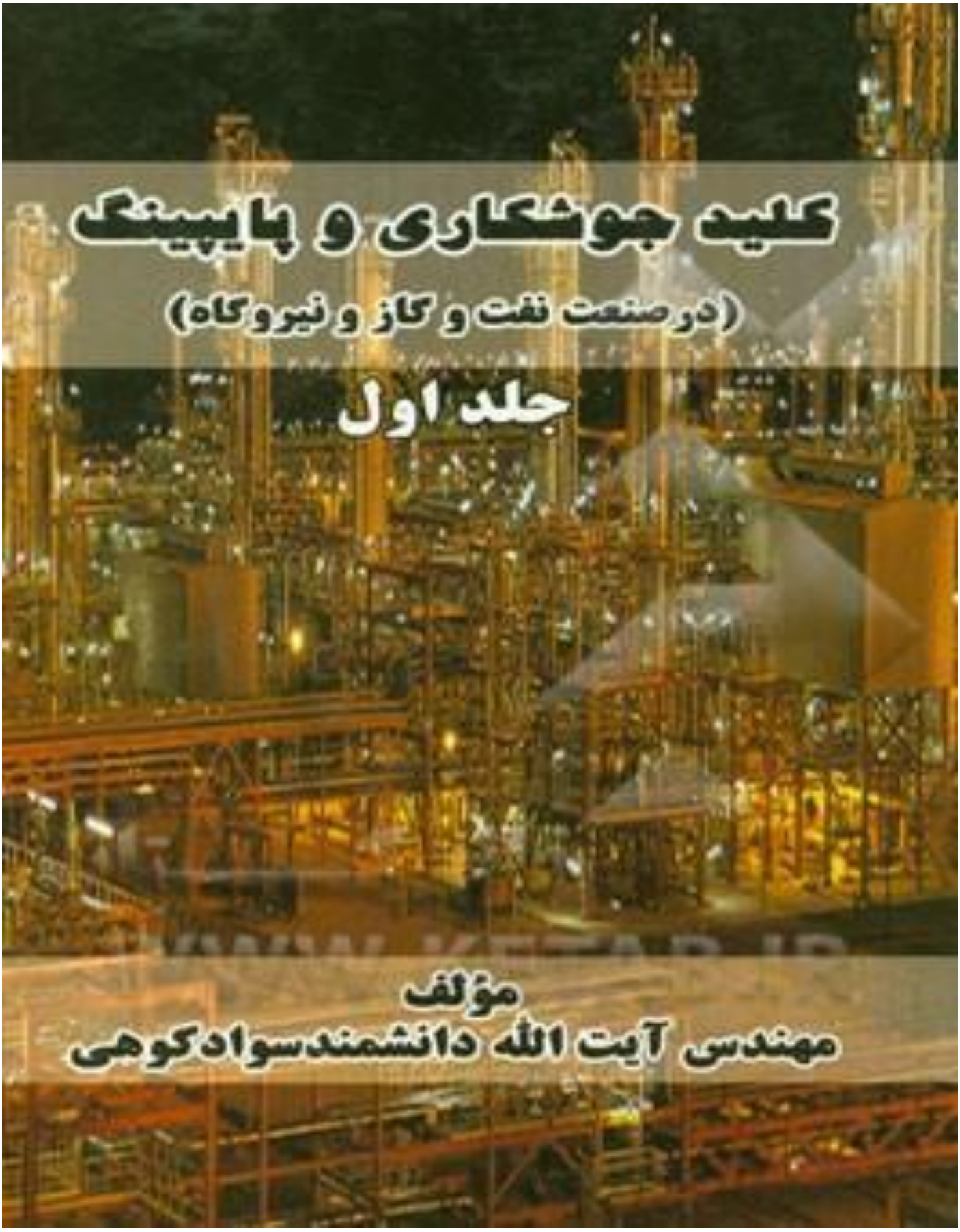

کلید جوشکاری و پایپینگ
(در صنعت نفت و گاز و نیروگاه)
جلد اول
مؤلف
مهندس آیت الله دانشمندسوادکوهی

کلید جوشکاری و پایپینگ

(درصنعت نفت و گاز و نیروگاه)

جلد اول

Welding and Piping Key
(Oil &Gas &Power Station)

تالیف مهندس آیت الله دانشمندسوادکوهی

عنوان و پدید آورنده: کلید جوشکاری و پایپینگ (در صنعت نفت و گاز و نیروگاه)
/ مهندس آیت الله دانشمند سوادکوهی
مشخصات نشر: تهران: اندیشه عصر، 1394
مشخصات ظاهری: وزیری
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع: نفت - - لوله‌ها
شابک: 978-600-7391-92-1
رده بندی دیویی: 1394 8ک25د/TS227
شماره کتابشناسی ملی: 3921298

نام کتاب : کلید جوشکاری و پایپینگ (در صنعت نفت و گاز و نیروگاه)

مولف: مهندس آیت الله دانشمند سوادکوهی

ویراستار: فاطمه قاسمیان

طراحی جلد: فاطمه قاسمیان

صفحه آرایی: اکرم پهلوان

ناشر: اندیشه عصر، 66424617-66914301

شمارگان: 1000 جلد

نوبت: چاپ اول - 1394

شابک: 978-600-7391-92-1

مرکز پخش: تهران- میدان انقلاب- ابتدای خیابان آزادی- روبروی سینما مرکزی

بازار بزرگ انقلاب- طبقه زیر همکف- پلاک9

تلفن مرکز پخش: 09399148180

Email: ayatollah_daneshmand@yahoo.com

www.andisheasr.com

تمامی حقوق و چاپ و نشر این اثر متعلق به مؤلف است.

فایل PDF ذیل بخشی خلاصه شده(100 صفحه) از برخی ایتم های کتاب کلید جوشکاری و پایپینگ در صنعت نفت وگاز و نیروگاه جلد اول 1600 صفحه تالیف مهندس دانشمند میباشد جهت تهیه کتاب مذکور میتوانید با شماره 09399148180 ویا با انتشارات اندیشه عصر تماس حاصل فرمایید

عناوین کتاب کلید جوشکاری و پایپینگ در صنعت نفت وگاز و نیروگاه جلد اول تالیف مهندس دانشمند

تعیین ضخامت لوله ها و تیوب ها براساس ASME B16.10, 36.19

دسته بندی انواع اسکجوئل لوله ها

روابط حاکم بر اسکجوئل

تعیین ضخامت لوله ها براساس B16.10,B36.19

تعریف DN

واحدهای اندازه گیری ضخامت تیوب

متریال Nonmetallic

خصوصیات تیوب و گیج های اندازه گیری ضخامت تیوب

تفاوت تیوب و لوله

قانون برنولی در خطوط لوله

اریفیس پلیت و انواع آن

رابطه اریفیس و قانون برنولی

Tapping در اریفیس فلنج

دلایل استفاده از Jack Screw

دلایل ایجاد Lamination و راه های جلوگیری آن و معیار پذیرش براساس API

تورق در Bevel

تاول

ناخالصی غیرفلزی

عیب Lamellar Teat و روش های جلوگیری

فاکتورهای موثر برایجاد غیب Lamellar Tear

پدیده سرخ شکنی در فولاد و نقش گوگرد

بررسی خطوط فلر

تست کشش اتصالات فیلت

متریال های با گرید F براساس ASME IX

لوله های DRL,SRLL

موقعیت Tapping اریفیس فلنج

تاثیر کربا بر استحکام و تافنس

تاثیر ضخامت بر تافنس

مشخصات فیلم های رادیوگرافی/جزئیات فیلم رادیوگرافی

روش های تعیین وجود اهن ازاد بر روی سطح استنلس

مشخصات متریال های با گرید WPL براساس ASME IX

متریال های ریختگی داپلکس

تاثیر ضریب انبساط حرارتی در جوشکاری

روش های Roll Clad,Al Clad

عیوب U/C ،برامدگی در پاس پرکننده

دلایل جوش پذیری محدود چدن

نقش عناصر آلیاژی بر استحکام فولادها

تعریف داکتیلیتی،مشخصات متریال ترد و داکتیل

بررسی دمای DBTT ،شکست ترد و شکست بریتل سطح شکست مواد نرم و ترد

فاکتورهای موثر بر رمای Transition

تاثیر سایز دانه، مقدار کربن و عناصر آلیاژی بر دمای انتقال،تاثیر ضخامت قطعه بر دمای انتقال

نمونه های تست کشش براساس ASME IX

تعیین نمونه های تست کشش جهت PQR-Groove Weld

نمونه های کشش طولی و عرضی،نمونه های تست کشش Reduced Section,

معیار پذیرش تست کشش PQR اتصالات Groove Weld براساس ASME IX

تست کشش Full Section Tensile Test

بررسی QW-151.1 Reduced Section Plate-ASME IX

نمونه تست کشش Multiple Specimen براساس ASME IX

تست کشش وقتی Multiple Welding Process استفاده میشود

بررسی دیاگرام تنش کرنش

تست کشش Through Thickness Tensile Test

نمونه های تست کشش پلیت براساس ASME IX

نمونه تست کشش Turned Specimen

بررسی فرو رفتگی یا Dent در لوله،انواع Dent ،معیار پذیرش Dent

تست Settlement Test

بررسی ITP

تفاوت تست های NDT,NDE,NDI

روش تست لوله های مدفون

روش تست Guided Wave

بررسی اکسید حرارتی یا Heat Tint در استنلس

روش های حذف لایه اکسید حرارتی

تفاوت لایه Heat Tint و لایه اکسید کروم بر روی استنلس

تاثیر کلر در خوردگی استنلس

تاثیر آهن آزاد در خوردگی استنلس

بررسی دلایل Rouging در استنلس

لایه محافظ استنلس

خوردگی گالوانی در استنلس

دلایل از بین رفتن لایه محافظ

Rustجیست

تماس متریال کربن استیل و استنلس،تماس متریال استنلس و گالوانیزه

بررسی Cold Work ، روش استحکام بخشی با Cold Work ، محاسبه Cold Work

اوالیتی در لوله ها،معیار پذیرش اوالیتی، محاسبه مقدار اوالیتی،تعیین اوالیتی براساس API5L

تعیین Roundness مخزن براساس API650

تعریف Eccentricity

تعریف Thining,Thickening

محاسبه Thining,Thickening

عیوب ناشی از خمکاری،معیار پذیرش خمکاری براساس شی از خمکاری

معیار پذیرش خمکاری براساس b31.3

دلایل Spring Back

تاثیر Hoop Stess بر اوالیتی

تعیین و محاسبه Sump در مخزن براساس API650

تعیین حداقل ضخامت ورق شل مخزن براساس API650 ،جوشکاری شل به انولار مخزن براساس API650

تفاوت فلنج A105,A105N,A105NACE

عملیات حرارتی نرماله اهداف و مزایا

اثر Hall Petch Effect

دیاگرام اهن و فولاد

تعیین فازهای پرویوتکتوئید در فولادها،تعیین فازهای فریت و پرلیت

تعیین دماهای بحرانی در دیاگرام آهن و فولاد

فولادهای هایپو و هایپر

قانون اهرم ها برای تعیین فازها در دیاگرام آهن و فولاد

عملیات حرارتی همگن کردن در فولادها

تعریف **Straightness** در لوله ها

روش های**Flame Straightness,Mechanical Straightness**

معیار پذیرش **Straightness** در لوله ها

روش های اندازه گیری **Straightness** لوله

تعیین **Straightness** براساس **ASTM** برای لوله های مختلف

بررسی متریال**Wrought**

تعیین **Mill Tolerance** ، دلایل بررسی**Mill Tolerance**

بررسی انواع البو و تعیین و بررسی البوهای **LR,SR** ،البوهای فلنجی

متریال استنلس **Heat Resistance** ،متریال استنلس**Corrosion Resistance**

نامگذاری متریال ها و گریدها براساس**ASME IX**

تولید لوله جوشی از ورق،متریال های با گرید **WPHY** ،متریال های با گرید**CW**

متریال های با گرید **TP** ، متریال های با گرید**CMS**

بررسی **PREN** در استنلس

متریال های با **UNS** یکسان

تعیین تکلیف متریال هایی که در **ASME IX** موجود نبوده ولیکن **UNS** آنها موجود است

تعیین فشار کاری فلنج بهمراه مثال های متعدد براساس**B16.5**

بررسی **Rating** فلنج

چه فلنجی برای خط مناسب است

بررسی کلاس های مختلف فلنج، فلنج**Reduced Flange**

فلنج **Blind Flane** و فلنج های**WN,Slip on**

محدوده دمایی و محدوده فشار یک فلنج،بررسی**Flanged Fitting**

بررسی انواع **Tee** شامل**Equal Tee,Reducer Tee,Lateral Tee**

روش سایزینگ **Cross,Tee** و ریوسر

مارکینگ بر روی فلنج ها و فیتینگ ها

بررسی ولدولت

تاثیر **Gr No** بر روی **PQR** براساس**ASME IX**

بررسی **Essential Variable,Supplementary** براساس**ASME IX**

بررسی **PQR-Non Ferrous** براساس**ASME IX**

بررسی متریال های فاقد استحکام کششی در**ASME IX**

بررسی لاینینگ(رابر لاینینگ،سمنت لاینینگ،)بررسی پوشش**FBE**

جوشکاری **GTAW** ،مزایای جوش آرگن

SFA,Fno

بررسی جوشکاری Solid State

بررسی جوشکاری Liquid State Welding

بررسی جوشکاری LFW

جوشکاری اصطکاکی دورانی

روش جوشکاری Flash Welding

روش جوشکاری CAW

جوشکاری ترمیت،اساس جوشکاری ترمیت،قالب جوشکاری ترمیت،بوته و پودر ترمیت

جوشکاری فشاری

راندمان حرارتی

تکنیک String ,Weaving در جوشکاری، تاثیر تکنیک Weaving,String بر روی PQR-ASME IX ، تکنیک Full Width Weaving

خصوصیات جوش GTAW

تاثیر تست ضربه بر PQR-ASME IX ،تاثیر پیشرفت جوشکاری بر PQR-ASME IX

تاثیر تکنیک String,Weaving بر تست جوشکار

تاثیر پیشرفت جوشکاری بر تست جوشکار ASME IX

نرخ رسوب در جوشکاری

انتقال قطره مذاب در جوشکاری GMAW

اساس جوشکاری GMAW

فیلرهای جوشکاری متریال کربن استیل با GTAW

اتصال کوتاه در جوشکاری GMAW

بررسی Weld Quality در پروسه های جوشکاری

تاثیر فلوی گازهای محافظ شیلدینگ،پرجینگ و گاز دنباله رو

تاثیر جریان جوشکاری

تاثیر سایز الکترود و جریان جوشکاری

اخال تنگستنی،دلایل ایجاد آخال تنگستنی،تصویر اخال تنگستنی در رادیوگرافی

روش های جلوگیری از ایجاد آخال تنگستنی

بررسی پلاریتی،تاثیر پلاریتی بر نفوذ جوش

Arc Cleaning در جوشکاری

تاثیر پلاریتی بر حرارت

وزش قوس، دلایل ایجاد وزش قوس

اثر پینچ،طول قوس

تاثیر حرارت ورودی بر سایز جوش

مقایسه جریان جوشکاری AC,DC

استفاده از Hot Filler در جوشکاری GTAW

دلایل استفاده از Trailing Gas

تفاوت واژه جوشکار و اپراتور براساس ASME IX

تاثیر EE در جوشکاری ارگن

تاثیر CTWD در جوشکاری ارگن

بررسی WFS در جوشکاری

پاس های جوشکاری

سیکل کاری در جوشکاری

تعریف Bead,Pass,Layer,Land ،تعریف Multi pass,Split Bead

تست جوشکاران فیلت براساس ASME IX

الکترودهای تنگستنی EWP,EWTh,EWZr,EWCe,EWLa

دلایل ایجاد Tungesten Electrode Taper

بررسی Vertex angle در نفوذ جوش

روش های سنگ زنی نوک الکترود تنگستنی

مزایا و معایب انواع الکترودهای تنگستنی

روش نامگذاری الکترود تنگستنی براساس AWS

بررسی Drag angle,Leading angle

تاثیر حذف/اضافه فلاکس در جوشکاری GTAW

تاثیر Electrode Extension بر نفوذ جوش در جوشکاری GTAW

گل جوش Slag ،انالیز گل جوش، انواع Slag

نامگذاری الکترود و فلاکس در جوشکاری متریال کربن استیل با روش جوشکاری ESW

روش جوشکاری الکترواسلگ

فلاکس مورد استفاده در جوشکاری الکترواسلگ

PQR جوشکاری الکترواسلگ براساس ASME IX

الکترودهای Solid,Composite در جوشکاری الکترواسلگ

روش جوشکاری الکتروگاز

PQR جوشکاری EGW براساس ASME IX

نامگذاری الکترودهای جوشکاری EGW

گازهای محافظ جوشکاری

مقایسه گازهای هلیوم،ارگن و co2 ،و نیتروژن و هیدروژن ومزایا و معایب تاثیر نوع گاز محافظ بر نفوذ جوش

گاز محافظ پرجینگ،محاسبه گاز محافظ پرجینگ براساس AWS

روش های پرجینگ گاز محافظ

تاثیر فلوی گاز محافظ در جوشکاری، Post Flow

مزایای گازCO_2

بررسی گاز محافظ Trailing Gas

تاثیر کشش سطحی بر ظاهر جوش

تعریف Wetability در جوشکاری

نامگذاری گازهای محافظ جوشکاری براساس AWS 5.32

محاسبه فشار گازها در داخل سیلندر

تست های مورد نیاز گازهای محافظ،دلایل استفاده از گاز آرگن درجوشکاری

دلایل افزودن اکسیژن به گاز محافظ

افزودن گاز CO_2 به گاز آرگن

خصوصیات گاز هلیوم،ترکیب گاز محافظ آرگن و هلیوم

مکانیزم قوس

جوشکاری کدولد،پودر و قالب جوش کدولد

جوشکاری تاندوم،استفاده از Multiple Electrode در جوشکاری

استفاده از Tandem Wire

بررسی QW-410.15 ASME IX

بررسی QW-410.10 جهت انجام PQR با استفاده از Single Electrode/Multiple Electrode

تست مکانیکی و تست های NDE برای تست جوشکار Groove براساس ASME IX

تست مکانیکی و نوع تست برای تست جوشکار

تست بازرسی VT جهت تعیین صلاحیت جوشکار/اپراتور

مقدار و نوع تست NDE برای تست جوشکار براساس QW-302.2

روش نامگذاری الکترودهای جوشکاری متریال کربن استیل با روش زیرپودری

جوشکاری زیرپودری

الکترودهای جوشکاری زیرپودری

فلاکس و نامگذاری فلاکس در جوشکاری زیرپودری

قلیائیت در جوشکاری زیرپودری

انواع فلاکس ها Fused Flux,Bonded Flux در جوشکاری زیرپودری

Essential Variableدر جوشکاری زیرپودری جهت انجام PQR براساس ASME IX

بررسی QW-404.29 ،بررسی QW-404.34

بررسی QW-403.5

تعیین Ano

نامگذاری الکترود کامپوزیتی در جوشکاری زیرپودری

نامگذاری فلاکس جوشکاری متریال کربن استیل براساس AWS 5.17 بهمراه مثال

نامگذاری الکترود جهت جوشکاری فولادهای کم الیاژ با روش جوشکاری زیرپودری براساس AWS 5.23 بعمراه مثال

