.3 -2 \times 7.11 +1.6)-1.169(0.485 \times 168.3-0.97 \times 7.11-0.235)]$$

$M=0.016[(0.514(367)(153)+6.173(155.68)-1.169(74)]$

$M=0.016[28862+961-86.5]$

$M=0.016[29736.5]$

$M=475\ gr$

EXAMPLE: 2

*- مثال ۲- لوله ۴۲ اینچ با قطر خارجی ۱۰۶۷ میلیمتر و ضخامت دیواره‌ی ۲۵ میلیمتر موجود است. اگر ۲ میلیمتر از این ضخامت را با الکترود E6010 و ۲۳ میلمتر مابقی را با الکترود E8018-G جوشکاری کنیم وزن الکترودهای لازم برای هر دو ضخامت حساب کنید.

Actual

Pipe = 42 in. → OD=42 in. = 1067 mm

WT = 23 mm For E8010-P1 or E8018-G

$$M=0.016[(0.514(2.522 \times 23 + 1.222)^2(1067 -2 \times 23 -0.970)+ 6.173\ (1067 -2 \times 23 +1.6)-1.169(0.485 \times 1067-0.97 \times 23-0.235)]$$

$M=0.016[(0.514(3508)(1020)+6.173(1022.6)-1.169(495)]$

$M=0.016[1839174+6313-579]$

$M=0.016[1844908]$

$M=29518.5\ gr \rightarrow 29518.5 / 1000 = 29.5\ Kg$

Pipe = 42 in. → OD=42 in. = 1067 mm

WT = 2 mm (One Pass) For Pipeweld 6010 Plus →E6010

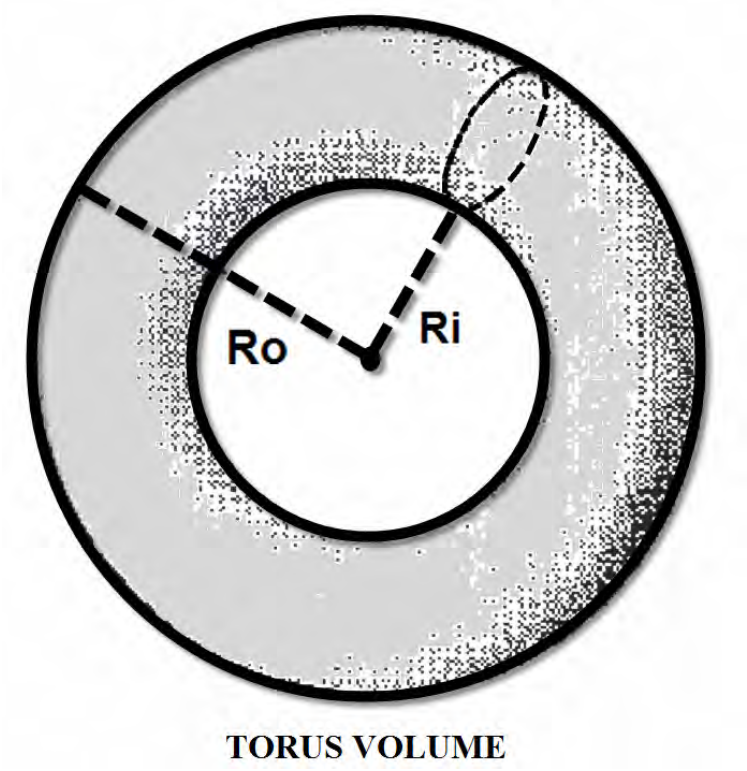
$M=0.016[(0.514(2.522 \times 2 + 1.222)^2(1067 - 2 \times 2 - 0.970) + 6.173(1067 - 2 \times 2 + 1.6) - 1.169(0.485 \times 1067 - 0.97 \times 2 - 0.235)]$

$M=0.016[(0.514(39)(1062)+6.173(1064)-1.169(515)]$

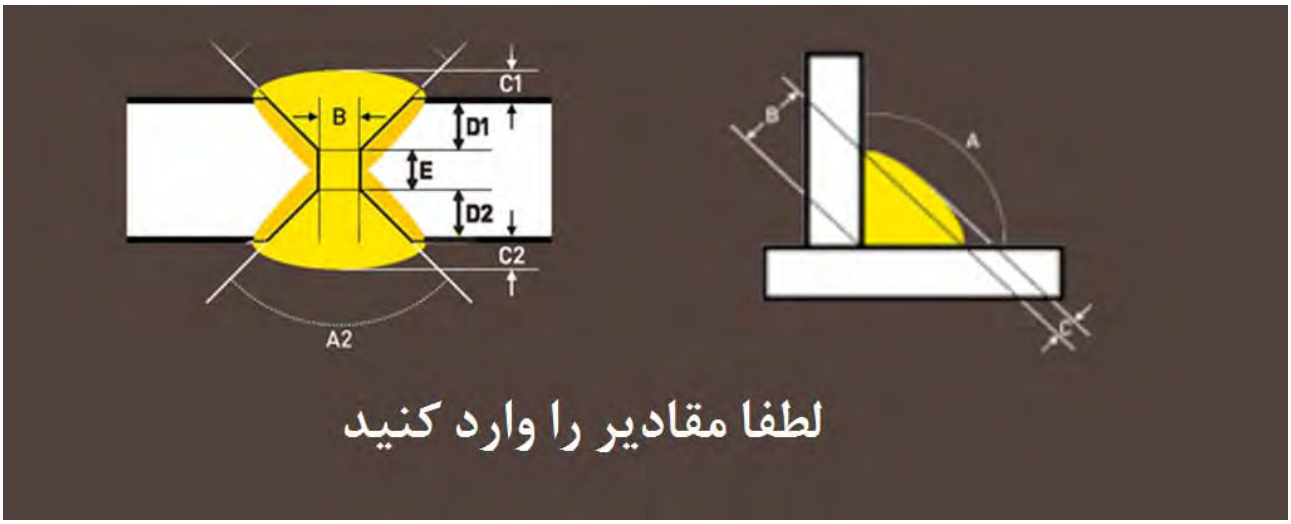
$M=0.016[21289+6568-602]$

$M=0.016[27255]$

$M=436\ gr \rightarrow 436 / 1000 = 0.436\ Kg$



شکل ۷۰۶ : نمایی از وضعیت TORUS VOLUME



شکل ۷۰۷ : نمایی سمبلیک از طرح اتصال جوش Groove & Fillet

***- منابع و مراجع**

در تهیه و تدوین این کتاب، منابع و مراجع زیر استفاده شده اند.