نامگذاری الکترودهای کامپوزیتی در جوشکاری زیرپودری فولادهای کم الیاژ بهمراه مثال

نامگذاری فیلر متال جهت جوشکاری متریال استنلس با پروسه GTAW بهمراه مثال

بررسی Supplemental Filler Metal براساس QW-404.24 جهت انجامPQR

بررسی Fno فیلرهای مختلف براساسASME IX

بررسی مزایا و معایب جوشکاری سربالا و سرازیر

بررسی حرارت ورودی در جوشکاریUphill/Downhill

الکترود سلولزی خصوصیات،الکترود قلیایی خصوصیات

تاثیر Travel Speed بر نفوذ جوش

بررسی وضعیت جوشکاریGroove-Fillet-Stud,6GR

تعریف نرخ رسوب جوش

جوشکاری لیزر،انواع لیزر، Essential Variable جهت جوشکاری با لیزر جهت انجامPQR

فاکتورهای موثر بر وسعت ناحیهHAZ

تاثیر طول قوس،زاویه پخ بر عمق نفوذ جوش

تست ماکرو تست میکرو،تست ماکرو برای اتصالات فیلت براساسASME IX

تاثیر Thermal Conductivity در جوشکاری

ازمایش خمش براساسASME IX

بررسی PQR-Fillet Weld براساسASME IX

بررسی Welder Test-Fillet براساسASME IX

معیار پذیرش تست ماکرو بر رویPQR

تعداد و نوع تست های مورد نیاز جهت تست جوشکار اتصالات فیلت براساسASME IX

تست شکست اتصالات فیلت جهت تست جوشکار

شرایط و تست های مورد نیاز تست جوشکار اتصالات Groove Weld براساسASME IX

معیار پذیرش تست ماکرو براساسASME IX-QW-184

تفاوتProcedure,Performance

تست ماکرو جهت تست اپراتور و انجام PQR جوش هایStud Weld,LBW,Resistance Welding

تست PQR جوش LBW براساسASME IX

تست_____ های PQR-LBW,EBW,ERW برای جوشکاری اتصالات Groove براساسASME IX

تست اپراتور Stud Weld براساسASME IX

تست PQR جوش Stud Weld براساس ASME IX ،روش جوشکاری جوش زائده ای

Positionجوشکاری جوشStud

تست های Hammer Test و تست خمش بر روی جوشStud

انواع زائده در جوشکاری زائده ای

تاثیر Preheat بر روی PQR براساسASME IX-QW-406.1

جوشکاری Tube to Tubesheet براساس ASME IX جهت انجامPQR

شرایط پذیرش تست جوشکار Tube to Tubesheet براساسASME IX-QW-193.2

عملیات Hardfacing Weld Overlay ،روش هایHardfacing

روش Hardfacing Spray Fuse براساسASME IX

روش Corrosion Resistance Weld Overlay براساسASME IX

تست جوشکاران CRO,HFO براساسASME IX

تست های مورد نیاز بر رویPQR-HFO ASME IX

تست های مورد نیاز بر رویPQR-CRO-ASME IX

روش تست PQR-CRO بر روی پلیت

ابعاد نمونه تست جوشکار و PQR براساس QW-453 جهتHFO,CRO

روش کلدینگ،جوشکاری الومینیوم به فولاد

روش های حذف لایه اکسید آلومینیوم

جوشکاری با استفاده ازBimetal

روش باترینگ

جوشکاری انفجاری

بررسی تنش برشی در جوش های فیلت

بررسی تنش برشی در جوش های Groove ،بررسی QW-461.9 برای تست جوشکار

بررسی وضعیت های جوشکاری

بررسی QW-452.4 تست جوشکار اتصالات فیلت

بررسیPosition:2G+5G,6GR

مثال های متعدد از تست جوشکارGTAW,FCAW,GMAW,SMAW,OFW

مثال های متعدد ازPQR-GTAW,SMAW,OFW,ESW,FCAW,GMAW,SAW

سختی سنجی برینل،سختی سنجی راکول،سختی سنجی ویکرز،سختی سنجی موس،سختی سنجی لیب،سختی سنجی Durometer ،آزمون سختی سنجی الاستیک

زمان تست،قطر نفوذ کننده،نیرو در تست سختی سنجی براساسASTM

اصطلاحات شرکت های نفتی ایران

بررسیIGAT

خطوطJacket Pipe

بخش های خطوط جکت

بررسی کامل ASME IX-QW-403.6 همراه با مثال های متعدد وقتی تست ضربه نیاز باشد

بررسی Mill Certificate براساسEN10204

عیب LME ،عیبCCC

بررسی رینفورس پد،روش تست پد براساسAPI650,B31.3

اثر باوشینگر

Supplemental Requirementبراساس ASTM

تاثیر Resistivity در جوشکاری

تاثیر نرخ سرد شدن در جوشکاری

بررسی Check Valve

بررسی تست Oil Test براساس API650

بررسی اصطلاحات AVL,ACL,ASL

بررسی Defect,Discontinuity

تعیین Elongation,Reduction Area

بررسی دیاگرام PFD

بررسی Cross Check

بررسی QW-451 ASME IX

بررسی Proof Test

تعداد زیادی سوال و جواب در خصوص تست های RT,PT,MT,VT و در خصوص کلاس فلنجها

همچنین تعداد زیادی سوال و جواب در خصوص PQR و تست جوشکار براساس ASME IX

Embeded Pipe

بررسی PQR اتصالات Groove وقتی ضخامت قطعه بین 1 1 ”6≤Thk(Test Coupon)≤”2/

بررسی Elongation

تاثیر دما بر استحکام کششی و استحکام تسلیم

سوالات و جواب در خصوص گازهای پرجینگ و شیلدینگ

بررسی QW-452.1b ASME IX

بررسی Short Term Overheating/Long Term Overheating

بررسی QW-462.4C,D

بررسی QW-405.3

بررسی Position:1F,2F,3F,4F,5F

تاثیر Progression بر روی PQR و تست جوشکار براساس ASME IX

ابعاد نمونه جهت تست جوشکار و PQR در جوشکاری Corrosion Resistance Weld براساس ASME IX

بررسی QW-453-ASME IX

بررسی QW-305 ASME IX در خصوص تست اپراتور

بررسی Retest جوشکار براساس ASME IX

کاپر نیکل

بیوفیلم

بررسی UNS انواع فولاد اعم از فولادهای زنگ نزن،فولاد ابزار،فولاد ریختگی

UNSفیلر و الکترود

UNSمس و الیاژهای مس

UNSنیکل و الیاژهای نیکل

UNSآلومینیوم و آلیاژهای آن، UNS منیزیم

UNSفلزات خاکی

UNSفلزات قیمتی

UNSتیتانیم، UNS مولیدونیم

نامگذاری متریال های Cast,Wrought آلومینیوم و آلیاژهای آن

خوردگی اجمالیSCC

نامگذاری متریال استنلس آستنیتی،فریتی،داپلکس،مارتنزیتی در سیستمUNS

بررسی فولادهای باUNS:KXXXXX

بررسیUNS:HXXXXX

دسته بندی فولادهای HSLA ،نامگذاری فولادهای HSLA در سیستمAISI

نامگذاری چدن ها براساسUNS

متریال های با UNS یکسان،بررسی متریال های ریختگی و کارپذیر با UNS یکسان

خصوصیات فولادهایLow Carbon/High Carbon

بررسی فولادهای پرآلیاژ،فرو آلیاژ

تست رادیوگرافی،فیلم های رادیوگرافی

سوال و جواب در خصوص رادیوگرافی

تکنیک های رادیوگرافی

بررسی انواع IQI براساس استانداردهای مختلف

بررسی کریستالLTD

بزرگنمایی در رادیوگرافی

تاثیرات پرتو گاما

تست MT با روش کویل

تست MT با روش یوک

اساس تستMT

تست MT با پراد

تستWFMT

مراحل تست ذرات مغناطیسی

روش تستMT

سوال و جواب در خصوص تست MT ،تست MT بصورت Dry Powder و یا روش فلورسنت

رادیوگرافی دیجیتالی

تست اکوستیک امیشن

تست MFL

اساس تست مایع نافذ

روش تست مایع نافذ فلورسنتی و روش مرئی

روش تمیزکاری قبل از انجام تست مایع نافذ

مراحل تست مایع نافذ،سوالات و جواب در خصوص تست مایع نافذ

مزایا و محدودیت تست مایع نافذ،

انواع IQI پله ای،وایر و...،

کولیماتور

زمان پرتودهی

ویور

مقایسه چشمه های رادیوگرافی

رادیومتر در رادیوگرافی

پدیده موییننگی در تست مایع نافذ

Developer در تست مایع نافذ

اساس تست Eddy Current

قانون اسنل در تست التراسونیک

انواع روش تست التراسونیک

صفحات تشدید کننده در رادیوگرافی

بررسی Insulating Gasket

بررسی انواع پروسیتی

ناخالصی سرباره ای

عیب BT

عیوب مختلف در فیلم رادیوگرافی و موارد بسیار متعدد دیگر در خصوص تست های NDT

فولاد کربنی فولادهای الیاژی،فولادهای ساختمانی

فولادهای ریل

فولادهای بتن

Low Carbon,Medium Carbon ,High Carbon,Ultra High Carbon

فولادهای استنلس استنیتی،مارتنزیتی،داپلکس،سوپرداپلکس،رسوب سختی،فریتی

فولادهای ساخت لوله

فولادهای API5L

فولادهای سختکاری شده،فولادهای عملیات حرارتی پذیر

فولادهای کشش عمیق

فولادهای الکتریکی

فولادهای Case Harden Steel

فولادهای یوتکتوئید

فولاد هادفیلد

فولادهای TFS

فولادهای DDS

فولادهای Weathering Steel

فولادهای تندبر

فولادهای HSLA

فولادهای Killed,Rimmed,Semi Killed

فولادهای Free Cutting Steel ،و Galvanized Steel ،و Wear Resistance Steel، Tin Plate Steel

فولادهای Air Harden Steel

فولادهای نیتروره

فولادهای Low Temperature Steel

فولادهای هایپو یوتکتوئید براساس استانداردهای DIN,EN,ASTM,SAE,AISI

بررسی گریدهای مختلف فولاد ASME IX,ASTM

نامگذاری فولادهای آلیاژی براساس SAE

نامگذاری چدن ها

نامگذاری فولادهای غیر آلیاژی براساس استاندارد DIN

فولادهای سختکاری شعله ای

روش نامگذاری فولادها براساس استاندارد DIN

نامگذاری فولاد های استنلس کارپذیر و ریخته گری

نامگذاری فولاد زنگ نزن براساس AISI

فولادهای Resulfurized Steel

نامگذاری فولادها براساس استاندارد EN

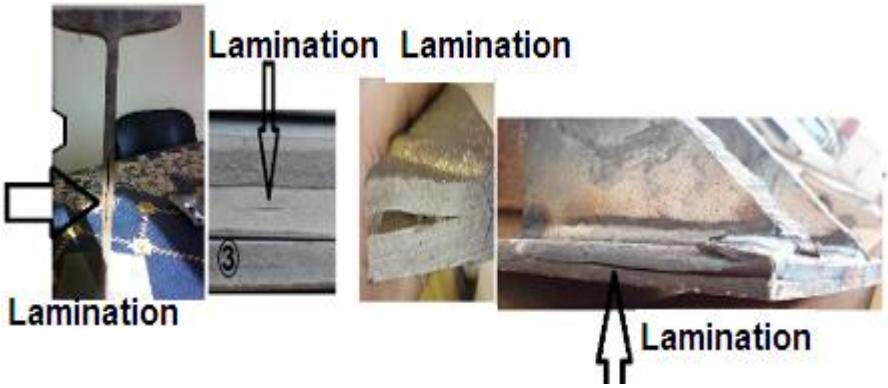
فولادهای ماشین سازی

فولادهای تجهیزات تحت فشار___

Lamination (تورق)

تورق از ناپیوستگی‌های فلز پایه محسوب می‌شود که بعلت حضور ناخالصی‌های غیر فلزی در بطن فولاد(داخل فولاد) در عملیات فولاد سازی و در زمان نورد(Rolling) رخ می‌دهد این ناخالصی‌ها عموما اکسیدهایی هستند که در زمان مذاب فولاد بوجود آمده و سپس در عملیات نورد بصورت کشیده و پهن در جهت نورد درآمده اند به این عیوب صفحه ای شکل تورق می‌گویند

بنابراین وجود آخال‌ها و ناخالصی هایی همچون Al2O3، FeS، MnS، FeMnS، (آخال‌های اکسیدی، سولفیدی، سیلیکاتی) و سرباره و حفرات گازی و انجمادی در قطعه ریخته‌گری عامل ایجاد Lamination یا تورق هستند، وقتی بر روی شمش یا قطعه عملیات نورد انجام گیرد آخال‌های مذکور در جهت نورد، کشیده شده وآخال‌هایی با مکان‌هایی Sharp وتیز ایجاد می‌گردند این ناخالصی‌ها (آخال‌ها) سبب عدم چسبندگی لایه‌های فلزی قطعه(فولاد) به یکدیگر شده در واقع وجود این آخال‌ها، Bonding(پیوند ویا اتصال) فولاد را قطع می‌کنند و باعث کاهش استحکام قطعه می‌گردند



عیوب تورق در بدنه پلیت

بنابراین تورق، از له شدن و کشیده شدن آخال‌های نرم واقع در داخل شمش (Billet) ناشی می‌گردد

Lamination معمولا در Body (بدنه)لوله ودر ضخامت میانی محصولات نورد و در جهت نورد(موازی نورد) بوجود می‌آید Lamination ممکن است درنزدیکی دیواره‌های پخ (Bevel) نیز ظاهر شود بدین صورت وقتی تورق در نزدیکی دیواره پخ (Bevel)باشد ممکن است حرارت ناشی از جوشکاری ذوبی(برخی ازپروسه‌های جوشکاری، ذوبی نمی‌باشند درجوشکاری غیرذوبی، درحالت جامد ویا خمیری شکل با اعمال فشار در یکدیگر ادغام می‌گردند وجوشکاری انجام می‌گردد)، سبب ذوب شدن ناخالصی‌های موجود در Bevel(پخ) شده و باعث بازشدن Bevel گردد بعبارتی این عیب درBevel نمایان گردد همچنین در زمان برشکاری، حرارت ناشی از عملیات برشکاری نیز ممکن است سبب باز شدن قطعه گردد و Lamination اتفاق افتد

تورق در Bevel وروش‌های برطرف کردن آن

API 5L/ISO 3183(9.10.4) هر گونه تورق در ناحیه Bevel، با طول محیطی بیشتر از 6.4mm که بطور چشمی‌دیده میشودبه عنوان عیب محسوب می‌شود و لوله‌های با این شرایط یا باید Reject گردند ویا بایستی آن ناحیه(طول) لوله را برش داد تا هرگونه Inclusion وLamination جداگردد

نحوه برخورد با عیب Lamination بر اساس بند API 5L/ISO 3183(9.9)

آن قسمت از لوله که دارای عیبLamination است بایستی با در نظر گرفتن ملزومات مورد نظر طول لوله ،جدا گردد و یا اینکه: لوله به طور کلی مردود اعلام شود.

قابل ذکر است رقع عیبLamination با استفاده از روش جوشکاری، مورد تایید نمی‌باشد

معیارپذیرش Lamination برای خطوط Sour Service,Offshore و... براساس API5L/ISO 3183 مشخص می‌گردد

علت حضور این آخال ها، اضافه کردن مقادیری منگنز به فولاد جهت حذف گوگرد اضافی است (در فولاد سازی و تولید فولاد مذاب از کوره بلند، از بالای کوره، سنگ آهن هماتیت با مقادیری از فلاکس و منگنز به کوره اضافه می‌شود که افزودن منگنزجهت جلوگیری از ایجاد ترکیب سولفید آهن (FeS) وجلوگیری ازپدیده سرخ شکنی فولادمی‌باشد ترکیب سولفید آهن(FeS)بعلت میل ترکیبی شدید آهن با گوگرد بوجود می‌آید با افزودن منگنز از تولید FeS(سولفید آهن) در فولاد جلوگیری می‌گردد البته افزودن منگنزبه فولاد ممکن است تولید آخالMnS, MnFeS نماید وجود این آخال که مضرات FeS را ندارد ممکن است سبب

ایجاد Lamination در فولاد در زمان رولینگ (Rolling)گردد حذف ویا کاهش گوگرد جهت جلوگیری از تشکیل فاز FeS (نقطه ذوب FeS بمراتب پایین تر از فولاد است) در مرز دانه‌های فولاد وجلوگیری از ترک گرم در زمان جوشکاری می‌باشد همچنین وجود گوگرد در فولاد تاثیر بسیار زیادی بر روی دمایDBTT (دمای شکست نرم به ترد) دارد ویکی ازاصلی ترین عوامل ایجاد Lamination است

تورق از عیوب عملیات ساخت می‌باشد که باعث ایجاد تمرکز تنش می‌گردد تورق ناشی از کشیده شدن آخالها و ناخالصیها و پروسیتی‌ها و حفرات گازی Gas (Pocket) و... می‌باشد که در زمان ریخته گری (Casting) و انجماد بوجود آمده اند در واقع این ناخالصی‌ها در جهت نورد (Rolling) کشیده و Sharp و تیز می‌گردند حفرات گازی، سرباره و آخال‌ها در قطعه قبل ازنورد (Rolling) بوجود آمده(عملیات Rolling برروی بیلت(Billet) و یا بلوم (Bloom)و Slab و یا شمش(Ingot) انجام می‌گیرد) ودرجهت نورد، کشیده می‌شوند

تاثیر گوگرد بر فولاد:گوگرد یکی از عناصر بسیار مخرب در فولاد محسوب می‌گردد خصوصا وقتی متریال فولادی در محیط ترش استفاده می‌گردد اهمیت این عنصر دوچندان می‌شود گوگرد سبب بروزعیب Lamination می‌گردد باعث کاهش تافنس فولاد می‌گردد همچنین افزایش درصد گوگرد سبب افزایش دمای DBTT می‌گردد

بنابراین تورق در محصولات Wrought و بصورت Internally (داخل قطعه) ایجاد می‌گرددکه فقط با تست UT با پروب نرمال قابل شناسایی می‌باشد API 5L/ISO 3183(4.25,51)

بهترین روش جهت کشف تورق، تست التراسونیک(UT) واستفاده ازپروب نرمال می‌باشد با عملیات RT این عیب قابل کشف کردن (Detect) نمی‌باشد(AWS B1.11.)

Dent(فرورفتگی یا گودی)

Dent یک عیب موضعی در قطعه ودرجهت ضخامت می‌باشد و تغییر شکل ایجاد شده ازنوع پلاستیک می‌باشد بعبارتی تغییر شکل دائمی‌می‌باشد(تعییر شکل پلاستیک، با برداشتن نیرو، قطعه بحالت اولیه برنمی‌گردد) لوله هایی که Dent درآنها ایجاد می‌شود تحت عنوان Dented Pipeنامیده می‌شوند بنابراین Dent سبب ایجاد Stress Concentration (تمرکز تنش موضعی)، کاهش استحکام دینامیکی و استاتیکی (Static Strength,Dynamic Strength)می‌گردد همچنین باعث کاهش قطر لوله نیز می‌گردد وسبب تغییر مقدار فلو می‌گردد ودرتغییر فلو(کاهش فلو) بحث اقتصادی مطرح است وجود Dent سبب ایجاد تنش موضعی می‌گردد

مقدار Dent براساس API 5L(9.10.5.2)، عبارت است: فررفتگی‌های که بصورت سرد ایجاد شده اند اگر محل ضربه بصورت تیز باشد عمق Dent نباید بیشتر از3.2mm باشد عمق فرورفتگی حداکثر باید3.2mm باشد تا عیب تلقی نگرددهمچنین عمق سایر فررفتگی ها(فرورفتگی هایی که تیز نباشند) نباید بیشتر از6.4mm باشدعلاوه برعمق، همچنین طول ناحیه Dent درهرجهت دربدنه لوله باید کوچکتر(مساوی) با 0.5D≤ باشد که D قطر خارجی لوله است بنابراین طول فرورفتگی (در هر جهت) نبایستی از نصف قطر لوله بیشتر باشد. لوله‌هائی که فرورفتگی آنها بعلت Cold Formed (شکل دهی سرد که باعث ایجاد Dentگردیده است) خراش‌داروتیز بوده چنانچه عمق آنها بیشتر از 3.2mm باشد عیب تلقی میگردند برای Dent یا فرو رفتگی دیگر، چنانچه عمق فرورفتگی بیشتر از6.4mm باشد بعنوان عیب محسوب می‌گردد

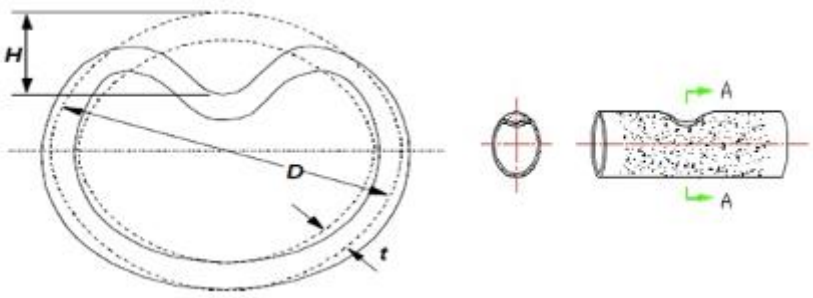
بنابراین براساس API 5L، فاکتور طول و عمق و تیز بودن یا تیز نبودن فرورفتگی معیار پذیرش یا رد Dent می‌باشد

A:Dents > 6.4mm/ 1/2 D in length defects.