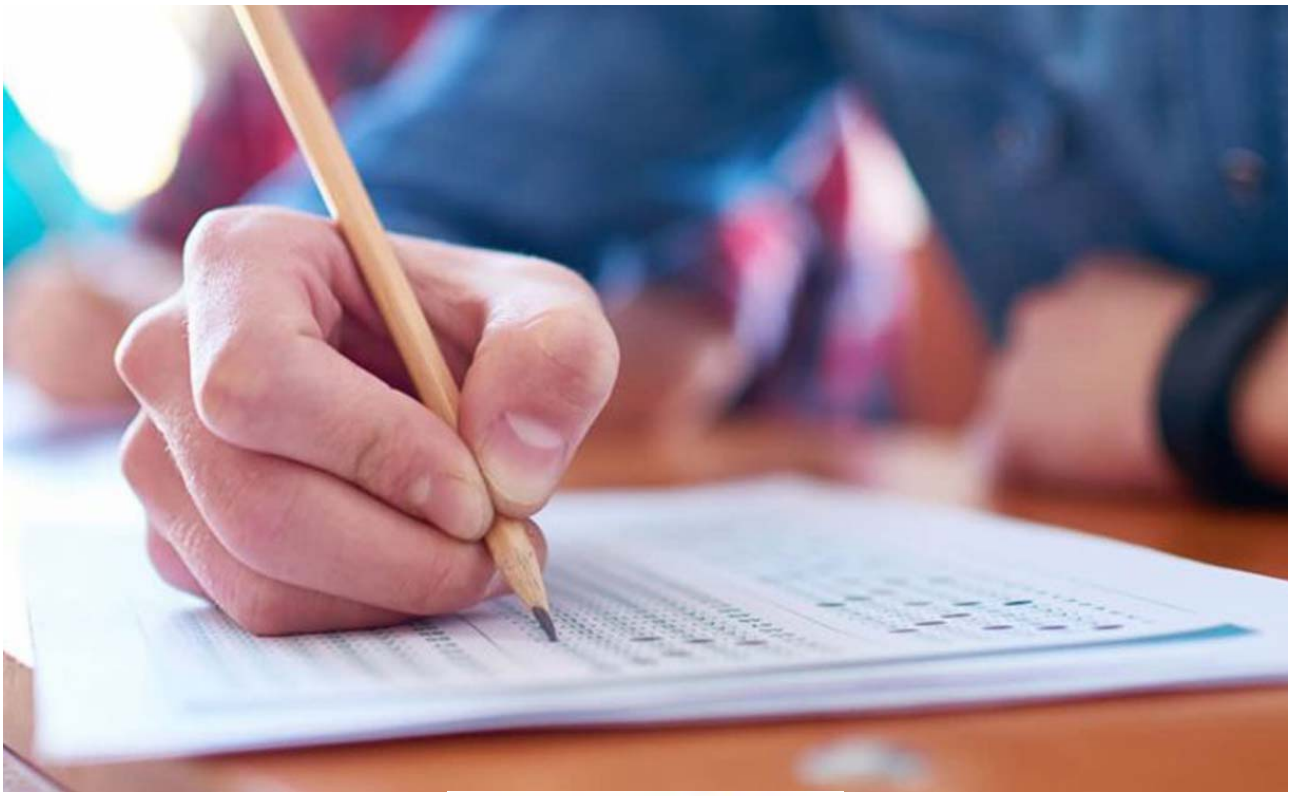
- مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جلد ۱۳ – فرآیند های برشکاری و روشهای آماده سازی لبه) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران
- مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (جوشکاری با قوس – الکترود تنگستن تحت گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران
- مجموعه ۱: فرآیندها و تجهیزات جوشکاری (مقدمه ای بر فرآیندهای جوشکاری با گاز محافظ) از مرکز پژوهش و مهندسی جوش ایران تابع سازمان گسترش و نو سازی صنایع ایران
- کتاب "آشنایی با متالورژی فیزیکی تالیف: س.ه.اونر ترجمه مهندس علی اکبر آهنی"
-API 1104-Welding of Pipelines and Related Facilities (2018)
-API 510-Pressure Vessel Inspection Code Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration (2014)
-API 570-Piping Inspection Code; Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-Service Piping (2018)
-API 575-Inspection of Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks (2014)
-API 582-Recommended Practice for Welding Guidelines for the Chemical, Oil, And Gas Industries (2016)
-API 5L/ISO3183-Specification for Line Pipe (2018)
-API 620-Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks (2018)
-API 650-Welded Steel Tanks for Oil Storage (2020)
-API 653-Tank Inspection, Repair, Alteration (2020)
-API RP-1615-Installation of Underground Petroleum Storage Systems (2011)
-ASM Volume -6
-ASME B31.1 -Power Piping (2018)
-ASME B31.3-Process Piping (2018)
-ASME B31.4-PipeLine Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols-(2019)
-ASME B31.8-PipeLine Gas Transmission and Distribution Piping Systems-(2018)
-ASME Section II-Part-A-Ferrous Material Specifications (2019)
-ASME Section II-Part-C-Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals (2019)
-ASME Section VIII Div.1-ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE-Rules for Construction of Pressure Vessel (2019)]
-ASME Section IX-Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding, Brazing Operators. (2019)
-ASME Section IX- Interpratation
-ASTM A370-Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (2019)
-ASTM D 1193 “Standard Specification for Reagent Water”(2006)
-ASTM G 38 “Standard Practice for Making and Using C - Ring Stress Corrosion Test Specimens” (2013)
-ASTM E1290-Standard Test Method for (CTOD)-(2008)
-ASTM E1823-Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing (2013)
-ASTM E1823-Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing (2013)
-ASTM E1820- Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness (2017)
-AWS A2.4-Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination (2012)

-AWS A3.0-Standard Welding Terms and Definitions Copyright by the American Welding Society Inc (2010)
-AWS B2.1-Specification for Welding Procedure and Performance Qualification (2014)
-AWS D 1.1-Structural Welding Code - Steel 20th Edition (2020)
-AWS D 10.4-Recommended Practices for welding Austenitic chromium - Nickel Stainless Steel Piping and Tubing (2010)
-AWS D 10.8-Recommended Practices for welding chromium - Molybdenum Steel Piping and Tubing (1996)
-AWS D 10.11-Recommended Practices for Root Pass welding of Pipe Without Backing (2007)
-AWS WHB-2 CH*6-Submerged Arc Welding
-AWS WHB-4 CH*6-Nickel and Cobalt Alloys
-AWS WHB-4 CH*10-Titanium, Zirconium, Hafnium, Tantalum, and Columbium
-AWS A5.32-Specification for Welding Shielding Gases
-AWS C5.5-Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding R(2003)
-AWS Test Methods For Evaluating Welded Joint
-CASTI Guide ASME IX (1997 CD-ROM)
-Internet
-IPS-C-PI-290 Construction Standard for Welding of Plant Piping Systems
-PIPING HANDBOOH Mohinder L. Nayyar, P.E ASME Fellow (Seventh Edition)
-Pressure Vessel Handbook (Fourteenth Edition) (Eugene F.Megyesy)
-Welding PipeLine Handbook (ESAB)
-NACE TM0177- Laboratory “Testing of Metal for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H_2S Environments”(2016)
NACE TM0284- Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking 2016
-NACE MR0175- ISO 15156 Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield Equipment (2015)
-NACE MR0103- Materials Resistant to Sulfide Stress Cracking in Corrosive Petroleum Refining Environments (2016)
-ISO-8044 “Corrosion of Metals and Alloys – Basic Terms and Definition”
-BS7448 Part 1
-KOBELCO-WELDING DATA SHEET
-BOHLER-WELDING DATA SHEET
-HYUNDAI-WELDING DATA SHEET
-LINCOLN-WELDING DATA SHEET
-KISWELD-WELDING DATA SHEET
-METROD-WELDING DATA SHEET
-SPECIAL METAL-WELDING DATA SHEET
-AMA-WELDING DATA SHEET
-TOTAL SPECIFICATION

فصل هشتم

پرسش و پاسخ

در باره‌ی فرآیندهای SMAW & GTAW



لطفاً گزینه‌ی صحیح را انتخاب کنید.

۱- در WPS & PQR مفهوم اصطلاح Essential

- به معنی متغیری است که تغییر آن PQR مجدد نمی خواهد.
- به معنی متغیری است که تغییر آن PQR مجدد می خواهد.
- به معنی متغیری است که در خواص مکانیکی جوش اثری ندارد.
- به معنی متغیری است که تست ضربه (IMPACT) را الزامی می نماید.

۲- در WPS & PQR مفهوم اصطلاح Supplementary Essential

- به معنی متغیری است که با نیاز به تست ضربه تغییر آن PQR مجدد نمی خواهد.
- به معنی متغیری است که تست HIC را الزامی می نماید.
- به معنی متغیری است که تست SSCC را الزامی می نماید.
- به معنی متغیری است که با نیاز به تست ضربه تغییر آن PQR مجدد می خواهد.

۳- در WPS & PQR مفهوم اصطلاح Non Essential

- به معنی متغیری است که تغییر آن PQR مجدد نمی خواهد.
- به معنی متغیری است که با نیاز به تست ضربه تغییر آن PQR مجدد می خواهد.
- به معنی متغیری است که تغییر آن فقط نیاز به اصلاح WPS دارد.
- گزینه‌ی اول و سوم صحیح است

۴- در PQR متغیر Supplementary Essential چه زمانی Essential می شود.

- زمانی که PQR نیاز به تست خمش داشته باشد.
- زمانی که PQR نیاز به تست ضربه داشته باشد.
- زمانی که PQR نیاز به تست کشش داشته باشد.
- زمانی که PQR نیاز به تست ماکرو داشته باشد.

۵- ضخامت یک PQR 20mm است محدوده‌ی ضخامت آن براساس QW-451.1 در یک WPS چقدر است؟
(توجه داشته باشید این PQR نیاز به تست ضربه ندارد.)

- محدودهٔ ضخامت آن در WPS از 1.5mm تا 2T می باشد.
- محدودهٔ ضخامت آن در WPS از 5mm تا 2T می باشد.
- محدودهٔ ضخامت آن در WPS از 5mm تا T می باشد.
- محدودهٔ ضخامت آن در WPS از 1.5mm تا T می باشد.

۶- ضخامت یک PQR که نیاز به تست ضربه دارد 15mm است.

- حداقل ضخامت آن در WPS 1.5 mm می باشد.
- حداقل ضخامت آن در WPS 7.5 mm می باشد.

- حداقل ضخامت آن در WPS 15 mm می باشد.
- حداقل ضخامت آن در WPS 5 mm می باشد.

۷- ضخامت یک PQR که نیاز به تست ضربه دارد 35mm است.

- حداقل ضخامت آن در WPS 1.5 mm می باشد.
- حداقل ضخامت آن در WPS 7.5 mm می باشد.
- حداقل ضخامت آن در WPS 16 mm می باشد.
- حداقل ضخامت آن در WPS 5 mm می باشد.

۸-یک PQR در حالت (1GR) تهیه شده است اگر این PQR تست ضربه نداشته باشد:

- فقط حالت (1GR) را Qualify می کند.
- تمام حالتها را Qualify می کند.
- فقط حالت (1GR, 3G) را Qualify می کند.
- فقط حالت (1GR, 3G, 4G) را Qualify می کند.

۹- در یک PQR که با روش GTAW تهیه شده است تغییر در شکل تولید (Product Form) فیلر متال:

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط در حالت (4G) مجاز هستیم.

۱۰- در یک WPS، حذف گاز Purge در فرآیند GTAW برای متریال استنلس استیل:

- استاندارد در رابطه با این موضوع الزامی تعریف نکرده.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.

۱۱- در یک WPS با روش SMAW یا GTAW اصطلاح A-Number :

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.

۱۲- در یک WPS با روش SMAW یا GTAW اصطلاح A-Number :

- مربوط به آنالیز Base Metal است.

- مربوط به آنالیز Weld Metal است.
- فقط برای آنالیز منطقه‌ی HAZ است.
- فقط برای آنالیز متریالهای غیر آهنی است.

۱۳- در یک WPS با روش SMAW یا GTAW اصطلاح P-Number :
- مشخصه ای برای شناسایی Weld Metal است و متغیر اساسی است.
- مشخصه ای برای شناسایی Base Metal است و متغیر اساسی است.
- مشخصه ای برای شناسایی الکترود و فیلر متال است و متغیر غیراساسی است.
- مشخصه ای برای شناسایی متریالهای غیر آهنی است و متغیر غیر اساسی است.

۱۴- در یک WPS با روش SMAW اصطلاح F-Number :
- مشخصه ای برای شناسایی Electrodes & Fillers است و متغیر غیر اساسی است.
- مشخصه ای برای شناسایی Electrodes & Fillers است و متغیر اساسی تکمیلی است.
- مشخصه ای برای شناسایی Electrodes & Fillers است و متغیرات اساسی است.
- مشخصه ای است که فقط برای شناسایی Electrodes است و متغیرات غیر اساسی است.

۱۵- در یک WPS پشت بند (Backing) ممکن است به صورت:
- جوشی که از سمت دیگر قطعه به صورت Back Weld جوشکاری می شود .
- جوشی که با استفاده از تسمه‌ی پشت بند جوشکاری شود .
- وقتی از دو پروسس جوشکاری استفاده شود. پروسه‌ی اول (Backing) پروسه‌ی دوم است.
- هر سه مورد فوق.

۱۶- در یک WPS با روش GTAW اضافه کردن یا حذف Filler Metal :
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط در حالت 4G, 6G مجاز است.

۱۷- در یک WPS با روش GTAW تغییر درصد یا ترکیب گاز محافظ:
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای جوش متریالهای استنلس استیل مجاز است.

۱۸- مطابق پاراگراف QW-210 اگر PQR از ورق Plate تهیه شود:

- ☐ WPS مربوط به لوله (Pipe) را Qualify نمی کند.
- ☐ WPS مربوط به لوله (Pipe) و ورق (Plate) را Qualify می کند.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ فقط برای WPS های مربوط به لوله های بیشتر از .24in مجاز است.