.3.2mm with/sharp bottom gouge(for Cold Formed) defects B: Dents

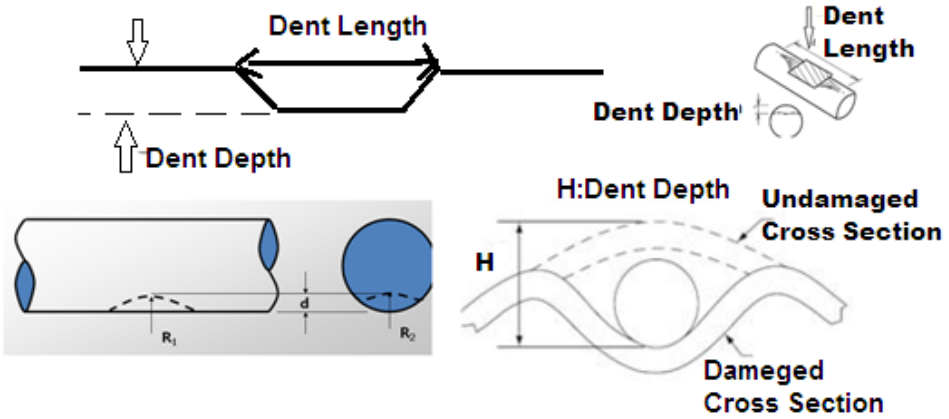
براساس API5L،طول Dent در هر جهتی باید کوچکتر مساوی،0.5D باشد ومقدار عمق Dent نباید بیشتر از مقادیر،A,B باشد بنابراین اساس استاندارد API5L برای تایید یا رد Dent،دو معیار طول و عمق Dent می باشد

درشکل زیر عمق Dent(فرورفتگی)نشان داده شده استH(عمق فرورفتگی که عبارت است ازماکزیمم کاهش درقطر اصلی لوله)، D(قطرلوله)، t(ضخامت لوله) می‌باشد



فرورفتگی یا Dent برروی لوله

براساس Asme B31.8، برای لوله‌های با سایز "NPS≤12، مقدار Dent حداکثر"1/4 می‌باشد وبرای لوله‌های با "OD>12، مقدارDent، حداکثر2%OD می‌باشد(براساس B31.8 منظور ازمقدار Dent همان ارتفاع Dent می‌باشد) درشکل زیر ارتفاع(عمق) و طول وشعاع Dent نشان داده شده است



معیار پذیرش Dent

فرورفتگی هایی که دارای ابعادی بیشتر ازحدود مشخص شده باشند بعنوان عیب شناخته میشوند

فرورفتگی موضعی در سطح لوله ناشی از اعمال ضربات مکانیکی به نحوی که از مقدار ضخامت فلز کاسته نشود

درمبحثDent دو آیتم عمق و طول گودی یا فرورفتگی باید درنظرگرفته شود(عمق فرورفتگی عبارت است از فاصله بین پایین ترین نقطه فرورفتگی تا سطح متریال)،

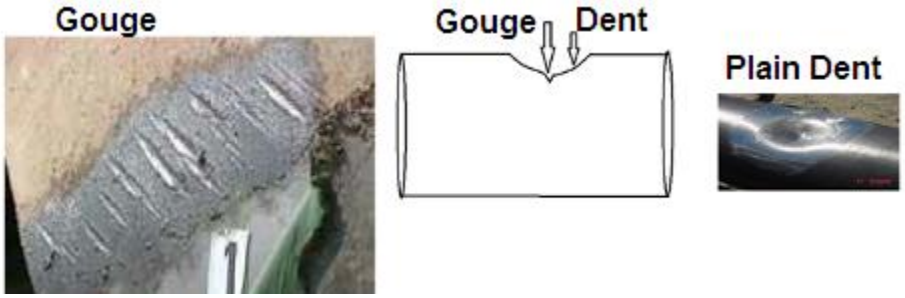
شکل زیر Dent ایجاد شده برروی لوله را نشان میدهد

فرورفتگی یا Dent برروی لوله

درشکل زیر، چنانچه طول فرورفتگی درجهات X,Y بیشتر از0.5D باشدبراساس

API 5L/ISO 3183 بعنوان عیب تلقی می‌گردد همچنین اگر عمق فرورفتگی بیشتر از محدوده اشاره شده باشد بعنوان عیب تلقی می‌گردد

همچنین Plain Dent نیز در شکل زیر نشان داده شده است



فرورفتگی یا Dent برروی لوله و فرورفتگی با شیار برروی سطح لوله

بنابراین فرورفتگی در سطح خطوط لوله در اثرحمل و نقل، انجام عملیات عایق کاری واجرای خطوط لوله یکی از آسیب‌های جدی به لوله می‌باشد که این فررورفتگی‌ها سبب افت فشار، سایش داخلی، ایجاد جریان توربولانت درزمان بهره برداری وایجاد خوردگی، مشکل پیگ رانی در زمان ساخت، می‌گردند

PQR/Welder/Gr No

مثال:یک PQR براساس ASME IX برروی اتصال لوله به فلنج جوشکاری شده و سپس PQR برای تست به آزمایشگاه ارسال گردید

الف:آیا انجام PQR جهت جوشکاری فلنج به لوله مجاز است:بلی PQR ممکن است ازجوشکاری پلیت به پلیت، پلیت به لوله، لوله به لوله، Tube to Tube Sheet، فلنج به لوله، فلنج به فلنج، البو به لوله، فلنج به ردیوسر و... انجام گیرد درجوشکاری فلنج، البو ویا فیتینگ باید سایز وابعاد فیتینگ، محدودیت‌ها برای تست‌های مخرب و... درجوشکاریPQR در نظر گرفته شود

ب:چنانچه جوشکاریPQR برروی فیتینگ به فیتینگ، یا فیتینگ به لوله انجام گیرد آیا این PQR جهت جوشکاری لوله به لوله، پلیت به پلیت قابل استفاده است:بلی بشرط ثابت بودنEssential Variable واگر PQR تست ضربه دارد Gr No نباید تغییر نماید(با تغییرGr No ، براساسQW-403.5 نیاز بهPQR جدید می‌باشد واگرPQR تست ضربه نداشته باشدGr No اصلا مهم نبوده وفقط با تغییرPno، نیاز بهPQR مجدد می‌باشد البته موارد استثناء Pno درQW-424 بیان شده است بعبارتی وقتی تست ضربه نیاز نباشد برای برخی متریال ها با تغییر Pno با رعایت Essential Variable نیاز به PQR جدید نمی باشد)

Essential Variable عبارت است از متغیرهایی اساسی (Variable) که با تغییر آنها، PQR/Welder Test جدید نیاز بوده و اصطلاحا Requalification باید انجام گیرد بعبارتی با تغییر Essential Variable یا پارامترهای اساسی، جوشکار مجددا باید تست دهد همچنین PQR جدید باید جوشکاری و تایید گردد با تغییر این متغیرها، خواص مکانیکی قطعه جوشکاری شده، تغییر می‌کند

Nonessential Variable عبارت است آز متغیرهایی که با تغییرآنها، نیاز به PQR/Welder Test جدید نمی‌باشد بعبارتی Requalification نیاز نمی‌باشد بنابراین متغیرهای غیراساسی

(Non Essential Variable)، با تغییر این متغیرها، خواص مکانیکی قطعه جوشکاری شده، تغییر نمی‌کند

Supplementary Essential Variable عبارت از متغیرها و Variable هایی، که اگرمتریال به تست ضربه نیازداشته باشداین متغیرها به Essential Variable تبدیل شده و اگرمتریال تست ضربه نیازنداشته نباشد این متغیرها به Nonessential Variable تبدیل می‌شوند

سوال:براساس ASME IX،آیا Supplementary Essential Variable برای تست جوشکار استفاده می‌گردد:خیر فقط برای PQR استفاده می‌گردد و اگر PQR تست ضربه نداشته باشد

Supplementary Essential Variable اصلا مهم نمی باشد وبحث نمی گردد و به Nonessential Variable تبدیل می‌شود

سوال:چرا Supplementary Essential Variable برای تست جوشکار استفاده نمی‌گردد:چون واژه Supplementary Essential ،وقتی که تست ضربه نیاز باشد مطرح می‌گردد براساس ASME IX برای تست جوشکار،تست ضربه انجام نمی گردد ولذا Supplementary Essential Variable نیز برای تست جوشکار مطرح نمی گردد

تست MFL(نشت شار مغناطیسی)

میدان مغناطیس در قطعه توسط یک آهنربای دائمی ایجاد می‌شود(مغناطیس تا حد اشباع در قطعه

ایجاد می‌شود چون بتواند عیوب ریز را نیز دریافت بدارد و عیوبی که در سطوح زیر دستگاه MFL و یا سطوح مقابل قرار دارند را دریافت بدارد(در تست MFL کف مخازن،سطوحی که زیردستگاه MFL قرار دارند و سطوح مقابل توسط دستگاه MFL ،قابل Detect می باشند) بهمین دلیل قطعه باید بطور کامل مغناطیس گردد در تست MFL، خطوط میدان مغناطیسی در قطعه ایجاد می‌گردد حال اگر نشتی در قطعه باشد وخطوط میدان منحرف گردد این نشتی توسط سنسورها وحسگرهای مغناطیسی دریافت و پردازش می‌گردد

این روش بازرسی بر مبنای تاثیر عیوب برروی میدان‌های مغناطیسی اعمال شده توسط دستگاه MFL بر قطعه مورد آزمون می‌باشد بهمین دلیل تنها توانایی بازرسی موادی را دارد که خاصیت مغناطیس شدن داشته باشد این سیستم حاوی یک آهنربای بسیار قوی و یک مجموعه سنسورهای حسگر است

حسگرها عیوبی را که در شار مغناطیسی اختلال ایجاد کنند را تشخیص داده و ولتاژی به سیستم ارسال میکنند مقدار این ولتاژ ارسالی متناسب با میزان تغییرات شار مغناطیسی و بزرگی عیوب است

این روش عموما برای بررسی خوردگی پلیت‌های کف مخازن بکار میرود وهمانگونه که در شکل زیر نشان داده شده است در این روش، حالت جاروب کردن استفاده می‌گردد و سطح زیادی از پلیت یا لوله تست می‌گردد در حالیکه در UT Conventional (تست التراسونیک مرسوم)،تست بصورت نقطه ای انجام میگیرد

تست MFL کف مخازن

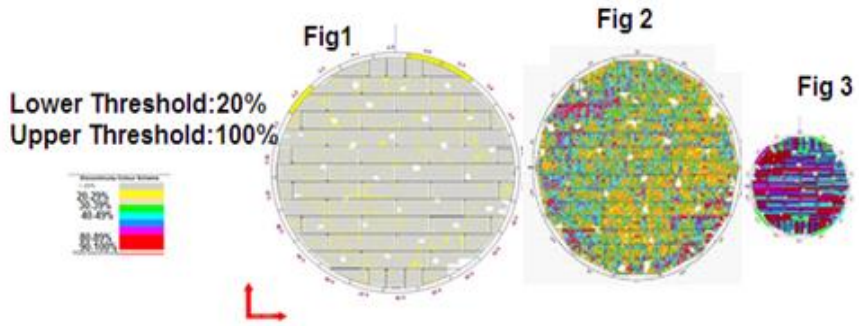
این روش برای خوردگی حفره ای پلیت ها و خطوط لوله نیز استفاده می‌گردد

بعد از انجام تست، نتایج علاوه بر CD کامپیوتری بصورت گزارش‌های چاپی تحویل کارفرما می‌شود در این گزارش عموما مبنای خوردگی پلیت ها بین-20% 100% ضخامت می‌باشد و در تنظیمات محدوده‌های خورده شده کمتر از20% عموما نشان داده نمی‌شود(بعبارتی نقاطی از پلیت که کاهش ضخامت بیشتر از20% باشد آن نقاط گزارش می‌گردند)

گزارش‌های MFL شامل چندین بخش می‌باشد که یکی از بخش‌ها نتایج کلی خوردگی ورق‌های کف مخزن می‌باشد، در اینحالت بزرگترین عمق خوردگی در هر ورق مشخص می‌گردد و با رنگ خاصی نمایش داده می‌شود گزارش ها بصورت پرینت ارائه شده و مقدار خوردگی هر پلیت کف مخزن مشخص می‌گردد وبرای هر پلیت محدوده کاهش ضخامت گزارش می‌گردد بعنوان مثال،50 پلیت در کف مخزن جوشکاری گردیده است در تست MFL پلیت شماره1 دارای 10 نقطه خوردگی یا کاهش ضخامت می‌باشد 5 نقطه دارای خوردگی 25 درصد می‌باشد 4 نقطه دارای خوردگی 92% می باشند 1 نقطه دارای خوردگی 65% میباشد بهمین ترتیب کاهش ضخامت مابقی پلیت گزارش می‌گردد)

کاهش ضخامت در تست MFL بصورت مجموعه ای از رنگ ها نشان داده می‌شود که این رنگه ها توسط دستگاه قابل تنظیم است بعنوان مثال،رنگ سبز نشان دهنده خوردگی در محدوده40-49% ضخامت قطعه می‌باشد یا رنگ قرمز خوردگی در محدوده 90-100% می‌باشد رنگ زرد، خوردگی در محدوده 20-29% می‌باشد بر روی هر پلیت این نقاط رنگی مشخص می‌گردند

گزارش(Fig 2)، که ورق هایBottom Plate کل مخزن با نقطه‌های رنگی که بیانگر میزان خوردگی می باشند مشخص می‌گردد، تعداد نقاط خوردگی در هرپلیت مخزن، حداکثرعمق خوردگی در هرپلیت نیز مشخص می‌گردد(نقطه‌های زرد، مقدار خوردگی 20-29%ضخامت ورق می‌باشند نقاط قرمز خوردگی در محدوده90-100% می‌باشد نقاط سبز خوردگی درمحدوده 40-49% می‌باشد که رنگ‌ها در مشخصات ذکر وتعریف می‌گردد ولذا در پلیت‌های مختلف، با نشان دادن رنگ‌های مختلف وتعداد نقاط، تراکم نقاط خوردگی و حداقل و حداکثر خوردگی در هر پلیتی مشخص می‌گردد یک پلیت ممکن است حاوی ده نقطه با رنگ‌های مختلف باشد که رنگ‌های مختلف بیانگر عمق خوردگی Pittingمی‌باشد ویا پلیتی ممکن است هیچگونه خوردگی در آن ایجاد نشده باشد لذا نقاط رنگی نیز در آن پلیت موجود نباشد حالت دیگر گزارش خوردگی برای هر پلیت می‌باشد برای هر پلیت،مقدار خوردگی نشان داده می‌شود بعنوان مثال،پلیت شماره4 مقدار خوردگی مقدار خوردگی 30-50% می‌باشد)



تست MFL نتایج و گزارش تست

این روش یک روش مغناطیسی است که برای شناسایی خوردگی معمولی(خوردگی های عمومی یا General Corrosion) و خوردگی حفره ای در سازه‌های فولادی استفاده می‌شود روش تست غیرمخرب نشت شار مغناطیسی، در سازه های فلزی به جهت امکان کاربرد وسیع آن در بسیاری از صنایع مادر و زیر

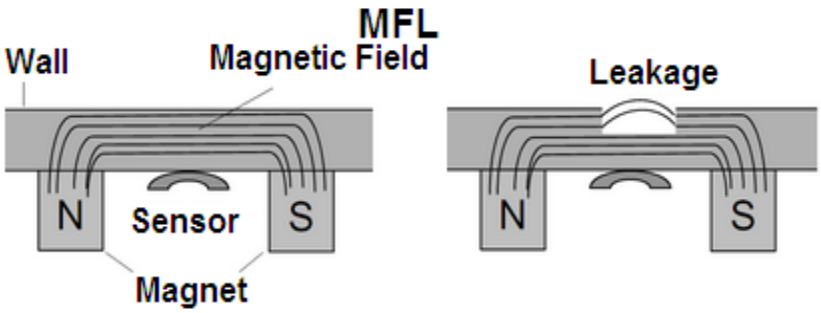
مجموعه های آنها مانند لوله های انتقال نفت وگاز و آب، مخـازن ذخیـره سـوخت هـای نفـت و گـاز و مواد پتروشیمی، خطوط ریلی راه آهن و... یکی از پرکاربردترین روش‌ها در تست غیر مخرب اسـت

در این روش نمونه فرومغناطیس توسط یک آهنربای قوی تا حد اشباع، مغناطیس شده و درموقعیت هایی که ترک و عیوب دیگر وجود دارد شار مغناطیسی به بیرون می‌جهد با اندازه گیری این نشتی شار، توسط حسگرهای میدان مغناطیسی، محل عیب مشخص می‌گردد

از این روش برای شناسایی عیوب خوردگی دور و نزدیک در قطعه استفاده می‌گردد لذا میدان مغناطیسی قوی باید در قطعه ایجاد گردد

تست MFL از دو آهنربای دائمی و چندین سنسور تشکیل شده است که درصد خوردگی آن در هر موقعیتی توسط نرم افزار مشخص می‌گردد درصد خوردگی از 20% و کمتر تا 100% با این روش مشخص می‌گردد

این روش یک روش مغناطیسی است که برای شناسایی خوردگی معمولی و خوردگی حفره ای در سازه های فولادی استفاده می شود. همچنین MFL روشی بسیار سریع و قابل اعتمادی برای شناسایی خوردگی موضعی در سطوح وسیع است و می‌تواند مکان و شدت نسبی خوردگی حفره ای را تشخیص بدهد



این روش بازرسی بر مبنای تاثیر عیوب بر روی میدان های مغناطیسی اعمال شده بر قطعه مورد آزمون ،پایه گذاری شده است وبه همین دلیل تنها توانایی بازرسی موادی را دارد که خاصیت مغناطیس شدن داشته باشند پایشگر این سیستم شامل یک آهنربای دائمی بسیار قوی و یک مجموعه حسگر است حسگرها عیوبی را که در شار مغناطیسی اختلال ایجاد میکنند را تشخیص داده و ولتاژی به سیستم ارسال میکند مقدار این ولتاژ ارسالی دقیقا متناسب با میزان تغییرات شار مغناطیسی و بزرگی عیوب است نرم افزار سیستم پس از فیلتر کردن اطلاعات ارسالی،گزارش وضعیت عیوب را بصورت تمام رنگی آماده می نماید

سرعت تست با این روش خیلی بالاست

در روش MFL وقتی نشت شار مغناطیسی بعلت کاهش ضخامت یا خوردگی وجود داشته باشد،حسگرها نشت شار را ثبت میکنند وقتی حسگرها(Sensor) دانسیته شار بالاتری را ثبت میکنند بیانگر کاهش بیشتر ضخامت ویا مقدار خوردگی بیشتر می باشد

عموما دو نوع سنسور Coil,Hall Sensor استفاده میگردند

در تست MFL علاوه بر ارائه کلی از خوردگی کف مخزن،مدارک مربوط به کاهش ضخامت یا خوردگی تک تک پلیت های کف مخزن نیز ارائه میگردد

بررسی خصوصیات ومزیت‌ها و معایب جوشکاری سربالا و سرازیر

جوشکاری بصورت عمودی یا Vertical که Progression یا پیشرفت جوشکاری ممکن است بصورت Uphill (سربالا)یا Downhill (سرازیر)باشد بنابراین Position(وضعیت)جوش بصورت Vertical(عمودی) بوده و پیشرفت یا Progression جوش بصورت Uphill(سربالا) یا Downhill(سرازیر) می‌باشد

مقایسه جوشکاری Uphill(Upward,Up) یا جوشکاری سربالادر مقایسه با جوشکاری Downhill(Downward,Down) یا جوشکاری سرازیر

سرعت جوشکاری Uphill کمتر از سرعت جوشکاری Downhill می‌باشد از طرفی هرچه سرعت جوشکاری کمتر، Heat Input بیشتر می‌باشد بنابراین مقدار Heat Input در حالت Uphill بیشتر از Downhill است

در حالت سرازیر که عموما درخطوط لوله استفاده می‌شود ظاهر جوش خوب نبوده واما چون این سرجوش‌ها عایق می‌گردند بنابراین ظاهر جوش مد نظر نمی‌باشد درحالیکه درپتروشیمیو پالایشگاه ظاهر جوش ازاهمیت خاصی برخوردار است خصوصا خطوطی که عایق نمی‌گردند این جوش‌ها درمعرض دید بوده لذا باید ظاهری خوب وتمیز داشته باشند در پالایشگاه و پتروشیمی از روش جوشکاری Uphill استفاده می‌گردد بهمین دلیل ظاهر جوش مناسب و تمیز است