۱۹- مهمترین پارامتر در انتخاب الکترود برای متریال کدام گزینه است؟

- ☐ حداقل استحکام کششی متریال.
- ☐ آنالیز شیمیایی عناصر متریال.
- ☐ دمای سرویس.
- ☐ هر سه مورد فوق.

۲۰- درتست کشش یک PQR چنانچه محل شکست در منطقه‌ی (Interface) جوش باشد:

- ☐ نتیجه‌ی تست مردود اعلام می شود.
- ☐ نتیجه‌ی تست قابل قبول اعلام می شود.
- ☐ اگر حداقل استحکام کششی ثبت شده برابر یا حداکثر ۵ درصد کمتر از حداقل استحکام کششی متریال باشد، نتیجه تست قابل قبول است.
- ☐ مورد دوم و سوم درست است.

۲۱- درتست خمش یک PQR چنانچه یک ناپیوستگی در منطقه‌ی جوش ایجاد گردد:

- ☐ نتیجه‌ی تست مردود اعلام می شود.
- ☐ نتیجه‌ی تست قابل قبول اعلام می شود.
- ☐ اگر طول ناپیوستگی کمتر از 3 mm باشد نتیجه‌ی تست قابل قبول است.
- ☐ مورد دوم و سوم درست است.

۲۲- یک PQR که نیاز به عملیات تنش زدایی دارد:

- ☐ فقط WPS هایی را Qualify می کند که نیاز به تست ضربه داشته باشند.
- ☐ فقط WPS هایی را Qualify می کند که نیاز به تنش زدایی داشته باشند.
- ☐ فقط WPS هایی را Qualify می کند که نیاز به تست کشش داشته باشند.
- ☐ فقط WPS هایی را Qualify می کند که نیاز به تست خمش داشته باشند.

۲۳- یک PQR که برای جوش شیاری Groove تهیه می شود:

- ☐ تمام WPS های مربوط به جوشهای Fillet را Qualify می کند.
- ☐ فقط WPS های مربوط به جوشهای Fillet را تا سایز .Qualify 24 in می کند.
- ☐ فقط WPS های مربوط به جوش Fillet لوله به ورق را Qualify می کند.

☐ - فقط WPS های مربوط به جوش Fillet لوله به لوله را Qualify می کند.

۲۴- اگر در PQR مربوط به سرویس نرمال Piping که نیاز به تست ضربه دارد از الکترود کم هیدروژن E7018 استفاده شده باشد :

☐ - در WPS مربوط به این PQR می توان از الکترود E7018-1 استفاده کرد.
☐ - در WPS مربوط به این PQR می توان از الکترود E7018-G استفاده کرد.
☐ - در WPS مربوط به این PQR می توان از الکترود E7018-A1 استفاده کرد.
☐ - در WPS مربوط به این PQR می توان از الکترود E7018-B2L استفاده کرد.

۲۵- اگر در PQR مربوط به سرویس نرمال Piping از متریال P-No-1 با ضخامت 26mm و درصد کربن 0.3% > استفاده شده باشد این متریال:

☐ - نیاز به عملیات پیشگرم ندارد.
☐ - نیاز به عملیات پیشگرم با حداقل حرارت ۱۰ درجه سانتیگراد دارد.
☐ - نیاز به عملیات پیشگرم با حداقل حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد دارد.
☐ - نیاز به عملیات پیشگرم با حداقل حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد دارد.

۲۶- در Piping پارامترهای مهم در انجام عملیات پیشگرم :

☐ - شرایط آب و هوایی منطقه ای که جوشکاری در آن انجام می شود.
☐ - ضخامت و حداقل استحکام کششی قطعه ای که می بایست جوشکاری شود.
☐ - درصد کربن و کُروم متریالی که می بایست جوشکاری شود.
☐ - هر سه مورد فوق.

۲۷- در Piping پارامترهای مهم در انجام عملیات تنش زدایی بصورت کلی :

☐ - ضخامت قطعه.
☐ - نوع سرویس.
☐ - درصد کربن و کُروم و نوع متریال.
☐ - هر سه مورد فوق.

۲۸- برای جوش PQR متریال (SA-204) که نیم درصد (Mo) دارد کدام الکترود مناسب است؟

☐ - برای جوش این PQR می توان از الکترود E7018-1 استفاده کرد.
☐ - برای جوش این PQR می توان از الکترود E7018 استفاده کرد.
☐ - برای جوش این PQR می توان از الکترود E7018-A1 استفاده کرد.
☐ - برای جوش این PQR می توان از الکترود E7018-B2L استفاده کرد.

۲۹- در آزمایشات مخرب مربوط به PQR ، تست کشش لوله با قطر .in 1 به چه صورتی انجام می شود؟

- باید لوله بصورت FULL SECTION تست شود.
- برای تست کشش بایستی از لوله دو قطعه تهیه شود.
- باید دو لوله تحت تست کشش قرار گیرد.
- گزینه‌ی اول و سوم درست است.

۳۰- برای جوش PQR متریال SA-312 TP304 به SA-106 Gr. B (دمای سرویس زیر 315ºC است)

- باید از الکترود E7018-1 استفاده شود.
- باید از الکترود E309 استفاده شود.
- باید از الکترود E7018-A1 استفاده شود.
- باید از الکترود E7018-B2L استفاده شود.

۳۱- در PQR فرآیند SMAW سایز الکترود و نام برند سازنده‌ی الکترود مربوط به کدام متغیرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- در خواص مکانیکی جوش و حالت جوشکاری اثر مستقیم دارند.

۳۲- یک PQR از دو متریال P-No.5A to P-No.5A تهیه می شود (با رعایت تمام متغیرات):

- این PQR جوش P-No.5A to P-No.4 را Qualify می کند
- این PQR جوش P-No.5A to P-No.3 را Qualify می کند
- این PQR جوش P-No.5A to P-No.1 را Qualify می کند
- هر سه مورد فوق.

۳۳- از جوش دو متریال Unassigned to P-No.1 یک PQR تهیه می شود:

- این PQR جوش Unassigned to Unassigned را Qualify می کند.
- این PQR جوش Unassigned to P-No.3 را Qualify می کند.
- این PQR جوش Same Unassigned to Any P-No.1 را Qualify می کند.
- این PQR جوش P-No.1 to P-No.1 را Qualify می کند.

۳۴- تعداد تستهای مکانیکی یک PQR با ضخامت 15 mm در جوش شیاری Groove مطابق با جدول QW-451.1:

- دو تست کشش Tension است.
- دو تست خمش پاس ریشه Root Bend است.
- دو تست خمش پاس رو Face Bend است.
- هر سه مورد فوق.

۳۵- در صورت توافق می توان در یک PQR چهار قطعه تست Side Bend از جوش شیاری 10mm و بالاتر را:

- ☐ - جایگزین دو تست کشش Tension نمود.
- ☐ - جایگزین چهار تست خمش Root Bend و Face Bend نمود.
- ☐ - فقط جایگزین دو تست خمش Root Bend نمود.
- ☐ - هر سه مورد فوق.