رسوب جوش (Deposition Rate) در روش Uphill بیشتر از روش Downhill است

Heat. Input=f×V×I/S که f راندمان یا Efficiency می‌باشدکه به پروسه جوشکاری و نوع متریال بستگی دارد مقدار f در پروسه های GTAW،SMAW، SAWو... متفاوت می‌باشد V:ولتاژ، I:آمپر، وS همان Travel Speed یا سرعت جوشکاری می‌باشد لذا با کاهش سرعت جوشکاری،

مقدار H.Input طبق فرمول فوق، زیاد می‌شود زیادشدن H.Input یعنی بزرگ شدن ناحیه HAZ(Heat Affected Zone)، همچنین افزایش H.Input باعث ایجاد اعوجاج (Distortion) بیشتر می‌گردد بنابراین در حالت Downhill سرعت جوشکاری بیشتربوده بنابراین نفوذ جوش کمترمی‌باشد چون حرارت ورودی کمتر می‌باشد و حرارت کمتر یعنی نفوذ کمتر و همچنین اعوجاج کمتر (چون گرادیان حرارتی کمتر است وسرعت جوشکاری بالاتر است) البته در حالت Downhill احتمال حبس Slag یا گل جوش بیشتر است چون سرعت جوشکاری بالا بوده و فرصت بیرون آمدن Slag(سرباره یا گل جوش) کمتر می‌باشد

از روش Uphill برای جوشکاری خطوط High Temperature و High Pressure استفاده می‌شود(چون برای خطوط با فشار و دمای بالا،کیفیت جوش فاکتور بسیار مهمی بوده لذا از روش Uphill استفاده می‌گردد) و خطوط داخل پالایشگاه، پتروشیمی با روش Uphill جوشکاری می‌گردند وبرای جوشکاری خطوط لوله (Pipe Line) عموما از روش Downhill استفاده می‌شود و الکترودهایی همچونE6010,E7010-X,E8010-X, E9010-X و. . . بصورت Downhillاستفاده می‌شود(البته این الکتردها بصورت Uphill نیز استفاده میشوند

(E6010(SFA:5.1),E7010-X,E8010-X,E9010-X(SFA:5.5)

بنابراین تعیین مقدار حرارت ورودی با استفاده از رابطه زیر مشخص می‌گردد مقدار راندمان یا Efficiency برخی پروسه‌ها ی جوشکاری در زیر نشان داده شده است

$$HI = \eta AE,$$

$$AE = \frac{60VI}{1000v}$$

AE:Arc Energy عبارت است از حرارت تولیدی قبل از اینکه حرارت وارد قطعه شود و Heat Input حرارت ورودی به قطعه کار بیان می‌گردد ومقدار انرژی واقعی که به قطعه می‌رسد

Settlement Test

Settlement Test: تست ارتفاع فونداسیون پس از نصب (بعنوان مثال:یک مخزنی ساخته شده و برای هیدروتست آماده می‌گردد ابتدا نقشه بردار موقعیت فونداسیون را با دوربین نقشه برداری تعیین نموده سپس وقتی آب برای هیدروتست داخل مخزن ریخته می‌شود درارتفاع‌های مشخص مقدار Settlement ونشست مخزن اندازه گیری میشود)

فونداسیون تانک باید مطابق با نقشه های ساخت شیب داده شود

جهت جلوگیری از نشست آنی مخزن , میزان افزایش ارتفاع آب در مخزن باید بازای مقدار معینی باشد بعبارتی اندازه گیری Settlement براساس API 650 (7.3.6.5) قبل از آبگیری مخزن، در ارتفاع 1/4,1/2,3/4 و همچنین 24ساعت بعد از اینکه تانک تا ماکزیمم ارتفاع پر شده است اندازه گیری می‌شود البته براساس نیازمندیهای Purchaser زمان 24 ساعت ممکن است افزایش یابد بعد از تخلیه کامل مخزن، اندازه گیری Settlement باید انجام گیرد هدف از اینکار بررسی مقدار نشت مخزن می‌باشد

Brittle Fracture

در شکل زیر شکست بصورت Brittle Fracture در زمان هیدروتست اتفاق افتاده است شکست بصورت ناگهانی و سریع اتفاق می افتد در اینحالت شکست تحت تنش اتفاق می افتد تنش های خارجی یا تنش پسماند وقتی متریال دارای داکتیلیتی نبوده ویا اینکه داکتیلیتی خیلی کم می‌باشد بعبارتی مقدار Plastic Deformation خیلی کم ویا اینکه P.Def در زمان شکست، ایجاد نمی گردد حساسیت متریال به شکست ترد با افزایش فازهای ترد افزایش می یابد

اندازه سایز دانه (Grain Size) تاثیر بسزایی بر روی انرژی شکست(تافنس) و شکست ترد دارد

برای خیلی از متریال ها با کاهش دما،زیر دمای انتقال ،شکست تردBrittle Fracture اتفاق می افتد

در متریال های با ضخامت بیشتر،شکست ترد بیشتر می‌باشد بعبارتی متریال های با ضخامت بیشتر مقاومت کمتری در برابر شکست ترد از خود نشان می دهند چون متریال های ضخیم تر،مقدار Constraint(محدودیت،قید،مهار) بیشتر بوده و لذا تنش ها بصورت سه بعدی(سه محوری) در نوک ترک افزایش یافته و لذا احتمال شکست ترد در متریال ضخیم،بیشتر از متریال نازک می‌باشد

Thicker Material Sections also have a Lower Resistance to Brittle Fracture Due to Higher Constraint which Increase Triaxial Stresses at the Crack Tip

همچنین وقتی یک عیبی در قطعه وجود دارد شکل،ابعاد و تمرکز تنش عیب، تاثیر بسزایی در شکست ترد دارد.

شکست ترد ممکن است در زمان هیدروتست در دمای محیط بعلت تنش زیاد و تافنس کم در دمای تست اتفاق افتد

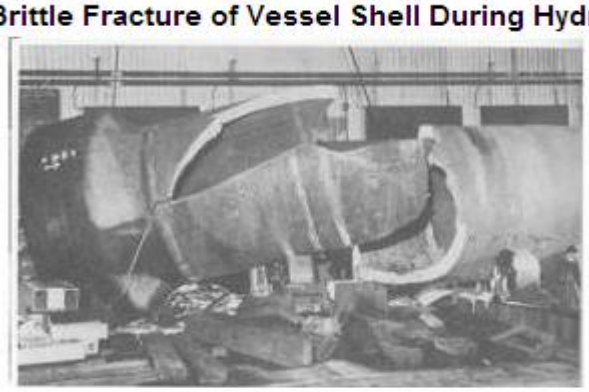
وقتی متریال برای دماهای خیلی پایین استفاده می‌گردد شکست ترد ممکن است اتفاق افتد با استفاده از عملیات حرارتی تنش زدایی،میتوان از شکست ترد جلوگیری نمود همچنین وقتی قطعاتی که تعمیر می‌گردند عملیات تنش زدایی یکی از بهترین راه کارها جهت جلوگیری از شکست ترد می‌باشد

متریال های BCC وقتی دمای تست ضربه زیر دمای انتقال Transition باشد شکست ترد اتفاق می افتد و متریال به ازای انرژی کمی شکسته می‌گردد متریال هایی که شکست ترد دارند مقدار Plastic Def خیلی کم می‌باشد

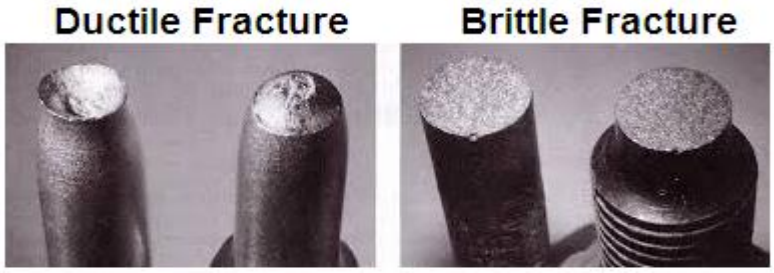
نرخ تنش اعمالی بالا(High Strain Rate)،تنش های چند محوری،وجود شیار های عمیق و تیز(Sharp) ،دمای پایین پارامترهای اصلی برای ایجاد شکست ترد می باشند یک متریال تحت تنش استاتیک ممکن است بصورت داکتیل شکسته گردد ولی همان متریال در حالت دینامیک ممکن است بصورت بریتل شکسته گردد لذا شرایط استاتیک ویا دینامیک برنوع شکست متریال تاثیر گذارند،حالت دینامیک ممکن است بصورت بریتل شکسته گردد لذا شرایط استاتیک ویا دینامیک برنوع شکست متریال تاثیر گذارند

عموما با افزایش استحکام وکاهش دما،شکست متریال بسمت بریتل پیش میرود(خصوصا متریال BCC)

شکل های زیر نمونه هایی از شکست ترد را نشان می‌دهند



سطح شکست در متریال ترد، درخشان می‌باشد و در متریال داکتیل سطح شکست، تیره(خاکستری) و بصورت Fibrous می‌باشد



Lined Pipe

Lined Pipe لوله‌های پوشش داده شده، پوشش دادن لوله‌های کربنی با ماده ای که بتواند در برابر مواد شیمیایی مقاومت کنند، لاینینگ پس از ساخت لوله‌های کربنی ایجاد می‌شوند پلی وینیل کلراید، پلی پروپیلن، بیشترین مواد پوشش کاری در لوله می‌باشند

بنابراین Lining برای مخازن و لوله ها، فیتینگ ها، تجهیزات استفاده می‌شود

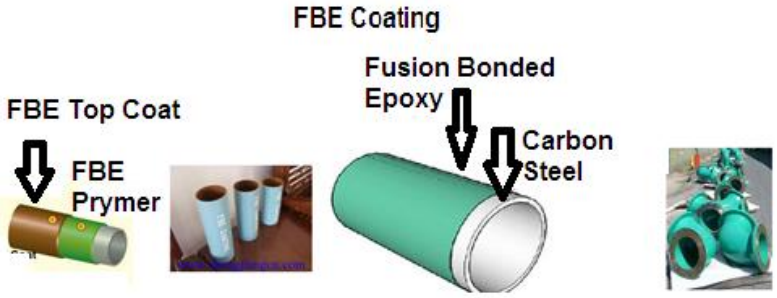
Lining ممکن است بصورت Internal /External باشد درشکل زیر External Rubber Lining نشان داده شده است

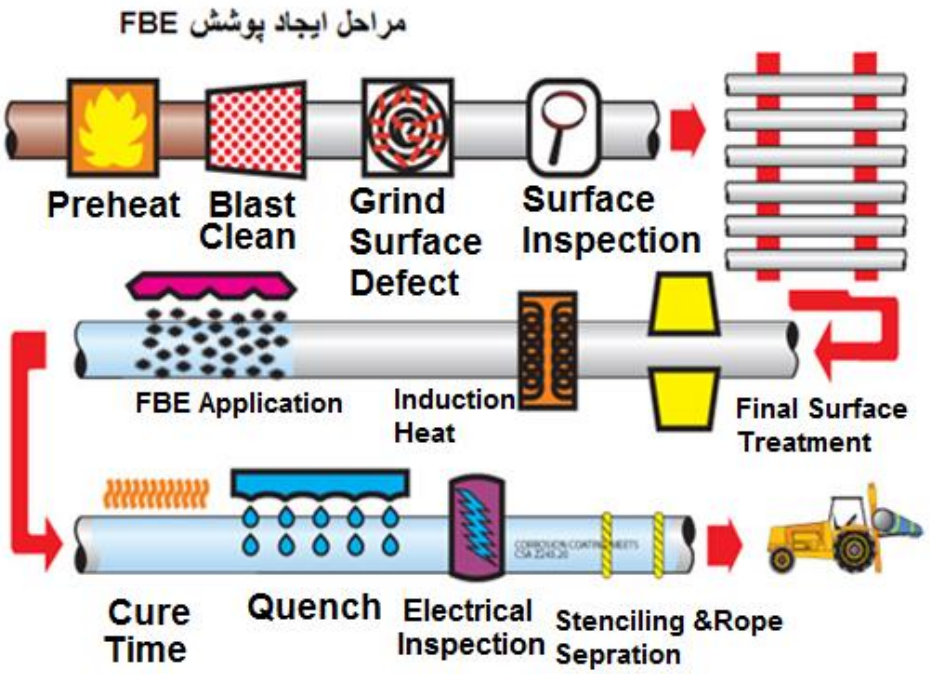
عملیات Lining

لوله با لایه سیمانی (Cement Lined pipe)

جدار داخلی بعضی از لوله‌ها را از سیمان می‌پوشانند که برای حمل سیال با قابلیت هدایت الکتریکی زیاد به کار می‌رود. از این لوله ها برای توزیع آب استفاده می‌شود

FBE:Fusion Bonded Epoxy پوشش‌هایی که بطریق الکترو استاتیکی و بصورت پودر برروی سطح اسپری می‌شود این پودرها با پاشش بصورت پودر مذاب درآمده و سریعا در سطح خشک شده و ضخامت لازم را ایجاد میکنند وبهمین دلیل به آنها پودرهای ذوبی میگویند که ایجاد باندینگ در سطح میکنند و همچنین به پوشش‌های پودری برپایه رزین اپوکسی(پوشش اتصال ذوبی) معروفند این پوشش‌ها برروی سطوح فلزی و غیرفلزی اعمال می‌شوند و دربرابر خوردگی مقاومند درمحیط‌های ترش از این پوشش‌ها برای لوله‌ها استفاده می‌گردد این پوشش‌ها دارای چسبندگی بالا به سطح قطعه، درجه انعطاف پذیری بالا، مقاوم در برابر دما و محیط‌های شیمیایی و مقاوم در برابر خوردگی می‌باشد این پوشش‌ها در برابر ضربه، جدایش کاتدی، تنش‌های خاک مقاوم بوده برای اعمال این پوشش‌ها در سطوح داخلی لوله، عموما لوله تا دمای معین پیشگرم شده سپس بعد ازاعمال پوشش FBE، عموما عملیات پسگرمی‌نیز انجام میگیرد مهمترین قسمت اعمال پوشش FBE در سرجوش هاست که با حساسیت ویژه ای انجام میگیرد نقش اصلی این پوشش‌ها محافظت ازخوردگی متریال می‌باشد (سطح فلز ابتدا پیشگرم شده و سپس ذرات پودر بصورت ذرات مذاب برروی سطح اسپری می‌گردند) امروزه پوشش پودری اپوکسی اتصال ذوبی دو لایه FBE، به‌روزترین سیستم پوشش دهی خطوط لوله است البته FBE ترکیبی از چهار ماده بشکل جامد شامل Resin,Hardener,Filler,Color Pigment می‌باشد که این مواد ترکیب شده،گرم شده و سپس بصورت Semi-Liquid ذوب می‌گردند سپس عملیات اکستروژن و رولینگ بر روی آنها انجام شده،نهایتا بصورت Sheet تولید شده که برشکاری شده و بصورت ذرات ریزی درامده و نهایتا بشکل پودر درمی آید حال اعمال پودر FBE بر روی سطح قطعه شامل سه مرحله می‌باشد مرحله اول تمیزکردن سطح متریال، بعد ازتمزکاری مناسب سطح، عملیات پیشگرم قطعه جهت اعمال پودرهای FBE باید انجام گردد(عملیات پیشگرم بدین منظور انجام می‌گردد تا پودرها بحالت مذاب بوده و به سطح قطعه کاملا بچسبند وعملیات گرم کردن ممکن است بصورت Induction Heating (گرم کردن القایی) ویا روش های دیگرهمچون Oven Heating,Inferared Heating نیز انجام گردد) و مرحله آخر اعمال پودرهای مذاب FBE برروی سطح قطعه که پودر اپوکسی توسط یک تفنگ الکترواستاتیکی برروی سطح اسپری می‌گردد پودرها یونیزه شده و سپس برروی سطح تخلیه می‌گردند و پس از چند ثانیه پودرهای مذاب بصورت جامد درآمده و به سطح می چسبد بعبارتی بعد از تخلیه پودر مذاب بر روی سطح و گذشت زمان کیورینگ و نهایتا توسط آب،کوئنچ می‌گردند



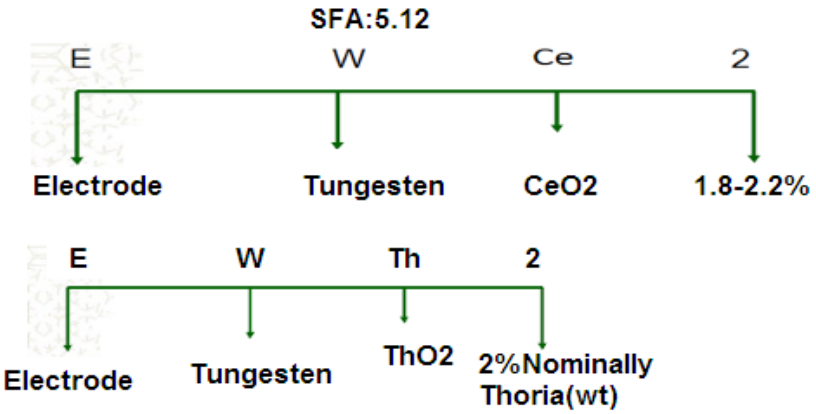


مراحل تولید لوله‌های با پوشش FBE

روش نامگذاری الکترودهای تنگستنی بر اساس استاندارد AWS

ابتدا حرفE به مفهوم الکترود سپس حرف W به مفهوم ولفرام یا تنگستن می‌باشد سپس نوع الکترود تنگستنی(Th:Thorium,Zr:Zirconium,P:Pure,Ce:Cerium,La:Lanthanum) استفاده می‌گردد نهایتا از یک عدد که نشان دهنده سطح ترکیب شیمیایی ویا براساس شکل 77-10 نشان دهنده درصد اکسید توریم، اکسید زیرکونیوم، اکسید سریم واکسید لانتانیوم می‌باشد درمواردی استفاده ازحرف G:General به منزله الکترود تنگستنی عمومی(General)می‌باشد نیز استفاده می‌گردد

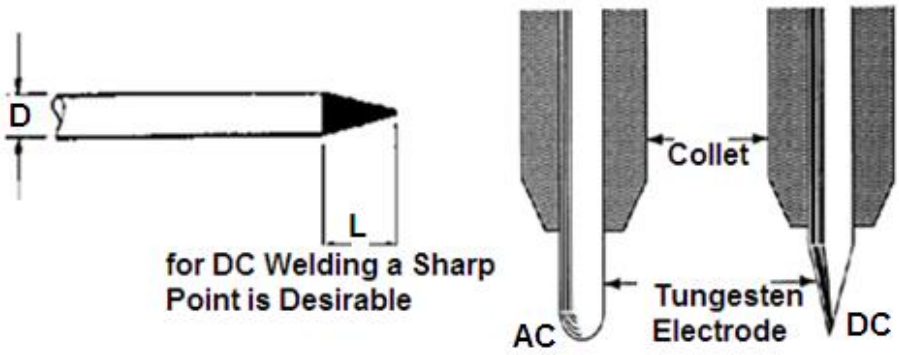
روش نامگذاری الکترودهای تنگستنی براساس استانداردAWS



نکته:تنگستن دارای نقطه ذوب بالایی بوده در دمای بالا هادی جریان الکتریکی می‌باشد ویکی از خصوصیات منحصر بفرد تنگستن،جوشکاری با قوس داغ می‌باشد

Tungesten Electrode Tapering

افزایش زاویه Taperنوک الکترود باعث افزایش نفوذ و کاهش پهنای جوش می‌گردد لذا Taper کردن نوک الکترود تنگستنی برای عبور بهتر جریان می‌باشد دلیل گرد شدن نوک الکترودتنگستنی در زمان جوشکاری، افزایش جریان به حدی است که باعث بالا رفتن دمای الکترود تنگستنی شده و سبب می‌گردد نوک الکترود تنگستنی ذوب گردد و قطرات کروی وکوچکی برروی الکترود تنگستنی شکل میگیرد برای جوشکاری با جریان AC نوک الکترود تنگستنی گرد می‌باشد



نوک الکترودهای تنگستنی

روش‌های گرد نمودن نوک الکترود تنگستنی، قوس بایدیک لحظه بر روی یک تکه زغال یا مس که با آب سرد می‌شود روشن گردد وضربه زند تا نوک آن به اصطلاح Balling (نیمه کروی)گردد(ضربه زدن قوس بر روی یک بلوک مسی که با آب خنک می‌گردد سبب می‌گردد نوک الکترودگردگردد ویا جریان قوس به قدری افزایش می‌یابد که نوک الکترود ازشدت حرارت سفید می‌شود سپس تنگستن ذوب شده و قطرات کوچکی روی نوک الکترود تنگستنی شکل می‌گیرند وبعد ازآن جریان کاهش یافته و سپس قطع می‌گردد و قطرات کروی کوچکی روی انتهای الکترود تنگستن باقی می‌مانندازه این قطرات نباید از1.5 برابر قطر الکترود تجاوزکند)

نوک الکترودهای تنگستنی که برای جوشکاری آلومینیوم بکار میروند(نوک الکترود تنگستنی که با جریان AC استفاده میشوندبصورت گرد و نیمه کروی است) باید گرد باشد الکترود تنگستن خالص EWP(Electrode Tungesten Pure) که عموما برای جوشکاری آلومینیوم بکار میرود عموما نوک آن گرد می‌باشد Tungsten Electrode عبارت است از الکترودهای تنگستنی غیر مصرفی(در حین جوشکاری الکترود تنگستنی ذوب نمی‌شوند وبهمین دلیل الکترود غیرمصرفی Nonconsumable نامیده میشوند)که در برخی پروسه‌های جوشکاری قوس الکتریکی (GTAW) ویا برشکاری استفاده می‌شوند وبه شکل هایی چون EWP,EWTH(2%),EWZr,EWCe و... استفاده می‌گردند وجود توریم، زیرکونیوم درالکترود تنگستنی برای افزایش عمر الکترود تنگستنی می‌باشد

بنابراین جوشکاری ذوبی FW(Fusion Welding) شامل جوشکاری با روش‌های Arc Welding(جوشکاری قوس الکتریکی)و جوشکاری ذوبی بدون استفاده ازقوس الکتریکی همچون

Oxy-Hydrogen Welding, OFW(Oxy Fuel Welding)، جوشکاری ترمیت (Thermit Welding)، جوشکاری لیزر(Laser Welding) وجوشکاری الکتراسلگ می‌باشد جوشکاری OFW جزء FW:Fusion Welding بوده ولیکن بعنوان جوشکاری EFW:Electric Fusion Welding محسوب نمی‌گردد

روش Oxyfuel Welding روشی که با استفاده از انواع گازهای سوختنی همچون، بوتان، پروپان، استیلن ،هیدروژن،گاز طبیعی، و... انجام می‌شود که مهمترین آن OAW(Oxy acetylene Welding) می‌باشد

سوال:آیا روش جوشکاری EBW،جوشکاری ذوبی محسوب می‌گردد:بلی این روش جوشکاری ذوب(FW) می‌باشد ولیکن جوشکاری بصورت قوس الکتریکی نمی‌باشد

سوال:آیا Stud Welding نیزبعنوان جوشکاری قوسی در نظر گرفته می‌شود:بلی

متریال Wrought یا کار شده،

در این حالت متریال ذوب نشده و تولید و شکل دادن متریال بصورت مکانیکی با روش‌هایی همچون فورجینگ، خم کاری، پرسکاری، Hammering، اکستروژن، نورد(Rolling)، Wire Drawing، و... بدون اینکه ذوبی درقطعه اتفاق افتد البته شکل دادن درحالت Wrought ممکن است بصورت Hot/Cold(گرم/سرد)باشد(نورد گرم Hot Rolled، نورد سرد Cold Rolled، فورج گرم و سرد Hot/Cold Forged، اکستروژن گرم، اکستروژن سرد) که شکل دادن گرم وسرد دارای معایب و ومزایایی می‌باشند

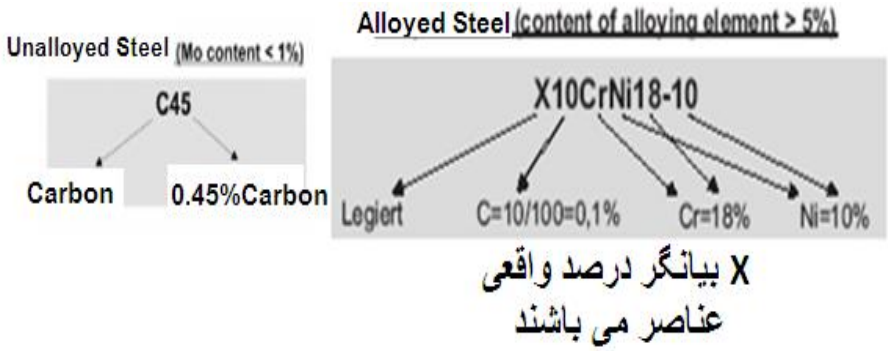
بنابراین متریال Wrought(کارشده) بصورت Hot Form و Cold Form تولید می‌شوند.

در روشCold Form قطعه عموما بدون ایجاد حرارت، تغییر فرم پلاستیک داده می‌شود ولی در روش Hot Formed ، استفاده از حرارت، باعث PlasticDeformation می‌گردد

Forgeability(قابلیت فورج متریال)در حالت Hot بمراتب بیشتر از Cold است

نامگذاری فولادهای آلیاژی وغیرآلیاژی

مثال:درصد عناصر درفولادX10CrNi18-10، شروع این فولاد با X بوده لذا درصد عناصرواقعی می‌باشد درحالیکه فولاد C45 فولاد غیر آلیاژی(فولاد کربنی)می باشد که حاویC0.45% می‌باشد



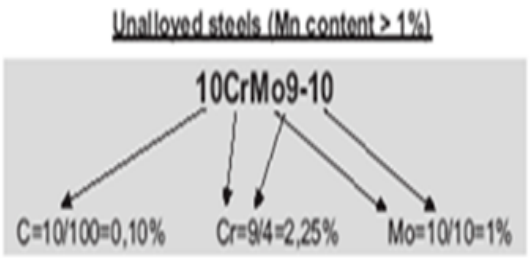
مثال:فولاد X6CrNiMoTi17-12 وجود حرف Xدر ابتدای نام فولاد به معنای واقعی بودن عناصر آلیاژی است این فولاد0.06%C,17%Cr,12%Ni و مقداری MoوTiنیز دارد کروم بیشترین درصد را داشته ابتدا نوشته شده، سپس نیکل، مولیبدون و...

مثال:فولاد X110Mn14 رقم بعد از X بیانگر درصد کربن میباشدX واقعی بودن عناصر آلیاژی را نشان می‌دهد

110/100=1.1%C,%Mn=14%

مثال: فولاد 13 CrMo 4-6 که درصدعناصراین فولاد عبارت است از: 0. 13%C,1%Cr,0. 6%Mo می‌باشد که درصد کروم Cr=4/4=1%٪ ودرصد مولیبدون براساس جدول فوق بصورت Mo=6/10=0. 6% می‌باشد

مثال:تعیین عناصر آلیاژی درفولاد با مشخصه 10CrMo9-10 درزیر نشان داده شده است

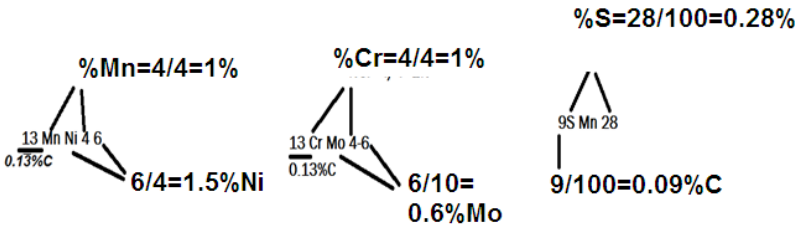


Element	Factor
Cr,Co,Mn,Ni,Si,W	4
Al,Be,Cu,Mo,Nb,Pb,Ta,Ti,V,Zr	10
C,Ce,N,P,S	100
B	1000

نامگذاری وتعیین درصد عناصر آلیاژی در فولاد

فولاد 13MnNi 4 6برای مخازن LPG استفاده می‌شود ترکیب این فولاد عبارت است از:

0.13%C,1%Mn,1.5%Ni



نامگذاری فولاد استنلس کارپذیر(Wrought) براساس استاندارد AISI

فولاد زنگ نزن XXX اگر اولین رقم 2 باشد یعنی استنلس آستنیتی منگنز دار و اگر 3 باشد استنلس آستنیتی نیکل دارمی‌باشد و اگر عدد اول 4 باشد فولاد زنگ نزن فریتی و مارتنزیتی می‌باشد عدد اول اگر5 باشد فولاد استنلس مارتنزیتی با کروم کم Low Cr می‌باشد و اگرعدداول 6 باشد فولادهای استنلس رسوب سخت شونده می‌باشند

فولاد زنگ نزن مارتنزیتی براساس AISI

403,410,414,416,416Se,420,420F,422,431,440A,440B,440C

فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی و فریتی جاذب مغناطیس بوده و تحت عنوان فولاد بگیر شناخته می‌شوند و فولادهایی که درصد نیکل بیشتر از6% باشد جاذب مغناطیس نبوده و تحت عنوان فولادهای نگیر شناخته میشوند(مثال: فولاد زنگ نزن آستنیتی)

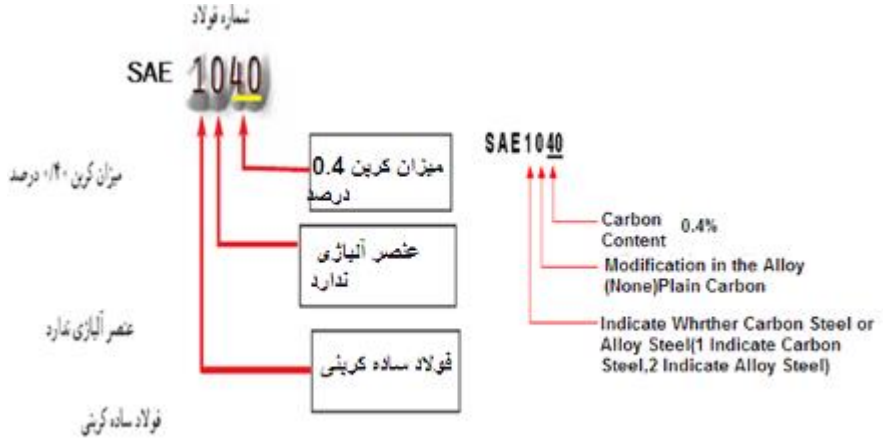
فولاد زنگ نزن فریتی براساس استاندارد AISI عبارتنداز:

405,409,429,430,430F,430Fse,434,436,442,446

نامگذاری فولادزنگ نزن مارتنزیتی براساس استانداردAISI،

براساس استاندارد AISI نامگذاری فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی، بصورت 4XX نشان داده می‌شوند و رقم اول(4)بیانگر فولاد استنلس فریتی یا مارتنزیتی است دورقم آخر ارتباطی با ترکیب شیمیایی یا پروسه ندارد البته دو رقم آخر نوع فولاد زنگ نزن مارتنزیتی یا فریتی را مشخص می نماید

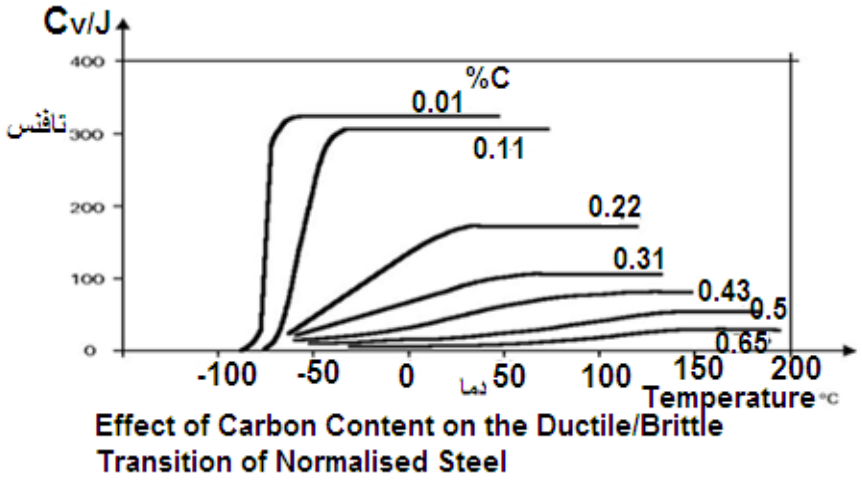
مثال:فولاد 1006براساس استاندارد SAE، دورقم اول 10 بوده که بیانگر فولاد کربن استیل و دورقم آخر 06، بیانگر مقدار کربن0.06%C می‌باشد وفولاد ساده کربنی می‌باشد



نمونه هایی ازنامگذاری فولاد براساس سیستم SAE

تاثیر مقدار کربن برانرژی ضربه

شکل زیر تاثیر مقدار کربن بر دمای DBTT نشان داده شده است با افزایش مقدار کربن فولاد،دمای انتقال افزایش می یابد لذا با افزایش کربن فولاد،تافنس کاهش می یابد



تاثیر دما، مقدار کربن برانرژی ضربه یا تافنس

تاثیر سایز(قطر)دانه بردمای انتقال وانرژی ضربه

با افزایش سایزدانه، تافنس یا انرژی ضربه کاهش می‌یابد،هرچه قطر دانه کوچکتر شود مقدار استحکام و تافنس افزایش می‌یابد عموما تافنس و استحکام عکس یکدیگر می باشند ولیکن در شرایط یکسان وبا یک استثنا ،با ریز شدن دانه بندی،تافنس و استحکام افزایش می یابند که دلیل این موضوع،کاهش قطر یا سایز دانه می‌باشد

تست LBW,EBW,FRW برای جوشکاری اتصالات Groove

وقتی جوش های لیزر،الکتروبیم و جوش اصطکاکی بصورت Groove Weld انجام می‌گردد شرایط تایید PQR,Operator بصورت زیر می‌باشد
براساس QW-362,QW-452 تست مکانیکی خمش جهت تعیین صلاحیت جوشکاران نیاز می‌باشد و چنانچه این تست قابل انجام نمی باشد تست ماکرو استفاده می‌گردد نمونه های تست ممکن است شامل Test Coupon ویا Production باشند چنانچه تست خمش بهردلیلی انجام نگیرد نمونه تست حداقل به دو نمونه Full Thickness Cross Scetion بریده شده وبعد از پوبیش،با محلول مناسبی،اچ می‌گردد در تست ماکرو،ناحیه جوش و ناحیه HAZ باید بطور کامل ذوب شده و عاری از ترک باشند
در حالیکه بر اساس QW-215 تست‌های مکانیکی بر روی PQR اتصالات Groove که با روش های EBW,LBW جوشکاری می‌گردند براساس QW-451 می‌باشد در QW-451 تست های کشش و خمش بر روی قطعه انجام می‌گردد همواره دو نمونه تست کشش و چهار نمونه تست خمش(تست خمش ممکن است بصورت Longitudinal ویا Transverse انجام گردد) بر روی PQR انجام می‌گردد

تست PT(تست مایع نافذ Penetrant Test)

تست PT نیز ممکن است به روش های Fluorsent,Visible Penetrant, Dual Mode تقسیم گرددواین تست Dye Check نیز نامیده می‌شود
تست PT که عموما در سایت‌ها انجام میگیرد شامل یک Penetrant (مایع نافذ) قرمز رنگ می‌باشد ابتدابا استفاده از Cleaner وپارچه تنظیف، سطح قطعه تمیز شده سپس با اعمال ماده Penetrant به سطح قطعه و زمان کافی (Dwell Time جهت نفوذ ماده)، ماده Penetrant براساس خاصیت مویینگی بداخل عیوب راه بدر ، نفوذ نموده ونهایتا با استفاده از ماده آشکارساز(Developer) که سبب بیرون کشیدن مایع نافذ از درون عیوب راه بدر می‌گردد موقعیت عیب مشخص می‌گردد.
قبل از اعمال ماده آشکارساز(Developer)، تمیزکاری برای جدا کردن مایعات نافذ اضافی از روی سطح انجام گرفته وعمل پاکسازی مایعات اضافه باید بگونه ای انجام شود که مایع نافذ ازدرون ناپیوستگیها خارج نشود. ونهایتا با استفاده ازDeveloper یا آشکارساز که سفید رنگ بوده و سبب بیرون کشیدن ماده قرمزرنگ Penetrant شده وبدین طریق، محل عیوب مشخص می‌گردند.
خاصیت مویینگی پدیده ای است که موجب می‌شود مایعات به داخل فضاهای تنگ نفوذ نمایناستفاده از دو رنگ سفید و قرمز جهت ایجاد کنتراست بهتر می‌باشد زمینه سفید ناشی ازDeveloper، که درصورت وجود عیوب راه بدر، لکه های قرمز رنگ مایع نافذ که نشان دهنده وجود عیوب می‌باشد در زمینه سفید کاملا قابل شناسایی است.
ماده ظهور(Developer) بصورت لایه ای برروی سطح، اسپری شده و سبب بیرون کشیدن ماده PT از عیوب گردیده و سبب قرمز شدن آن ناحیه می‌گردد بعد ازاتمام تست، قطعه تمیزکاری می‌شود البته PT(Fluorescent) نیز در برخی سایت‌ها استفاده می‌گردد برند مگنوفلاکس جهت انجام تست مایع نافذ تفریبا استفاده زیادی در صنعت دارد(این برند شامل مادهCleaner-Penetrant-Developer می‌باشد) بعد ازاتمام تست PT برروی متریال‌ها خصوصا متریال استنلس، عملیات تمیزکاری سطح جهت جلوگیری ازخوردگی، سریعا باید انجام گردد
هرچه نیروی مویینگی بیشتر باشد آنگاه: نیروی کشش سطحی کمتر، زاویه تماس کمتر و خیس کنندگی Wetability بیشتر خواهد بود
وقتی مایع نافذ برروی سطح اسپری می‌شود چون نیروی چسبندگی سطحی بین مایع و قطعه بیشتر از نیروی چسبندگی بین ملکول‌های مایع بوده و لذا مایع نافذ برروی سطح پخش شده و درمنافذ و عیوب نفوذ میکند
مایع نافذ برای نفوذ درعیوب سطحی، باید به مدت کافی روی قطعه باقی بماند استاندارد BS6443 این زمان را ده دقیقه در نظر گرفته است لذا زمان نفوذ (Dwell Time) به اندازه عیوب، نوع ماده نافذ تحت تست و نوع متریال بستگی دارد
واژه Dwell Time هم برای Penetrant و هم برای Developer استفاده می‌شود
سوال:زمان (Dewll Time) در تست PT برای متریال های مختلف : مطابق کد ASME V متناسب با نوع متریال و عیوب موردنظر، حداقل زمان جهت نفوذ مایع بدرون عیب برای متریال های مختلف براساس جدول زیر می‌باشد (این زمان درASTM E165 نیز نشان داده شده است) درصورتیکه زمان نفوذ مایع نافذ،کافی نباشد، مایع نافذ فرصت کافی جهت نفوذ در داخل عیوب بویژه ترک ها را نداشته و آزمون کارآیی خود را از دست خواهد داد همچنین پس از اعمال Developerباید مدت زمان کافی صرف شود تا مایع نافذ که در اثر خاصیت مویینگی بدرون عیب نفوذ کرده است بدرون Developer کشیده شود
تست PT بر روی فلزات،غیرفلزات،شیشه،سرامیک و...انجام میگیرد این تست برای شکل های پیچیده قابل استفاده بوده،روشی سریع می‌باشد عیوب ریز راه بدر قابل Detect (شناسایی) می باشند و هزینه این روش نیز پایین می‌باشد
اسپری PT باید در دامنه وسیعی از دما و رطوبت پایدار باشد و تشکیل کف ندهند همچنین مایع نافذ باید بسادگی از سطح قطعه شسته شده و درعین حال مقداری از آن که به درون عیب وارد شده نباید تحت تاثیر شستشوی آب قرار بگیرد

متدهای جدا کردن مایع نافذ اضافی از روی قطعه،جهت اعمال ماده Developer،بعبارتی مایع نافذ اضافی باید از روی سطح قطعه جدا گردد(بعد از اعمال مایع نافذ بر روی قطعه، وسپری شدن مدت زمان لازم،مایع نافذ اضافی باید از روی قطعه پاک شده تا ماده Developer بر روی سطح اعمال گردد) الف:چنانچه مایع نافذ اضافی روی سطح نمونه با آب شسته شود اینحالت Water Washable می‌باشد (مایع نافذ قابل شستشو با آب) ب:اگر مایع نافذ اضافی قابل حل شدن در یک حلال بوده وبدین طریق جدا گردد (Solvent Removeable Penetrant) نامیده می‌شود در اینحالت اگر مایع نافذ، قابل شستشو در آب نباشد از یک حلال مناسب استفاده می‌گردد حلال سبب حل نمودن مایع نافذ اضافی شده و سپس مایع نافذ از روی سطح برداشته می‌شود(در اینحالت ماده نافذ حاوی ترکیبات نفتی غیرقابل حل در آب است و مرحله برداشتن آن پس از زمان نفوذ ، بوسیله ماده حلال(تینر) انجام میگیردویا ج: از امولسیون ساز جهت جدا نمودن مایع نافذ اضافی استفاده می‌گردد اینحالت (Post Emulsifiable) نامیده می‌شود(این نوع ماده نافذ بعلت دارا بودن ماده شیمیایی هیدروفیلیک ولیپوفیلیک،قابل شستشو با آب نبوده وپس از اتمام زمان نفوذ،برای برداشتن مایع نافذ اضافی باید ماده معلق کننده نیز به ماده نافذ افزوده گردد)

سوال:انواع روش ماده نافذ

انواع مواد نافذ برای روش فلورسنتی و روش مرئی

۱ - ماده نافذ قابل شستشو با آب Water Washable Penetrant

۲ - ماده نافذ قابل استفاده با امولسیون (معلق ساز) Post-Emulsifiable Penetrant

۳ - ماده نافذ با حلال مخصوص Solvent- Removable Penetrant

آزمایش مواد نافذ

الف - **مواد نافذ رنگی** Visible Liquid Penetrant

ب - **مواد نافذ فلورسنتی** Fluorescent Liquid Penetrant

سوال:آیا وجود روغن،گریس،آلودگی سطحی و سطوح رنگ شده مانع تست PT می‌گردد:سطوحی که رنگ زده شده نمی تواند تست PT گردد همچنین وجود آلودگی سطحی باعث بستن منافذ می‌گردند

اسپری Developer، این اسپری عکس خاصیت مویینگی را دارد و باعث می‌شود که مایع نافذ که در ترک‌ها نفوذ کرده با این اسپری خارج می‌شود.نقش Developer (آشکارساز) که باعث بیرون کشیدن مایع نافذ از ترک وعیوب می‌گردد بعبارتی عکس خاصیت مویینگی عمل می‌کند

عموما Developer شامل گروه های Dry Powder,Water Soluble,Water Suspendable و یا بصورت Nonaqueous استفاده می‌گردد که Nonaqueous به دو نوع فلورسنتی و Visible Dye دسته بندی می‌گردد

مراحل عمومی‌انجام تست مایعات نافذ را می‌توان به شش مرحله تقسیم کرد:تمیزکاری اولیه، اعمال مایع نافذ، برداشتن مایع نافذ اضافه، اعمال Developer(آشکارساز)، تفسیر، پاکسازی نهایی سطح ازمواد تست،

بنابراین سه اسپری Cleaner (اسپری تمیز کننده) واسپری Penetrant (مایع نافذ) وDeveloper (آشکار ساز) در تست PT استفاده می‌شود

بعضی از مایع‌های نافذ (penetrant) نیازی به اعمال اسپری Developer ندارند(مانند برخی از انواع فلوروسنت) .