۳۶- در یک PQR از چه ضخامتی تست خمش فقط به صورت Side Bend انجام می شود؟

- ☐ - از ضخامت 15mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 30mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 40mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 19mm به بالا.

۳۷- در یک PQR، ضخامت جوش (t Deposit) از چه ضخامتی به جای ضخامت 2t ضخامت 2T را Qualify می کند؟

- ☐ - از ضخامت 15mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 10mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 12mm به بالا.
- ☐ - از ضخامت 19mm به بالا.

۳۸- برای جوش PQR متریال SA-333 Gr. 1 که تست ضربه نیاز دارد از الکترود E7018 استفاده شده است، بجای این الکترود می توان:

- ☐ - از الکترود E7018-1 استفاده شود.
- ☐ - از الکترود E7018-R استفاده شود.
- ☐ - از الکترود E7018-A1 استفاده شود.
- ☐ - گزینه‌ی اول و دوم درست است.

۳۹- F-No. کدام گزینه F-No.6 است؟

- ☐ - فیلر متال ER-70S-2
- ☐ - فیلر متال ER-80S-Ni2
- ☐ - فیلر متال ER-90S-B3
- ☐ - هر سه مورد فوق.

۴۰- برای مطابقت کردن A-No هر الکترود با جدول QW-442 باید به کدام مرجع مراجعه شود؟

- ☐ - به استاندارد ASME Section II-A
- ☐ - به استاندارد ASME Section II-B
- ☐ - به استاندارد ASME Section II-C

- به استاندارد ASME Section II-D

۴۱- ضخامت یک PQR ۳۰ میلیمتر است این PQR با سه روش GTAW, SMAW, SAW جوش شده است، اگر ضخامت جوش GTAW-3mm و SMAW-20mm و SAW-7mm باشد هر روش چه ضخامت جوشی را Qualify می کند؟

- روش GTAW- 3 mm
- روش SMAW- 60 mm
- روش SAW- 7 mm
- هر سه مورد فوق درست است.

۴۲- مرجع شناسایی P-No هر متریال کدام گزینه است؟

- استاندارد ASME Section IX- Table QW-422
- استاندارد ASME Section IX- Appendix D
- استاندارد ASME B31.3 Table A-1 & A-1M
- هر سه مورد فوق درست است.

۴۳- در یک WPS واژۀ Baking به چه منظور استفاده می شود؟

- برای مشخص کردن جنس تسمۀ پشت بند جوش.
- برای مشخص کردن وضعیت پخت الکترود .
- برای مشخص کردن نام سازندۀ الکترود .
- برای مشخص کردن نوع بسته بندی الکترود .

۴۴- Heat Input در یک PQR که نیازبه تست ضربه دارد مربوط به کدام متغیرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- گزینه‌ی دوم و سوم درست است.

۴۵- در یک PQR که تست ضربه دارد تغییر در .Group No متریال:

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- گزینه‌ی اول و دوم درست است.

۴۶- یک PQR که ضخامت هر پاس جوش آن بیشتر از 13mm شود تا چه ضخامتی را Qualify می کند؟

- تا ضخامت 2T

- تا ضخامت 2.2T
- تا ضخامت 1.1T
- تا ضخامت 1.5T

۴۷- تغییر .Group No متریال مربوط به کدامیک از متغیرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مد نظر استاندارد نمی باشد.

۴۸- برای تست PQR جوش گوشه ای Fillet در ورق چه تعداد و چه نوع تستی انجام می شود؟

- تست ماکرو ۳ قطعه.
- تست خمش دو قطعه.
- تست کشش ۴ قطعه.
- تست ماکرو ۵ قطعه.

۴۹- اگر یک جوشکار تست PQR را در حالت 1G جوش دهد:

- فقط در همان حالتی که PQR را جوشکاری کرده است Qualify می شود.
- چون PQR همه‌ی حالتها را Qualify می کند پس جوشکار در همه‌ی حالتها Qualify می شود.
- در حالت 2G, 3G هم Qualify می شود.
- گزینه‌ی اول و سوم درست است.

۵۰- تست رادیو گرافی برای PQR:

- مطابق ASME Section IX الزامی است.
- مطابق با ASME Section IX الزامی نمی باشد.
- برای صرفه جویی در وقت و هزینه های مالی بهتر است که قبل از ارسال قطعه به آزمایشگاه رادیوگرافی شود.
- گزینه‌ی دوم و سوم درست است.

۵۱- یک متغیر در WPS & PQR چه زمانی Essential شناخته می شود؟

- وقتی که در خواص چقرمگی جوش مؤثر باشد.
- وقتی که در خواص مکانیکی جوش مؤثر باشد.
- وقتی که در کیفیت اجرا مؤثر باشد.
- گزینه‌ی اول و سوم صحیح است.

۵۲- یک متغیر در WPS & PQR چه زمانی Supplementary Essential شناخته می شود؟

- وقتی که در خواص چقرمگی جوش مؤثر باشد.

- ☐ - وقتی که در خواص مکانیکی جوش مؤثر باشد.
- ☐ - وقتی که در کیفیت اجرا مؤثر باشد.
- ☐ - گزینه‌ی اول و دوم صحیح است.

۵۳- در یک PQR از متریال SA-283-Gr. C با ضخامت 6 mm به عنوان پشت بند استفاده شده است حال اگر ضخامت PQR 12 mm باشد این PQR با پشت بند (Backing) چه ضخامتی را Qualify می کند؟

- ☐ - 28 mm.
- ☐ - 24 mm.
- ☐ - 18 mm.
- ☐ - گزینه‌ی اول و دوم صحیح است.

۵۴- تغییر joint design در یک PQR که نیاز به تست ضربه دارد مربوط به کدام متغییرات می باشد؟

- ☐ - مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ - مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ - مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ - فقط برای روش GTAW مجاز هست.

۵۵- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد تغییر E7018 به E7018-G:

- ☐ - مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ - مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ - مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ - فقط برای روش SMAW مجاز هست.

۵۶- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد تغییر E7018-H4 به E7018-H8:

- ☐ - مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ - مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ - مربوط به استثنائات متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ - فقط برای روش SMAW مجاز هست.

۵۷- یک PQR از متریال استنلس استیل با ضخامت (12mm) تهیه شده است این PQR؛ در WPS حداکثر ضخامت قطعه‌ی ضخیمتر در یک اتصال Unequal را:

- ☐ - تا چهار برابر ضخامت PQR یعنی 48mm را Qualify می کند
- ☐ - تا سه برابر ضخامت PQR یعنی 36mm را Qualify می کند
- ☐ - حداکثر ضخامت قطعه‌ی ضخیمتر در Unlimited WPS است.
- ☐ - تا دو برابر ضخامت قطعه‌ی ضخیمتر در WPS را Qualify می کند

۵۸- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد تغییر .Group No چه زمانی مربوط به متغیرات Non Essential است.