ترک ها، حفرات گازی، ترک‌های خستگی، عدم اتصال بین مواد در این تست مشخص می‌گردند(عیوب باید راه بدر باشند) ترک‌های با عمق کم شاید کاملا مشخص نگردند همچنین این روش برای قطعاتی که Porous (متخلخل) بوده و سطحی خشن دارند قابل استفاده نمی‌باشد

ماده نافذ به دلیل خاصیت موئینگی، به داخل ناپیوستگی‌های سطحی نفوذ می‌کند. خاصیت موئینگی، پدیده ای است که موجب می‌شود مایعات به داخل فضاهای تنگ نفوذ کنند

مواد Penetrant شامل روش فلورسنتی،و روش مرئی دسته بندی می‌گردد ماده Penetrant درروش نور مرئی برنگ قرمز می‌باشد در حالیکه ماده Penetrant در روش فلورسنتی عموما دارای رنگ های زرد،سبز و...می باشد(در روش فلورسنتی،ابتدا ماده نافذ حاوی مواد فلورسنت به سطح قطعه اسپری شده سپس زمان کافی جهت نفوذ Penetrant اعمال گردیده ونهایتا از اسپری(Developer) آشکارساز برای بیرون کشیدن مایع نافذ استفاده می‌گردد سپس قطعه زیر نور ماورا بنفش(UV) برای یافتن عیوب،بررسی می‌گردد

تست PT با روش فلوئورسنت:در اینحالت اسپری نفوذ کننده از نوع فلوئورسنت می‌باشد وهنگام بازرسی باید ازلامپ اشعه ماورا بنفش(UV) استفاده گردد در این روش عیوب بصورت رنگ فسفری زیر نور اشعه ماورا بنفش مشخص می‌گردند این روش حساسیت بیشتری در مقایسه با روش مرئی دارد

اسپری PT باید قابلیت ترکنندگی خوبی برروی سطح داشته باشد، اسپری مایع نافذ درمحدوده ای ازدما و رطوبت باید پایدار بوده و تشکیل کف ندهد، مایع نافذ باید دارای سیالیت مورد قبول باشد، دارای فراریت پایینی باشد

موادPT برای بازرس و متریال ضرر نداشته باشند وبا فلزپایه واکنش ندهند(البته برخی از این مواد ممکن است سمی باشند)

اسپری PT (مایع نافذ) درمحدوده ای ازدما و رطوبت باید پایدار باشد و تشکیل کف ندهد

بنابراین کشش سطحی، خاصیت Wetability، سیالیت و ویسکوزیتی(ویسکوزیته پایین سیالیت بالا) و خاصیت مویینگی از اهم خصوصیات مایع نافذ می‌باشد

قابلیت حل کنندگی مایع نافذ: در صورت لزوم اسپری PT باید بتواند با انحلال موادآلاینده، از میان آنها راه را باز کرده و عیوب را پر نماید(وارد عیوب گردد)

هنگام بازرسی قطعات کوچک با تعداد زیاد، از روش غوطه وری در مخزن حاوی مایع نافذ، استفاده می‌گردد

درزیرانواع Penetrant (مایع نافذ) نشان داده شده است

Visible/water – washable,Visible/solvent – removable,Visible/post – emulsifiable,
Fluorescent/water – washable,Fluorescent/solvent – removable,Fluorescent/post – emulsifiable

انواع اسپری مایع نافذ، چنانچه مایع نافذ مرئی با آب شسته گردد تحت عنوان Visible Water Washable نامیده می‌شود چنانچه مایع نافذ مرئی قابل شستشو با حلال باشد تحت عنوان

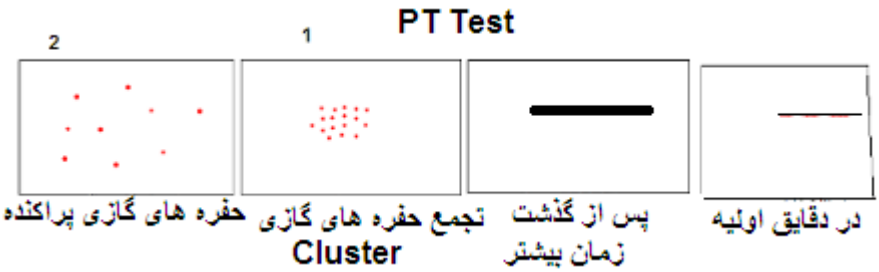
Visible Solvent Removable نامیده می‌شود (اینحالت مواد نافذ پایه روغنی دارند که در آب حل نمی‌شوند) چنانچه مایع نافذ فلوئورسنتی قابل شستشو در آب باشدFluorescent/water – washable نامیده می‌شود چنانچه مایع نافذ فلوئورسنتی قابل شستشو در حلال باشد – Fluorescent/solvent removable نامیده می‌شود چنانچه مایع نافذ مرئی/فلورسنتی، پس از امولوسیون سازی، قابل شستشو در آب باشد تحت عنوان Visible/ Fluorescent post – emulsifiableنامیده می‌شود

مثال:در شکل 1 لکه های ریز که بیانگر حفره های گازی خوشه ای (Cluster) بوده وشکل 2 حفره های گازی پراکنده می‌باشد وقتی عمق عیب کم باشد و عیوب سطحی باشد ماده Penetrant سریعا جذب ماده آشکارساز می‌گردد ودانه های ریز بلافاصله در سطح قطعه نمایان می‌گردند

چنانچه دانه های ریزی که بتدریج وبا تاخیر در سطح نمایان می‌گردند چنین علائمی در نتیجه خروج ماده نافذ از حفره های گازی لوله ای شکل (Pin Holes) ویا حفره های توخالی (Cavities) در قطعات ریخته گری بوجود می آیند که عمق زیادی دارند وبه تدریج به سطح کشیده می‌شوند

همچنین خطوطی که بلافاصله و در زمان کوتاهی در سطح قطعه نمایان می‌گردند چنین خطوطی نشان دهنده شیارها و ترک های بسیار کم عمق می باشند که فضایی برای حفظ ماده نافذ نداشته وسریعا جذب ماده ظاهرساز می‌گردند

خطوطی که بتدریج و تاخیر در سطح قطعه نمایان می‌گردند نشان دهنده ترک های عمیق می باشند که ماده نافذ به درون آنها رسوب کرده و تحت اثر ماده ظاهرساز،به آرامی در سطح کار نمایان می‌گردند



سوال:ساخت نمونه های نشانگر در تست PT: جهت اطمینان از توانایی ماده نافذ و آشکارساز در نشان دادن عیوب،باید مرجعی بعنوان نمونه نشانگر Indicator (Test Block) در اختیار قرار گیرد که با روش های حرارتی ،ترک های زیادی در قطعه ایجاد نموده و سپس قطعه با روش PT ،تست می‌گردند(قطعه ای فولادی Oil Quenched Tool Steel تا دمای 813°C گرم شده و بلافاصله در محیط سرد،سریعا سرد می‌گردد ویا قطعه ای از جنس Al 2024 تا دمای 510°C گرم شده و بلافاصله در آب سرد غوطه ور شده(سریع سرد گردد) تا ترک ها در قسمت های مختلف قطعه ایجاد گردد و با انجام تست PT و مشخص نمودن موقعیت ترک ها،از توانایی مواد نافذ و آشکارساز اطمینان حاصل می‌گردد

سوال:انواع تست مایع نافذ:براساس ASTM E165آزمایش مایع نافذ در دو کلاس

Visible Liquid PTمواد نافذ رنگی(تست در نور محیط یا نور مرئی انجام می‌گردد)

وFluorescent Liquid PT (مواد نافذ فلورسنتی)

یکی از روش ها جهت برداشتن مایع نافذ اضافی از روی سطح،شستشو با آب است که روش های شستشو شامل استفاده از پارچه تنظیف مرطوب،تمیز کردن با استفاده از اسپری ،استفاده ازآب با فشار تقریبی 20Psi و زاویه کمتر از45 Deg بطوریکه آب وارد سوراخ ویا عیوب نگردد چون سبب خروج مایع نافذ می‌گردد

نکته:ماده نافذ فلورسنتی نیز همانند ماده نافذ رنگی با روش های قابل شستشو با آب،قابل امولسیون،وقابل پاک شدن با حلال از روی سطح جدا می‌شود

خصوصیات آشکارساز(Developer) در تست PT:آشکارساز نباید شامل افزودنیهای مضر ویا سمی برای اپراتور باشد،باید کنتراست مناسبی ایجاد نماید،باید حداکثر ماده Penetrant را خارج نماید،باید تشکیل یک لایه نازک و یکنواخت بر روی سطح ایجاد نماید،بعد از بازرسی به آسانی از روی سطح جدا گردد،به آسانی قابل اعمال باشد،بدبو نباشد،به آسانی سطح قطعه را بپوشاند،خاصیت جذب کنندگی خوبی داشته باشد(ماده Penetrant را جذب نماید)

نکته:وقتی ماده Penetrant فلورسنت می‌باشد ماده آشکارساز نباید از ماده فلورسنت باشد

نکته:یکی از پارمترهای مهم در تستPT، ضخامت لایه آشکارساز می‌باشد چنانچه ضخامت لایه آشکارساز زیاد باشد ممکن است برای عیوب ریز، چون مقدار مایع نافذ کم می‌باشد و به اندازه ای نیست که بتواند از لایه ضخیم ماده آشکارساز عبور نماید وبه سطح برسد که اینحالت میتواند سبب بروز خطا گردد

سوال:Dwell Time: مدت زمان کافی جهت نفوذ ماده نافذ به درون منفذها و درزها،زمان نفوذ بیان می‌گردد

سوال:چرا ترک های SCC,Fatigue Crack با تست PT قابل Detect(کشف،یافتن) می باشند:چون این ترک ها از سطح شروع می‌شوند لذا با تست PT قابل Detect می باشند

نکته:ترک های سطحی و منافذی که با چشم عادی قابل رویت نمی باشند بوسیله تستPT شناسایی می‌گردند فولادهای آستنیتی و فلزات غیرآهنی که با روش تست ذرات مغناطیسی قابل آزمایش نیستند با روش تست PT ارزیابی می‌گردند

نکته:در خصوص بررسی وتفسیر تست مایع نافذ به روش فلورسنتی که زیر نور ماورا بنفش انجام میگیرد،طول موج نورUV بسیار مهم است نور ماورا بنفش با طول موج های کم روی بافت های چشم اثر مخرب دارد وهمواره باید از چراغ های مولد نور ماورا بنفش با فیلترهای استاندارد که طول موجی بزرگتر از3500 آنگستروم تولید میکنند استفاده نمود

نکته:چنانچه روش های زیر به منظور آماده سازی سطوح قبل از تست PT انجام گیرد سبب مسدود شدن دهانه منفذهای کوچک،کم عمق و کم عرض می‌گردد واستفاده از روش های زیر توصیه نمی شود(Wet Blasting Shot,Dry Blasting Grit,Grinding,Wire Brushing،سمباده زنی،تراشیدن و فلز برداری با قلم (Scraping)

روش های تمیزکاری قبل از انجام تست مایع نافذ

لذا روش هایی همچون High Pressure Water High Pressure(شستشو با فشار آب)،Steam

(شستشو با فشار بخار)،روش التراسونیکی(در این روش قطعات در ظرف مخصوصی که محتوی آب و نوعی حلال است قرار گرفته و از طریق ارتعاش کف ظرف و انتقال امواج به قطعات،رسوبات و چسبندگی ها از سطح جدا می‌گردند)،استفاده از مواد شیمیایی(از مواد قلیایی واسیدی برای برطرف نمودن زنگ زدگی،مواد روغنی وآلودگی سطحی استفاده می‌شود)،روش استفاده از مواد حلال(Solvent Method) در این روش به کمک مواد حلال،مواد آلوده و کثیف روی سطح، حل شده و قابل شستشو با آب می‌باشد

سیستم همراه با امولسیون سازی (post emulsifier)

اگر آشکارسازی عیوب کوچک سطحی ضرورت داشته باشد معمولاً از مایعات با حساسیت زیاد که با آب شسته نمی شوند استفاده می شود. این قبیل نافذها دارای پایه روغنی بوده و پاک کردن آنها احتیاج به انجام یک مرحله اضافی، یعنی امولسیون سازی، دارد(چنانچه مایع نافذ اضافی توسط آب ویا حلال از روی سطح جدا نگردد چون مایع نافذ دارای پایه روغنی بوده، لذا از ماده امولسیون ساز استفاده می‌گردد) ماده امولسیون ساز بعد از اعمال ماده نافذ و گذشت زمان کافی برای جذب آن در عیوب، افزوده میشود. مزیت اصلی این سیستم این است که ماده امولسیون ساز باعث حل شدن مازاد ماده نافذ در آب شده و شستشو با آب را امکان پذیر می کند. در صورتیکه فرآیند کار دقیقاً کنترل شود، ماده نافذ درون عیوب دست نخورده مانده و معمولاً عیوب کوچکی که، اغلب به خاطر شسته شدن ماده نافذ قابل تشخیص نیستند، با بکارگیری این روش قابل رویت خواهند بود(بنابراین ماده امولسیون ساز،سبب می‌شود تا ماده نافذ در آب حل گردد بعبارتی با اضافه نمودن ماده امولسیون ساز وترکیب با ماده نافذ اضافی،سبب می‌گردد ماده نافذ در آب حل گردد)

چنانچه مایع نافذفلوئورسنت، قابل شستشو پس از امولسیون سازی باشد تحت عنوانFluorescent/post – emulsifiable نامیده می‌شود

روش Post Emulsifiable به دو روش هیدروفیلیک و لیپوفیلیک انجام می‌گردد (Lipophilic,Hydrophilic)

دو فاکتور دما وDewll Time باید در تست PT مد نظر باشد(دمای قطعه کار، چنانچه دمای قطعه بالا باشد سبب بخار شدن مایع نافذ می‌گردد)

لذا تست PT:Penetrant Test/LPI:Liquid Penetrant Inspection/DPI:Dye Penetrant Inspection نیز نامیده می‌شود

FDPI: Fluorescent Dye Penetrant Inspection تست PT با روش فلورسنت می‌باشد

تست PT ممکن است بصورت های Immersion,Spray,UV Light(غوطه وری) انجام گردد

عمق عیب با روش PT قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد عیوب بسیار کم عمق به سختی قابل تشخیص هستند عیوب ترک مانند که بسیار باریک هستند، و زمانی که تحت تأثیر نیرویی قرار گیرند که موجب بسته شدن آنها گردد با این روش به سختی قابل تشخیص می‌باشند

بنابراین اساس این روش مبتنی بر قابلیت نفوذ برخی مایعات با استفاده از خاصیت مویینگی در داخل ترک‌ها وعیوب راه بدر نازک می‌باشد این مایعات دارای کشش سطحی کم و قابلیت ترکنندگی خوبی نسبت به ماده آزمایش شونده دارند

تست با استفاده از مایع نافذ با استفاده از روش هایی همچون مالیدن، پاشش(Spray)، غوطه وری(Immersion)، ریختن،Brushing انجام میگیرد

بنابراین یکی از معایب روش PT، با روش مایع نافذ، عیوب کم عمق به سختی پیدا میشوند

مواد نافذ ازلحاظ رویت(Visible) به دو گروه قابل رویت با نور مرئی، قابل رویت با نور فلوئورسنت دسته بندی می‌گردند

تست PT برای انواع فلزات اعم ازمغناطیس یا غیرمغناطیس استفاده می‌گردد

عموما سه نوع Developer (آشکار کننده یا ظاهرساز که شامل الف: آشکارساز خشکDry Developer (آشکارسازهایی به شکل پودر که عموما سفید رنگ بوده دارای حساسیت پایینی بوده ولیکن کم هزینه و سرعت کار بالا می‌باشد)،ب:آشکار کننده تر که در آب حل شده (Water Soluble)ویاج:آشکار کننده هایی که بصورت معلق درآب می‌باشند که ذرات آشکارساز در آب محلول نبوده و بصورت معلق درآب می باشند که این نوع آشکارسازها قبل از اعمال، باید کاملا بهم زده شوند (این آشکارسازها بصورت Wet استفاده می‌گردند) (Water Suspendable)، وبرخی آشکار سازها که بصورت غیرآبی (Nonaqueous Developer) می باشند که ماده(ذرات) آشکارساز در داخل یک حلال فرار معلق می‌شود و از یک تفنگی جهت اعمال این اسپری بر روی سطح استفاده می‌گردد این آشکارسازها بصورت مرطوب وبدون استفاده از آب بکار میروند واز یک حلال فرار استفاده می‌گردد) استفاده می‌گردند(حساسیت روش فلورسنت بیشتر از روش Visible می‌باشد)

آشکارکننده‌های فلوئورسنتی شامل:

Dry Developer(Powder Type),Aqueous Developer(Water Suspension Type),Solvent Developer می‌باشد که سبب بیرون کشیدن ماده Penetrant از داخل عیب می‌گردد

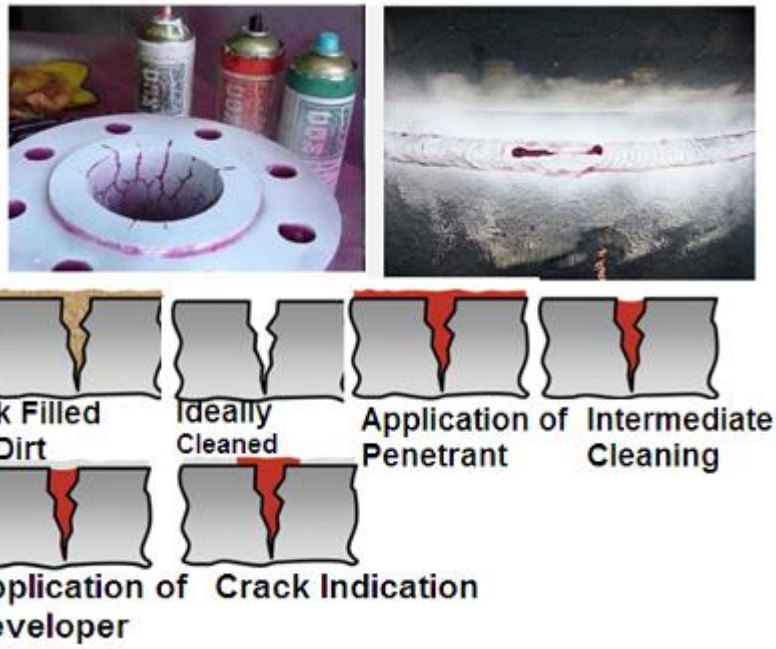
بنابراین انواع آشکارساز(Developer) در تست مایع نافذ شامل:

Dry Developer,Water Soluble Developer,Plastic Film Developer,Nonaqueous Developer,Water Suspendable(Wet Solvent) که بصورت اسپری،

غوطه وری،Fluidized Bed وDust Cloud(Air Agitation) اعمال می‌گردد

بنابراین آشکارساز(Developer) علاوه بر روش Visible در روش فلورسنت نیز در تست PT استفاده می‌گردد(برخی از فلورسنت ها نیاز به آشکارساز ندارند) بعد ازاینکه سطح نمونه تمیز و خشک گردید ماده PT برروی سطح اعمال گردد(2) سپس ماده امولوسیون بالای سطح ماده PT اعمال می‌گردد(3) سپس ماده PT در ماده امولوسیون حل می‌گردد(4) با اسپری آب، مابقی ماده امولوسیون از روی سطح جدا گردد(5) اعمال ماده آشکارساز(Developer) جهت بیرون کشیدن ماده PT از داخل عیب(6)، استفاده ازنور سیاه که مواد فلورسانس در زیر این نور، شروع به درخشش میکنند(7) نهایتا تمیزکاری سطح

در شکل زیر نمونه ای از تست PT و همچنین مراحل انجام این تست نشان داده شده است



مراحل تست مایع نافذ

قوانین SCH

نکته: به لوله‌های ضخامت بالا نظیر Sch 120,140,160,XXS لوله‌های Heavy Wall نیز گفته می‌شود.

مثال:براساس Asme(B36.10M,B36.19M)، لوله‌های با سایز("10≤NPS≤"1/8)، بازای قطر یکسان، ضخامت STD=Sch40 می‌باشند.

Pipe/Tube With(1/8"≤NPS≤10")→Thk(STD)=Thk(Sch40)

Thk(10" STD)=Thk(10" Sch 40)=9.27mm و Thk(4" STD)=Thk(4" Sch 40)=6.02mm

براساس Asme (B36. 10M,B36. 19M)، لوله‌های با سایز "NPS≤10 بازای قطر یکسان، همواره ضخامت Sch 40=Sch40S=STD می‌باشد

مثال:Thk(NPS:6" Sch 40)=Thk(NPS:6"Sch 40S)=Thk(NPS:6"STD)=7.11mm

براساس Asme(B36.10M)، لوله‌های با سایز "NPS≤6، همواره ضخامت XXS=2XS می‌باشد

مثال:چنانچه ضخامت لوله کربن استیل (4" XXS)، برابر با17.12mm باشد ضخامت لوله (4" XS) را تعیین کنید(لوله بصورت Wrought تولید شده است)

لوله‌های با "NPS≤6، همواره ضخامت Thk(XXS)=2Thk(XS)می‌باشد بنابراین ضخامت لوله 4" XS برابربا 17.12/2=8.56mm می‌باشد

براساس Asme(B36.10M)، لوله‌های با سایز "NPS>10، تمامی‌لوله‌های STD، دارای ضخامت 3/8"(9.53mm) می‌باشند.

مثال:Thk (6" Sch 160) =18.26mm,Thk(6" XXS)=21.95mm و Thk(10" XXS)=25.4mm,Thk(10" Sch 160)=28.25mm

بنابراین در لوله‌های با سایز "NPS: 1/8" To 6، بازای قطر یکسان، ضخامت XXS همواره بیشتر از Sch160 می‌باشد

برای لوله‌های با قطر بزرگتر از "12 همواره رابطه زیر برقرار است:

OD=NPS و ID+2T=OD یا ID+2T=NPS (که T ضخامت لوله می‌باشد)

برای لوله‌های با قطر"OD≤12 همواره رابطه زیر برقرار است ID+2T=OD,OD>NPS

مثال:قطر داخلی لوله "4 با OD=114.3mm و Thk=6.11mmرا محاسبه نمایید :منظور از لوله "4، همان"NPS=4 می‌باشد

OD=ID+2Thk Then 114.3mm=ID+2*6.11mmThen ID=102.2mm

مثال: قطر داخلی لوله XS"18را محاسبه نمایید : برای لوله‌های بزرگتر از "12، همواره NPS=OD می‌باشد از طرفی لوله‌های با سایز"8≥NPS، ضخامت XS=12.7mm می‌باشد

لذا "OD=ID+2T Then 18"=ID+2*(12.7)Then ID=16.992 می‌باشد

NPS یا Nominal Pipe Size که قطر اسمی‌لوله می‌باشد که براساس North American (آمریکای شمالی)بوده وبا واحد Inch مشخص می‌گردد. بطور مثال لوله "6، قطراسمی یا NPS لوله"6 می‌باشد، لوله "10 قطر اسمی‌یا NPS لوله، "10 می‌باشد

OD عبارت است از Out Side Diameter ، برای لوله‌های با سایز کمتر از "12، همواره OD لوله بیشتر از NPS می‌باشد

اساس اریفیس اختلاف فشار است که ایجاد اختلاف فشار با استفاده از یک پلیت اریفیس وبا تغییر قطر (در واقع فلو تغییر نکرده)که سبب تغییر سرعت می‌گردد انجام میگیرد با تغییر سرعت سیال، مقدار فلو اندازه گیری می‌شود Q=AV و چون فلو در سیستم ثابت است لذا A1V1=A2V2 لذا با تغییر سرعت، مقدار فلو محاسبه می‌گردد همچنین براساس رابطه برنولی،مقدار فشار نیز تعیین می‌گردد وبا مشخص نمودن مقدارفشار،اختلاف فشار نیز تعیین می‌شود

فشار کاری فلنج

Pressure Class یا Pressure Rating که براساس پوند بوده و بصورت 150Lb,150Lbsنشان داده می‌شود

درجدول زیر(McGraw Hill Piping Handbook Table A1. 2) رابطه کلاس و PN:Pression Nominal نشان داده شده است کلاس یا Rating برای فلنج‌ها و یا ولو تعریف می‌گردد و کلاس فلنج براساس ASME شامل کلاس‌های Class:150,300,400,600,900,1500,2500 می‌باشد البته کلاس‌های کمتر از150 نیز برای یکسری از فلنج‌ها همچون Class 75(Asme B16. 47) موجود می‌باشند براساس Asme B16. 4 یکسری از فیتینگ‌های Gray Iron (چدن خاکستری)دارای کلاس 125,250می‌باشند(فیتینگ‌های سرفلنجی همچون البویی که دو سرآن فلنج باشد، یا Tee که سه سر آن فلنج باشد و یا Reducer,Cross و... که دارای سرفلنجی می‌باشند وازجنس متریال Gray Iron می‌باشند دارای کلاس‌های 125,250 می‌باشند) همچنین براساس Asme B16.1 کلاس‌های دیگری چون Class 25,125 برای فلنج‌ها و Flanged Fitting متریال‌های Cast Iron(چدن) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرندولیکن عموما فلنج های با کلاس150,300,400,600,900,1500,2500 استفاده می‌گردند

رابطه کلاس فلنج وPN

Class	150	300	400	600	900	1500	2500
PN	20	50	68	110	150	260	420

Pression Nominalیا همان Pressure Nominal که اصطلاح Pression Nominal براساس زبان فرانسه بوده که معادل Pressure Nominal انگلیسی می‌باشد

براساس ASME B16.5، ازواژه Flange Class ویا Rating استفاده می‌شود در حالیکه PN:Flange Pressure Nominal که PN نشان دهنده مقدار تقریبی فشار وارتباط آن با Rating می‌باشد

PNهمچنین ممکن است بصورت EN: PN 10,PN 16, PN 20, PN50,PN 110,PN 150,PN260,PN 420 در استاندارد EN نیز استفاده گردد دراستاندارد API 6A از کلاس‌های 2000,3000,5000,10000,15000,20000 استفاده می‌شود

بنابراین PN نامگذاری دیگر Class(Rating) می‌باشد وبراساس فرانسه می‌باشد در حالیکه Rating براساس ASME می‌باشد بطور مثال PN=20 براساس نامگذاری فرانسه معادل کلاس

Class 150 Asme می‌باشد البته PN مقدار فشار کاری متریال در دمای20°C رابطور تقریبی نشان می‌دهد

مثال:PN:50 (معادل کلاس 300 می‌باشد) نشان دهنده مقدار تقریبی فشار کاری در دمای 20°C می‌باشد فشار کاری در دمای 20°C، براساس Asme، عبارت است از 50*14. 5=725Psi بنابراین کلاس 300 فلنج، بیانگرمقدار تقریبی 725Psi فشار کاری در دمای 20°C می‌باشد (این مقادیر بصورت تقریبی می باشند)

فشار کاری یا Working Pressure براساس ASME B16. 5

Working Pressure by Classes,psig							
Class Temp °F	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	275	720	960	1440	2160	3600	6000

استفاده از Rating Class براساس Asme جهت محاسبه فشار کاری، برPN ترجیح دارد و روش محاسبه Rating Class، دقیق تر می‌باشد درشرایط یکسان با افزایش دما، فشارمورد استفاده درفلنج، کاهش می‌یابد مثال: فلنج A182 Gr F304 (حرف F:Forging بوده یعنی تولید این فلنج با روش فورج می‌باشد)با کلاس≠ 150، فشارکاری دردماهای مختلف بصورت(Ambient Temp)275Psi، (400°F)190Psi و(600°F)140Psiمی‌باشد بنابراین برای دماهای بالاتر، در شرایط یکسان(Ratingیکسان)، فشارکاری فلنج کاهش می‌یابد یا اینکه برای دماهای بالاتراز ضخامت‌های بالاتر استفاده می‌گردد بنابراین درRating ثابت، با افزایش دما، فشارکاری فلنج،کاهش می‌یابد(بعنوان مثال،فلنج A105(Class 150) که برای دماهای مختلف استفاده می‌شود دارای یک ضخامت ثابت بوده و با افزایش دما،فشارکاری فلنج کاهش می یابد ولیکن با افزایش کلاس فلنج،ضخامت باید افزایش یابد بهمین دلیل در یک دمای ثابت،فشار کاری فلنج A105(Class 300) بیشتر ازفشار کاری فلنج A105(Class 150) می‌باشد

مثال:خط لوله ای از متریال A335 P22 می‌باشد فلنج مورد نیاز این خط عبارت است از:

ترکیب شیمیایی لوله 2.25% Cr-1%Mo بر اساس ASME IX بصورت زیر می‌باشد

QW/QB-422 **Ferrous/Nonferrous P-Numbers (CONT'D)**
Grouping of Base Metal for Qualification

Ferrous (CONT'D)										
Spec.No	Type or Grade	UNS No	Min Specified Tensile Strength Ksi (Mpa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form	
SA-335	P22	K21590	60(415)	5A	1	102	5.2	2.25Cr-1Mo	SMLS	Pipe

بنابراین ترکیب شیمیایی فلنج نیز باید شامل 2.25% Cr-1%Mo باشد که براساس B16.5(Table 1A) برای خط مذکور،متریال فلنج A182 Gr F22 Cl.3/A217 Gr WC9 استفاده می‌گردد چنانچه از Blind Flange برای خط مذکور استفاده گردد متریال A387 Gr .22 Cl.2 بعنوان Blind Flange استفاده می‌گردد

ASME B16.5 Table 1A List of Material Specifications

Material Group	Nominal Designation	Pressure-Temperature Rating Table	Applicable ASTM Specification		
			Forging	Casting	Plate
1.10	2 1/4 Cr-1Mo	2.1.10	A182 Gr F22 Cl.3	A217 Gr WC9	A387 Gr 22 Cl.2

بنابراین متریال فلنج(فلنج ریخته گری،فلنج فورج و پلیت Blind Flange) برای لوله A335 P22 عبارتند از:

A335 Gr P22,A182 Gr F22 Cl.3(Flange),A217 Gr WC9(Cast Flange),A387 Gr 22 Cl.2(BL)

همه فلنج های فوق،دارای Pno,Chemical Analysis یکسانی می باشند البته Uns no فلنج فورج و لوله و Blind Flange یکسان بوده ولیکن متریال ریختگی ممکن است Uns noمتفاوتی داشته باشند البته ترکیب شیمیایی وPno یکسان می‌باشد

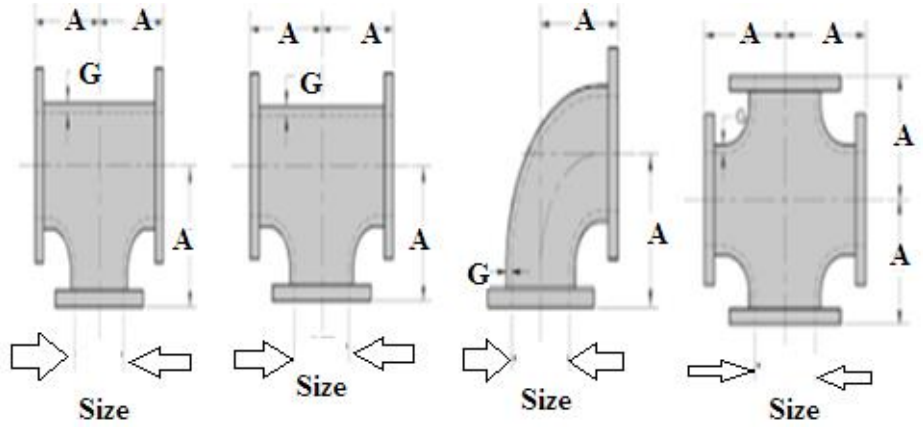
Flanged Fitting

Butt Weld Fitting :فیتینگ هایی که با اتصالات دیگر بصورت Butt Weld جوش می‌شوند

Butt Weld:این اتصال ممکن است بصورتButt Joint,T-Butt,Corner Joint Butt باشد

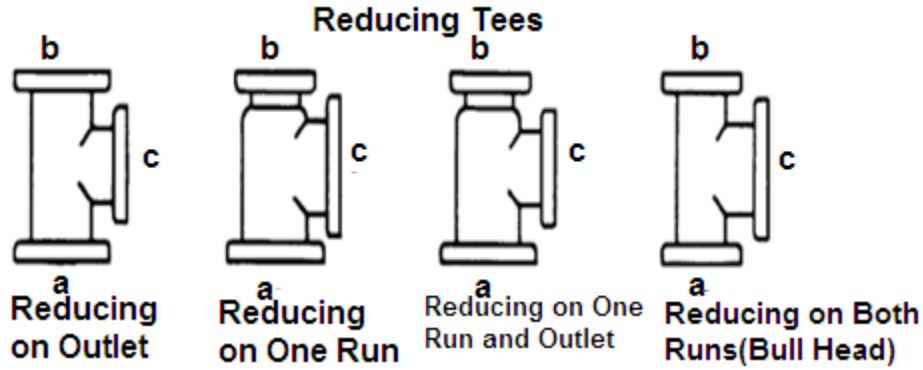
Pipe Flange عبارت است از اتصال فلنج به لوله که شامل اتصال فلنج‌های Weld Neck Pipe Flange,Blind Pipe Flange,Slip on Pipe Flange ,RTJ Pipe Flange,Socket Weld Pipe Flange,Threaded Pipe Flange, به لوله می‌باشد اتصال لوله به فلنج ممکن است از نوع BW,SW,Threaded باشد

Flanged Fitting فیتینگ‌هایی که دارای سر فلنجی می‌باشند مثلاElbow(زانویی) که دوسرآن فلنجی می‌باشد یا Reducer(مبدل) که دوسر آن فلنجی می‌باشد یا Tee(سه راهی) که سه سر آن فلنجی می‌باشد و یا Cross (چهارراهی) که چهار سر آن فلنجی شده است که در شکل‌های زیرا نواعی از Flanged Fitting نشان داده شده است



نمونه هایی از Flanged Fitting

Flanged Fitting همانطور که بیان گردید شامل فیتینگ‌های مختلفی همچون Tee Flanged Fitting می‌باشد که به دو گروه Tee Straight Size (یک نوع Tee، که هر سه سر آن فلنجی ودارای سایز یکسان می‌باشد بنابراین Straight Tee Flanged، فلنج Tee که هرسه قطر آن یکسان می‌باشد و هر سه سر ان فلنجی می‌باشد) و Reducing Tee Flanged (همه سایزهایTee یکسان نمی‌باشند که حالت‌های مختلف Reducing Tee Flanged درشکل‌های زیر نشان داده شده است حالتی که نافی Tee کوچکتر است، حالتی که یک سایز Run کوچکتر است) البته گروه‌های دیگر شامل Lateral Flenged Tee می باشند



نمونه هایی از Reducing Tee Flanged

بنابراین فیتینگ Tee از دو قسمت Header,Branch که Branch همان نافی Tee می‌باشد انواع Tee شامل گروه اول: Equal Tee در این مورد هر سه سر یعنی Header و Branch دارای یک سایز می‌باشد و برای انشعاب گیری 90 درجه از لوله اصلی به کار می‌روند گروه دوم:Reducing Tee در این حالت قطر لوله Branch از قطر Header کوچکتر است (البته نمونه‌هایی که قطر برنج یا انشعاب از قطر هدر بزرگتر می باشند که استفاده کمی در صنعت دارند). در واقع از یک سایز اصلی(هدر)، یک انشعاب با سایز کوچکتر گرفته شده است. این نوع انشعاب نیز برای انشعاب گیری 90 درجه از لوله اصلی بکار برده میشود.

نکته اصلی در مورد سه راهی های کاهنده (Reducing Tee) این است که معمولا قطر انشعاب نمیتواند کمتر از نصف قطر لوله اصلی(هدر) باشد.