- زمانی که نیاز به تست ضربه در منطقه‌ی HAZ باشد.
- زمانی که نیاز به تست ضربه در منطقه‌ی HAZ نباشد.
- زمانی که نیاز به تست ضربه در منطقه‌ی Fusion line باشد.
- زمانی که نیاز به تست ضربه در منطقه‌ی Fusion line نباشد.

۵۹- در یک PQR که ضخامت آن 8mm است حداقل ضخامت WPS چقدر است؟

- 5mm
- 1.5mm
- 6mm
- 4mm

۶۰- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد تغییر جریان از DCSP به AC

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای روش GTAW مجاز هست.

۶۱- تغییر در محدوده‌ی مشخصی از دما و زمان T & T range برای عملیات PWHT وقتی که PQR نیاز به تست ضربه دارد:

- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- فقط برای متریال با مشخصه‌ی (P-No.1-Gr.1) مجاز هست.

۶۲- در یک PQR از متریال Nonferrous تغییر در .A No :

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- هیچکدام.

۶۳- تغییر (.A No) در یک PQR مربوط به متغیرات Essential است. آیا یک PQR که از A No.-1 تهیه شده است A No.-2 را Qualify میکند؟

- بله Qualify میکند.
- خیر Qualify نمیکند.

- اگر از روش SMAW استفاد شود Qualify میکند.
- اگر تست ضربه داشته باشد Qualify نمیکند.

۶۴- آیا یک WPS می تواند با چند PQR ساپورت شود؟

- بله Support می شود.
- خیر Support نمی شود.
- اگر فقط از دو روش SMAW & GTAW استفاده شود Support می شود.
- بله بشرط آنکه از یک روش استفاده شده باشد Support می شود.

۶۵- اگر سرویس خط (High Pressure Piping) باشد آیا PQR ورق WPS مربوط به لوله را ساپورت می کند؟

- بله Support می کند.
- خیر Support نمی کند.
- اگر فقط از دو روش SMAW & GTAW استفاده شود Support می کند.
- بله بشرط آنکه از یک روش استفاده شده باشد Support می کند.

۶۶- یک PQR از متریال کربن استیل با ضخامت 42mm تهیه شده است. این PQR ؛ حداکثر ضخامت قطعه‌ی ضخیمتر در یک اتصال Unequal را در WPS

- تا چهار برابر ضخامت PQR یعنی 48mm را Qualify می کند.
- تا سه برابر ضخامت PQR یعنی 36mm را Qualify می کند.
- حداکثر ضخامت قطعه‌ی ضخیم تر No limitation است.
- تا دو برابر ضخامت قطعه‌ی ضخیم تر را Qualify می کند.

۶۷- یک PQR که تست ضربه دارد، در حالت 1G تهیه شده است. این PQR:

- همه‌ی حالتهای جوش در یک WPS را ساپورت می کند بجز حالت 3G
- همه‌ی حالتهای جوش در یک WPS را ساپورت می کند بجز حالت 2G
- همه‌ی حالتهای جوش در یک WPS را ساپورت می کند.
- همه‌ی حالتهای جوش در یک WPS را ساپورت می کند بجز حالت 4G

۶۸- حداکثر دمای بین پاسی در یک PQR مربوط به متریال کربن استیل که به تست ضربه نیاز دارد 250°C ثبت شده است. چنانچه دمای بین پاسی WPS این PQR 60°C افزایش یابد:

- این تغییر Non Essential است و نیاز به PQR مجدد ندارد.
- این تغییر Non Essential است و فقط نیاز به اصلاح WPS دارد.
- این تغییر Essential است و نیاز به PQR مجدد دارد.
- این تغییر فقط برای PQR متریالهای استنلس استیل دمای بالا مجاز است .

۶۹- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد تغییر در Heat Input :

- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای روش Essential SMAW است.

۷۰- یک PQR که ضخامتش بیشتر از .in 6 است حداکثر چه ضخامتی را Qualify می کند:

- ضخامت 2T است.
- ضخامت 1.1T است.
- ضخامت 1.22T است.
- ضخامت 1.33T است.

۷۱- یک PQR که ضخامتش 42mm است حداکثر ضخامتی را که Qualify می کند:

- ضخامت 84mm
- ضخامت 200mm
- ضخامت 160mm
- ضخامت 126mm

۷۲- در یک PQR به روش GTAW اضافه کردن عملیات Peening مربوط به کدام متغیر است؟

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای روش GTAW مجاز نیست.

۷۳- یک PQR با استفاده از Chamber تهیه شده است ، آیا این PQR جوش بدون Chamber را Qualify می کند.

- بله Qualify می کند.
- خیر Qualify نمی کند.
- اگر فقط از روش GTAW استفاده شود Qualify می کند.
- بله بشرط آنکه از یک روش استفاده شده باشد Qualify می کند.

۷۴- یک PQR از متریال P-No.-4 To P-No.-4 تهیه شده است، این PQR (با رعایت تمامی متغیرات):

- اتصال P-No.-4 To P-No.-4 را Qualify می کند.
- اتصال P-No.-4 To P-No.-3 را Qualify می کند.
- اتصال P-No.-4 To P-No.-1 را Qualify می کند.
- همه‌ی گزینه های فوق صحیح است.

۷۵- در یک PQR اضافه کردن یا حذف Retainers :

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای روش اتوماتیک و نیمه اتوماتیک Essential هست.

۷۶- در یک WPS اضافه کردن یا حذف Consumable Insert :

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای روش GTAW Essential است.

۷۷- یک PQR از متریال P-No.-15E To P-No.-15E تهیه شده است این PQR (با رعایت تمامی متغیرات):

- اتصال P-No.- 15E To P-No.- 15E را Qualify می کند.
- اتصال P-No.- 15E To P-No.- 5A را Qualify می کند.
- اتصال P-No.- 15E To P-No.- 5B را Qualify می کند.
- گزینه های اول و سوم صحیح است.

۷۸- در یک PQR که به تست ضربه نیاز دارد کاهش در Heat Input مربوط به کدام متغیرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- فقط برای متریالهای P-No.-1 & 3 متغیر Essential است.

۷۹- در یک PQR با روش GTAW که به تست ضربه نیاز دارد تغییر در سایز الکترود تنگستن:

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- گزینه های دوم سوم صحیح است.

۸۰- در یک PQR با روش GTAW که به تست ضربه نیاز دارد تغییر بیشتر از 6mm در سایز فیلر متال مربوط به کدام متغیرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.

- مربوط به متغیرات Essential است.
- گزینه های اول و سوم صحیح است.

۸۱- اگر یک PQR که به تست ضربه نیاز ندارد در حالت Upward جوشکاری شده باشد این PQR جوشکاری در حالت Downward را :

- Qualify می کند.
- Qualify نمی کند.
- اگر فقط از روشهای GTAW & SMAW استفاده شود Qualify می کند.
- بشرط آنکه فقط از یک روش جوشکاری استفاده شود Qualify می کند.

۸۲- تغییر در Flow Rate یک PQR که به روش GTAW جوشکاری شده است جزء کدام متغییرات می باشد؟

- مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- مربوط به متغیرات Non Essential است.
- مربوط به متغیرات Essential است.
- گزینه های اول و سوم صحیح است.

۸۳- یک PQR با روش SMAW نیاز به عملیات تنش زدایی دارد. استاندارد مرجع برای مشخص شدن محدوده‌ی حرارتی Heating Rate و Cooling Rate کدام گزینه می باشد؟

- استاندارد ASME B31.3-Para. 331
- استاندارد ASME Sec. VIII-Div.1-Para.UCS - 56
- استاندارد Section IX -Para. QW- 407
- گزینه های اول و دوم صحیح است.

۸۴- موضوع بحث Appendix-E در استاندارد Section IX مربوط به چیست؟

- مربوط به مراحل مختلف اجرای PQR است.
- مربوط به WPS های استاندارد AWS است.
- مربوط به دسته بندی متریال است.
- مربوط به دسته بندی الکترودها در استاندارد AWS است.

۸۵- یک PQR با روش SMAW در Piping نیاز به عملیات پیش گرم دارد. استاندارد مرجع برای مشخص شدن محدوده‌ی حرارتی Preheat کدام گزینه می باشد؟

- استاندارد ASME B31.3-Table - 330;1.1
- استاندارد ASME B31.3-Table – 323.2.2
- استاندارد ASME B31.3-Table – A-1
- استاندارد ASME B31.3-Table – 341.3.2

۸۶- یک PQR از متریال P-No.-3 با روش SMAW تهیه شده و نیاز به عملیات حرارتی دارد اگر دمای این عملیات حرارتی بالاتر از دمای Upper Transformation باشد این PQR چه ضخامتی را Qualify می کند؟

- ☐ PQR ضخامت 2T
- ☐ PQR ضخامت 1.22T
- ☐ PQR ضخامت 1.1T
- ☐ PQR ضخامت 1.33T

۸۷- یک PQR از متریال P-No.-41 با روش GTAW تهیه شده است حذف گاز محافظ پاس ریشه Backing Gas از WPS این PQR :

- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ گزینه های اول و سوم صحیح است.

۸۸- اگر در یک PQR با روش GTAW از الکترود تنگستن EWTH-2% استفاده شده باشد. تغییر این الکترود به :

- ☐ الکترود EWTH-1% مجاز است.
- ☐ الکترود EWTH-3% مجاز است.
- ☐ الکترود EWP مجاز است.
- ☐ همه‌ی گزینه ها صحیح است.

۸۹- یک PQR با روش GTAW بصورت Manual تهیه شده است. چنانچه این PQR تست ضربه داشته باشد، تغییر حالت Manual به حالت Automatic :

- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ فقط برای متریالهای P-No.- 41 ~ 49 جزء متغیرات Essential است.

۹۰- یک PQR با عملیات تنش زدایی PWHT تأیید شده است. با شرط اینکه همه‌ی متغیرات یکسان باشد این PQR جوش WPS که بدون PWHT باشد:

- ☐ Qualify می کند.
- ☐ Qualify نمی کند.
- ☐ اگر فقط از روشهای GTAW & SMAW استفاده شود Qualify می کند.
- ☐ بشرط آنکه فقط از یک روش جوشکاری استفاده شود Qualify می کند.

۹۱- یک PQR با روش GTAW تهیه شده است با چه شرطی می توان از این PQR برای تأیید پاس ریشه‌ی یک WPS با حداکثر ضخامت بیش از دو برابر خودش استفاده کرد؟

- ☐ با شرط اینکه ضخامتش بیش از 10mm باشد.
- ☐ با شرط اینکه ضخامتش بیش از 13mm باشد.
- ☐ با شرط اینکه ضخامتش بیش از 19mm باشد.
- ☐ گزینه های دوم و سوم صحیح است.

۹۲- در یک PQR از Retainers استفاده شده است حذف Retainers :

- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ فقط برای متریالهای Non Ferrous جزء متغیرات Essential است.

۹۳- یک PQR با روش SMAW به صورت Multipass Per Side که به تست ضربه نیاز دارد تهیه شده است. تغییر این وضعیت به Single Pass Per Side :

- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ بشرط آنکه فقط از یک روش جوشکاری استفاده شود Non Essential است.

۹۴- یک PQR با فرآیند GTAW به صورت Single Electrodes که به تست ضربه نیاز دارد تهیه شده است، تغییر این وضعیت به Multi Electrodes :

- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.
- ☐ فقط برای متریالهای P-No.- 41 ~ 49 جزء متغیرات Essential است.

۹۵- در یک PQR با روش GTAW که به تست ضربه نیاز دارد تغییر در قطر Orifice :

- ☐ مربوط به متغیرات Supplementary Essential است.
- ☐ فقط برای متریالهای کربن استیل Non Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Essential است.
- ☐ مربوط به متغیرات Non Essential است.

۹۶- یک PQR با طرح Groove تهیه شده است اگر همه‌ی متغیرات یکسان باشد، جوش Fillet را :

- ☐ با هر ضخامتی Qualify می کند.

- با هر قطری Qualify می کند.
- با هر سایز جوش مثل Leg و Throat را Qualify می کند.
- همه‌ی گزینه ها صحیح است.

۹۷- کدام یک از الکترودهای زیر .A-No به آن تعلق می گیرد؟

- الکترود ECu Ni
- الکترود E316-15
- الکترود E4340
- الکترود ENiMo-1

۹۸- کدامیک از متریال های زیر دارای P-No.-1 می باشد؟

- متریال SA-36
- متریال SA-106-Gr. B
- متریال API-5L-Gr.B
- همه‌ی گزینه ها صحیح است.

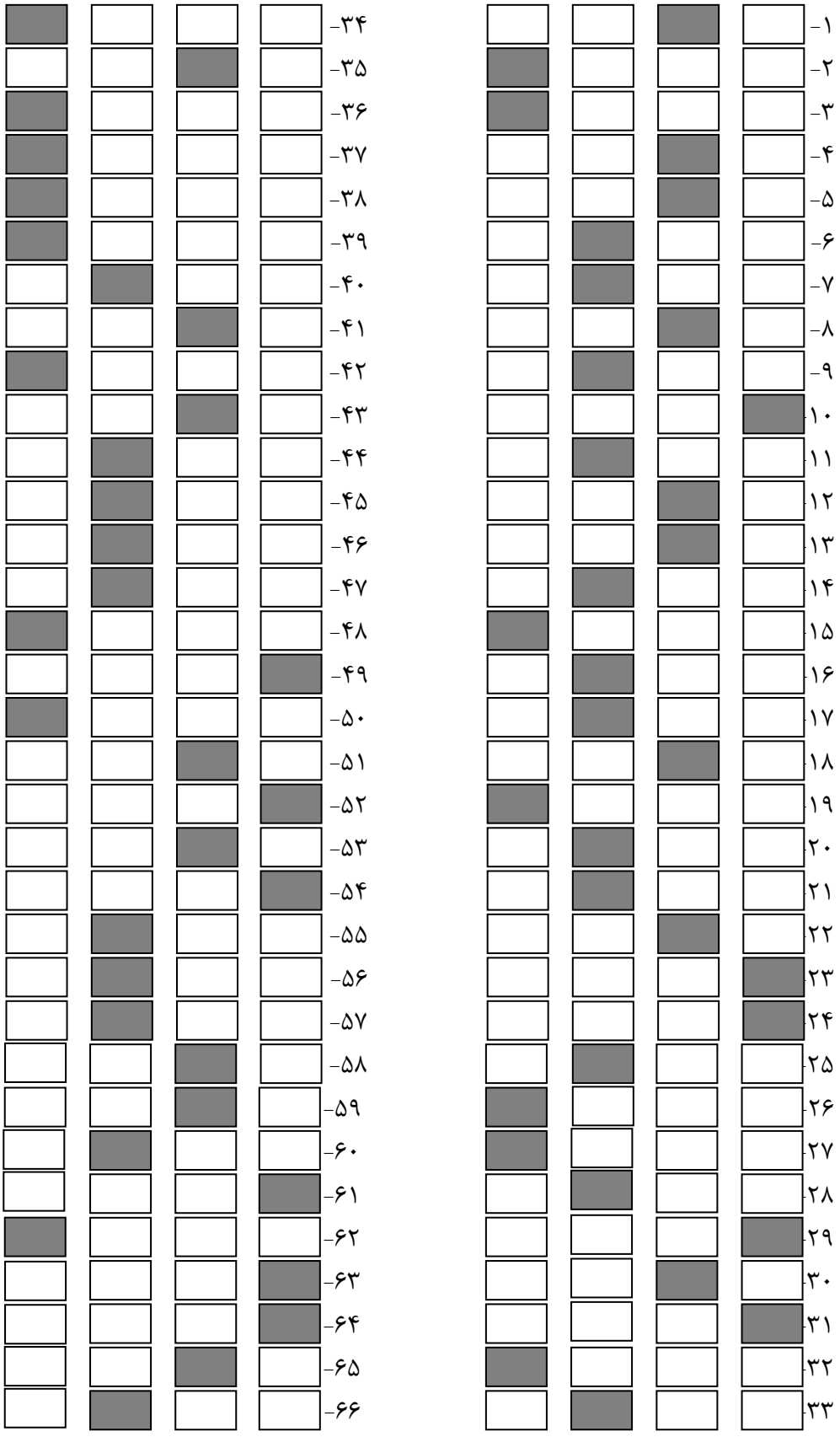
۹۹- یک PQR با ضخامت 5mm با روش GTAW تهیه شده است. اگر این PQR به تست ضربه نیاز داشته باشد حداقل چه ضخامتی تأیید می کند:

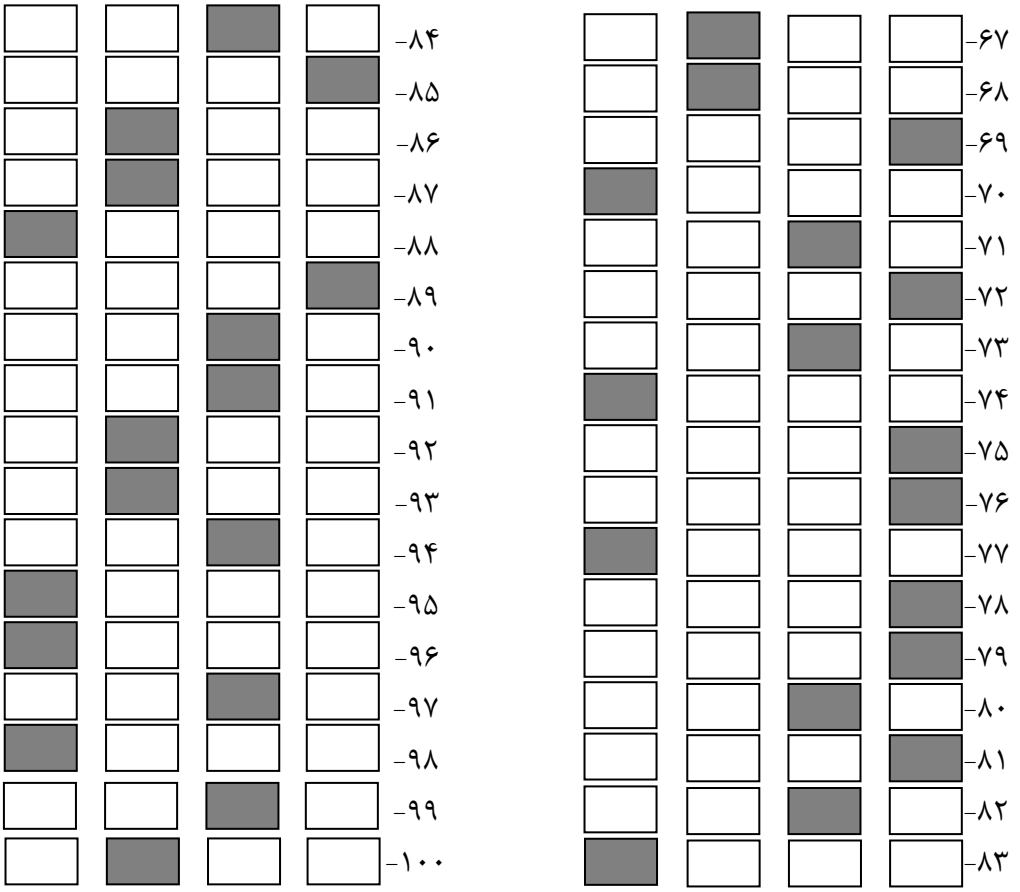
- ضخامت 10mm
- ضخامت 2.5mm
- حداقل ضخامت محدودیتی ندارد.
- ضخامت 7.5mm

۱۰۰- یک PQR با روش SMAW در ضخامت 12mm تهیه شده است. اگر این PQR به تست ضربه نیاز داشته باشد آیا می تواند WPS فرآیند SMAW را با ضخامت 20mm بدون تست ضربه تأیید کند؟

- فقط متریال P-No.- 1-Gr.1, 2 & 3 را تأیید می کند.
- تأیید نمی کند.
- تأیید می کند.
- گزینه های اول و سوم صحیح است.

پاسخنامه پرسشها




۶۷-
۶۸-
۶۹-
۷۰-
۷۱-
۷۲-
۷۳-
۷۴-
۷۵-
۷۶-
۷۷-
۷۸-
۷۹-
۸۰-
۸۱-
۸۲-
۸۳-
۸۴-
۸۵-
۸۶-
۸۷-
۸۸-
۸۹-
۹۰-
۹۱-
۹۲-
۹۳-
۹۴-
۹۵-
۹۶-
۹۷-
۹۸-
۹۹-
۱۰۰-