Equal Lateral Ø Tee(گروه سوم)

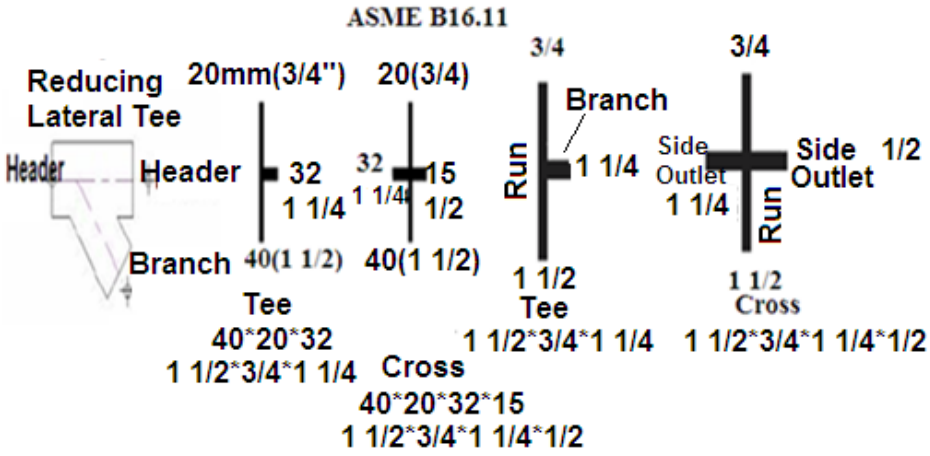
همانند Tee گروه اول می‌باشد با این تفاوت دراین سه راهی ، زاویه بین برنج و هدر 90 درجه نمیباشد و θ میباشد

براساس ASME B16.11 نحوه تعیین سایز Tee Reducer وReducer Cross بصورت زیر می‌باشد

Tee Reducer: ابتدا بزرگترین قطریا سوراخ در Run و سپس قطریا سوراخ روبرو و نهایتا انشعاب،

مثال : ("1 1/4×1 1/2"×3/4") که Tee Reducer بوده، ابتدا بزرگترین قطر یا سوراخ Run یا هدر نوشته می‌شود("1 1/2)، سپس قطر روبرو ("3/4) و نهایتا قسمت Branch یا انشعاب یا نافی Tee ("1 ¼) نوشته می‌شود

Run : این ترم در استاندارد در بحث انشعابات(Branch)، همان لوله اصلی (Header) است که ممکن است انشعابات متعددی از آن منشعب گردد(بنابراین Run یا Header که انشعابات ازآنها گرفته می‌شود که درشکل زیر نمونه ای از (Run(Header چهار راهی و Teeنشان داده شده است) همچنین در شکل زیر نمونه هایی از Cross,Tee نشان داده شده است



روش تعیین سایز در فیتینگ‌های Tee,Cross

آلودگی ناشی ازEmbeded Free Iron برروی سطح استنلس

ناخالصی‌های آهن بر روی سطح استنلس، ممکن است از اکسید شدن کروم جلوگیری نموده و از تشکیل لایه پسیو ومحافظ Cr2O3 جلوگیری نمایندو باعث ایجاد خوردگی گردند

وقتی در استنلس استیل، نقاط Rust Spot یا لکه‌های زنگ در آن مشاهده می‌شودتقریبا همیشه بخاطر Embeded Free Iron می‌باشد که در بعضی محیط‌ها اگر آهن جدا نگردد باعث خوردگی Pitting (حفره ای) می‌گردد در محیط‌های با شدت کمتر، Iron Rust (زنگ آهن) نقش آلوده کننده را دارد و باعث ایجاد زنگ برروی سطح می‌گردد بنابراین وقتی سطح استنلس Scratch گردد(خراشیده گردد) و آهن وارد ناحیه خراشیده گردد آهن موجود در خراش ایجاد شده در حضوررطوبت شروع به خورده شدن وتولید زنگ آهن می‌نماید در صورتیکه ذرات بیشتری از آهن به سطح استنلس وارد گردد حتی باعث خوردگی شدید استنلس نیز می‌گردد چون سبب می‌گردد لایه پسیو تشکیل نشده و خوردگی پیشرفت نماید

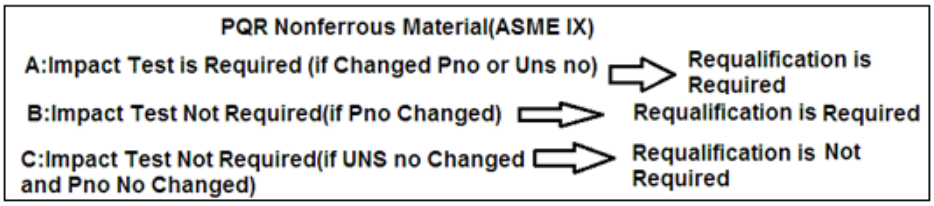
Iron Contamination آلودگی ناشی ازآهن خارجی در سطح استنلس، که از عملیات‌های Grinding/Cutting/Blasting متریال فولاد کربنی ناشی شده که سبب ایجاد خوردگی Pitting بر روی سطح استنلس استیل آستنیتی/ داپلکس/و... می‌گردند وقتی ابزارهای برشکاری،سنگ زنی وبلستینگ که برای متریال کربن استیل استفاده گردیده چنانچه این ابزار برای متریال استنلس نیز استفاده گردند،همواره آثار ولکه های زنگ بر روی سطح استنلس مشهود می‌گردد لذا همواره ابزارهای برش،سنگ زنی و...که برای متریال کربن استیل استفاده می‌گردد بهیچ وجه برای متریال استنلس استفاده نگردد

در شکل(انتهای کتاب عکس رنگی شماره14:No) آثار لکه‌های زنگ بروی سطح استنلس مشهود می‌باشد که این لکه های زنگ ممکن است بدلیل استفاده از ابزار کربن استیل برروی سطح استنلس باشد

یکی دیگر ازخوردگی‌ها که دراستنلس ممکن است اتفاق افتد خوردگی گالوانی (در حضور الکترولیت) می‌باشد

PQR(Nonferrous Material ASME IX)

وقتی جوشکاریPQR بر روی متریال Nonferrous انجام می‌گردد (متریال‌های Nonferrous دارای Gr No نمی‌باشند) لذا وقتی PQR متریال Nonferrous،نیاز به تست ضربه دارد دراینصورت علاوه برPno، شمارهUNS No نیز باید ثابت باشد ودر صورت تغییر UNS No حتی اگرPno یکسان باشند، Requalificationنیاز است وچنانچه PQR تست ضربه نداشته باشد ،فقط Pno مهم بوده وبا تغییرPno نیاز به Requalification یا PQR جدید می‌باشدو با تغییرUNS No وقتی Pno یکسان باشد نیاز به PQR جدید نمی‌باشدلذا برای متریال Nonferrous وقتی PQR تست ضربه دارد با تغییر Pno,UNS no نیاز به PQR مجدد می‌باشد ووقتی PQR تست ضربه ندارد فقط با تغییر Pno نیاز به PQR مجدد می‌باشد



Interpretation: IX-01-30,QW-403.5, Base Metal Requirements

Question: When impact testing of a heat-affected zone is required for nonferrous base materials of the same P-Number, does a PQR with a UNS number designation (e.g., SB-619, UNS N06022) qualify a WPS that specifies a different UNS number designation (e.g., SB-619 UNS N10276) within the same P-Number?Reply:No

مثال:یک PQR با استفاده ازروش GTAW برروی متریال SA-182 Gr F11 Cl2(UNS:K11572,Min UTS:75Ksi,Pno:4,Gr:1) بصورت Groove جوشکاری وتایید گردیده است آیا این PQR جهت جوشکاری متریال SA-541 Gr 11 Cl4(UNS:K11572,Min UTS:80Ksi,Pno:4,Gr:1) و متریال SA-336 Gr F11,Cl2 با رعایت Essential Variable، قابل استفاده است با توجه به اینکه استحکام کششی متفاوت می‌باشد:بلی بر اساس ASME IX، انجام PQR برمبنای Pno می‌باشد وچنانچهPQR به تست ضربه نیاز داشته باشد انجام PQR برمبنای Pno+Gr No می‌باشد وشکل محصول و استحکام کششی تاثیری برPQR ندارند البته یک نکته را باید درنظر داشت چنانچه PQRبصورتGroove جوشکاری می‌گردد متریالی باید بعنوان PQR استفاده گردد که دارای حداقل استحکام کششی مشخص باشند بعبارتی حداقل استحکام کششی آنها در QW-422 مشخص باشد(متریال هایی که فاقد استحکام کششی در ASME IX QW-422 می باشند بعنوان PQR(Groove) نباید استفاده گردند در این مثال چون Pno+Gr No همه متریال هایکسان می‌باشند بنابراین PQR مجددبا رعایتEssential Variable، نیاز نمی‌باشد

سوال:یک PQR بر اساس ASME IX بر روی لوله A106 Gr B بصورت Groove جوشکاری و تایید گردید متریال A106 Gr B دارای Pno:1 Gr:1,UNS:K03006 می‌باشد تست ضربه بر روی PQR انجام گردیده است آیا این PQR برای جوشکاری متریال Production که دارای Pno:1 Gr:1,UNS:J02502 می‌باشد با رعایت Essential Variable مجاز است با توجه به اینکه UNS no تغییر نموده است:برای متریال Ferrous ،وقتی PQR تست ضربه دارد با تغییر Gr No نیاز به PQR مجدد می‌باشد تغییر UNS no در متریال آهنی مطرح نمی گردد وفقط تغییر Pno,Gr No مطرح می‌باشد اگر PQR تست ضربه نداشته باشد فقط Pno مطرح می‌گردد

سوال:یک PQR برروی متریال SB-68 Gr 102(Pno:31,UNS:C10200) با پروسه GTAW بصورت Groove جوشکاری و تایید گردیده است تست ضربه برروی PQR انجام گردیده است آیا جوشکاری متریال SB-68 Gr 120(Pno:31,UNS:C12000) با استفده از PQR فوق وبا رعایت Essential Variable مجاز است:متریال فوق با SB شروع گردیده لذا متریال Nonferrous می‌باشد ثانیا UNS no با حرفC شروع گردیده که متعلق به متریال مس و آلیاژهای مس می‌باشد ولذا دارای Pno:3X می باشند با توجه به اینکه بر روی PQR تست ضربه انجام گردیده است واز طرفی چون UNS no تغییر نموده(گرچه Pno ثابت بوده) لذا PQR جدید نیاز می‌باشد اگر PQR تست ضربه نداشته باشد با تغییر UNS no نیاز به PQR مجدد نمی باشد(چونPno ثابت می باشند) اگر اتصال بصورت فیلت جوشکاری گردد چون تست ضربه برای اتصالات فیلت انجام نمی گیرد لذا فقط با تغییر Pno نیاز به PQR جدید می‌باشد و دراین مثال،با توجه به اینکه Pno تغییر ننموده است لذا PQR جدید نیاز نمی‌باشد

:متریال‌های باUNS,Pno,Gr no یکسان و استحکام کششی متفاوت

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Ferrous (CONT'D)									
Spec No	Type/ Grade	UNS	Min Specified Tensile ksi (MPa)	Welding P No	Welding Gr No	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
SA-541	11,Cl.4	K11572	80(550)	4	1	102	5.2	1.25Cr-0.5Mo-Si	Forging
SA-182	F11,Cl.2	K11572	70(485)	4	1	102	5.1	1.25Cr-0.5Mo-Si	Forging
SA-336	F11,Cl.2	K11572	70(485)	4	1	102	5.1	1.25Cr-0.5Mo-Si	Forging

سوال:براساس ASME IX QW-424،وقتی PQR تست ضربه ندارد چنانچه PQR بر روی یک متریال جوشکاری و تایید گردید با تغییر برخی Pno وبا رعایت Essential Variable نیاز به PQR مجدد نمی باشد بعنوان مثال،وقتی PQR بر روی متریال با Pno:4 to Pno:4 بدون تست ضربه جوشکاری و تایید

گردد این PQR با رعایت Essential Variable مجاز به جوشکاری متریال های با Pno:4 to Pno:4,Pno:4 to Pno:3,Pno:4 to Pno:1 می‌باشد ونیاز به PQR جدید نمی باشد نمونه های دیگری نیز در QW-424 می‌باشند

سوال:یک PQR بر روی متریالی با Pno:25 با پروسه GT+SM جوشکاری و تایید گردیده است آیا جوشکاری متریال با Pno:21 با رعایت Essential Variable مجاز است:خیر با تغییر Pno متریال Nonferrous همواره PQR مجدد نیاز می‌باشد

مثال:یک PQR بر روی متریال با Pno:61 با پروسه GT بصورت Groove جوشکاری وتایید گردید آیا جوشکاری متریال با Pno:62 با رعایت Essential Variable براساس ASME IX مجاز است:خیر برای متریال Nonferrous با تغییر Pno نیاز به PQR مجدد می‌باشد

سوال:یک PQR بر روی متریال با Pno:43 با پروسه GTAW بر اساس ASME IX بصورت Groove جوشکاری و تایید گردید آیا جوشکاری متریال با Pno:44 با رعایت Essential Variable مجاز است: خیر با تغییر Pno متریال Nonferrous نیاز به PQR مجدد می‌باشد

متریال‌های فاقد استحکام کششی براساس ASME IX(QW-422)

درASME IX QW-422 برای برخی از متریال ها حداقل استحکام کششی مشخص نگردیده است

مثال:یک PQR برروی متریال SA-312 Gr 321(Pno:8 Gr:1,Min Tensile Strength:70Ksi) با پروسه GTAW جوشکاری و تایید گردیده است بشرط ثابت بودن Essential Variable، جهت جوشکاری متریال‌های SA-240 TP 316N(Pno:8 Gr:1,Min Tensile Strength:80Ksi) و یا SA-240 Type XM-21(Pno:8 Gr:1,Min Tensile Strength:90Ksi) با پروسه GTAW، استفاده ازPQR مجاز است با توجه به اینکه استحکام کششی متفاوت می‌باشند: بلی بر اساس ASME IX، استحکام کششی تاثیری برروند PQR وانجامPQR ندارد(بعبارتی مبنای PQR بر اساس تغییر استحکام کششی نمی‌باشد) بلکه اساسPQR برمبنای Pno وچنانچه تست ضربه نیاز باشد اساس PQR، بر مبنای Pno+ Gr No می‌باشدبعبارتی وقتی تست ضربه مطرح می‌شود Gr no مطرح می‌شودودر این مثال چون PnoوGr No یکسان می‌باشند بنابراین PQR مجدد نیاز نمی‌باشد.

مثال:برای انجام PQR، آیا استحکام تسلیم متریال براساس ASME IX برروند وانجام PQRتاثیرگذار است:خیر استحکام تسلیم نقشی در روندPQR ندارد البته وقتی PQR بصورت Groove جوشکاری می‌گردد براساس QW-420 متریالی باید بعنوان PQR استفاده گردند که دارای حداقل استحکام کششی مشخص باشند

براساس ASME IX(QW-422) برای برخی از متریال ها، حداقل استحکام کششی مشخص نگردیده است که شامل متریال های Exp:A- ,A-108,A707, 269Gr TP316,TP316L,TP304,TP304L می‌باشد لذا این متریال‌ها بعنوانPQR اتصالات Groove قابل استفاده نمی‌باشند بعبارتی از این متریال ها برای انجام PQR اتصالات Groove Weld نمی توان استفاده نمود

متریال‌های موجود درASME IX(QW-422) که فاقد استحکام کششی می‌باشند

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS
Grouping of Base Metals for Qualification

Ferrous									
Spec No	Type/ Grade	UNS	Min Specified Tensile ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nominal Composition	Product Form
A108	1015 CW	G10150	.....	1	1	101	1.1	C	Bar
A108	1018CW	G10180	.....	1	1	101	1.1	C	Bar
A269	TP316	S31600	.....	8	1	102	8.1	16Cr-12Ni-2Mo	SMLS,Welded Pipe

براساس Asme IX(QW-420) متریال هایی که در QW-422 موجود بوده ولیکن دارای حداقل استحکام کششی نمی‌باشند برای PQR اتصالات Groove Weldنباید استفاده گردند

مثال:براساس ASME IX آیا متریال SA-269 TP316 بعنوان PQR(Groove Weld) میتواند استفاده گردد :خیر

براساس QW-422 چون این متریال فاقدحداقل استحکام کششی می‌باشد براساس QW-420 برای PQR اتصالات Groove Weld نباید استفاده گردند

بنابراین بر اساس جدول زیر ستون Min Specified Tensile برای متریال SA-269 TP316، مشخص نشده است لذا از این متریال بعنوان PQR اتصالات Groove Weld نباید استفاده نمود

ITP(Inspection Test Plane) یا QCP(Quality Control Plane)

رویه ای است که با استفاده از آن، توافقات بین گروههای اجرایی سایت، کنترل کیفیت، نظارت و کارفرما جهت تعیین روال کار بازرسی انجام می‌گیرد. آماده سازی این مدرک بطور کلی حساسیت ویژه ای در اجرای روند پروژه خواهد داشت زیرا از یک سو در صورت تعیین تعدادنقاط بازرسی زیاد و نوع نامناسب در

طول کار، سرعت کار بسیار کاهش یافته. از سوی دیگر در صورت تعریف نشدن ایستگاههای مناسب و کم کردن این بازرسی‌ها علاوه بر این که در بسیاری از موارد پس از انجام یک مرحله از کار امکان بازرسی و عیب یابی در مرحله بعدی از بین خواهد رفت، پیمانکاران اجرایی نیز توجه خود را به کیفیت کار از دست خواهند داد

تست‌های NDE و NDTو NDI

تست‌های غیرمخرب

NDE	Non Destructive Examination	NDE	Non Destructive Evalution	NDT	Non Destructive Test	NDI	Non Destructive Inspection

هیچگونه تفاوتی بین آیتم‌های فوق نبوده فقط در صنایع و یا استانداردهای مختلف ممکن است از واژه‌های متفاوت استفاده گردد در ASTM از NDT استفاده می‌گردد NDE(Non Destructive Examination) در ASME IX استفاده می‌شود

ناخالصی غیر فلزی Nonmetalic Inclusion

ترکیباتی همچون SiO2,Al2O3، MnS، CaO، MgO، Tio2، CaS,FeS,Al2S3,MgS, و ZrN,TiN,AlN,CeN و یا FeO,MnO,TiO2,Sio2,Cr2O3 که بعنوان ناخالصی غیر فلزی درفولاد محسوب می‌گردند این ناخالصی‌ها بصورت اکسید و یا سولفید ویا ترکیبی از اکسیدها و یا سولفیدهای فوق میباشند (Cao,Al2O3,MgO,CaS) بنابراین از ترکیب شیمیایی فلزات با اکسیژن، گوگرد و نیتروژن و فسفر، ترکیبات non metallic Inclusion ایجاد می‌گردد و عموما بصورت ترکیبی از دو یا چند اکسید و یا سولفید می‌باشند این Inclusion ها از اهمیت خاصی برخوردارببوده چون باعث Fail کردن فولاد می‌گردند این ناخالصی‌ها دارای خواص مکانیکی متفاوتی چون تافنس، شکل پذیری، مقاومت خوردگی با فولاد دارند بنابراین بعنوان یک قانون، هرچه مقدارNonmetalic Inclusion در فولاد کمتر، فولاد دارای کیفیت بهتر و خواص مطلوب تر است این ناخالصی‌ها درزمان Solidification (انجماد)تشکیل می‌گردند این ناخالصی‌ها باعث کاهش استحکام خستگی(Low Fatigue Strength)، کاهش تافنس وکاهش داکتیلیتی می‌گردند البته ناخالصی‌های گوگردی باعث بهبود قابلیت ماشینکاری می‌گردند

Inclusion ها ممکن است بصورت ترکیبی از آخال‌های مختلف باشند

معیار پذیرش تورق(Lamination) براساس استاندارد API 5L/ISO3183

براساس استاندارد API 5L/ISO3183 (4.25)، Laminationیک عیب Internally (داخلی) می‌باشد

مقدار پذیرش این عیب برای بدنه(Body) لوله،پلیت و Strip خطوط Offshore,Sour Service بصورت Individual Lamination(Lamination تکی) و دانسیته Lamination(تجمعی از Lamination) بیان گردیده است

Lamellar Tearing

یا پارگی سراسری دراثر جوشکاری اتصالاتی همچون

Tee Fillet,Corner Joint ایجاد می‌گردد تنش کششی ناشی از انجماد جوش خصوصادر قطعات ضخیم، و یا حجم زیاد جوش سبب بروز عیب Lamellar Tear درزمان جوشکاری می‌گردد هرچه حجم جوش بیشتر باشد در حین انجماد تنش کششی بیشتری برپلیت اعمال شده و بروز عیب Lamellar Tear بیشتر می‌گردد بنابراین ترک یا پارگی عبارت است از یک شکست پله ای شکل در فلزپایه که بموازات جهت نورد گسترش می یابد تنش انقباضی درمرحله انجماد جوش که باعث ایجاد تنش کششی عمودبرجهت نورد یاRolling می‌گردد(جوش میخواهد منجمد گردد ولیکن فلز پایه سرد از انجماد جوش جلوگیری نموده و سبب ایجاد تنش کششی در جوش می‌گردد ویا اینکه قطعه تحت تنش کششی باشد) این ترک‌ها همیشه در فلزپایه ومعمولا خارج ازناحیهHAZ می‌باشندوعموما به موازات مرزذوب(Fusion Boundry) ایجاد می‌گردنداین ترک مستقیما به طرح اتصال جوش بستگی دارد افزایش ناخالصی‌های موجود درفلزپایه باعث افزایش حساسیت ترکLamellar Tear می‌گردد

Lamellar Tear(L.T) در اثر جوشکاری در زمان انجماد بعلت ایجاد Shrinkage و ایجاد تنش کششی برروی فلز پایه و در نتیجه ایجاد کرنش در جهت ضخامت همراه می‌باشد و چون آخال‌ها در داخل فلز پایه در جهت رولینگ کشیده شده اند و حال در برابر نیروی کششی ناشی از انجماد، تحمل نداشته(چون آخال دارای انعطاف پذیری کمی بوده و ثانیا باندینگی ضعیفی با فولاد ایجاد میکنند) لذا باعث پارگی در اطراف جوش می‌گردند این پارگی که بصورت پله ای بوده در جهت موازی با سطح پلیت پیش می‌روند

لذا جدایش(Sepration) فلز پایه L.T نامیده می‌شود بعلت ایجاد کرنش زیاد در جهت ضخامت متریال رول شده ،که این کرنش ازتنش کششی جوش که در حین انجماد وارد می‌کند ناشی می‌گردد و وقتی که اتصالات شدیدا Restrained (مهار)گردند عموما در فلز پایه و خارج از ناحیه HAZ، پارگی اتفاق می‌افتد(فلز جوش میخواهد منجمد گردد ولی عامل مهار کننده با ایجاد تنش کششی از انقباش جوش جلوگیری می نماید) البته Tearing (پارگی)ممکن است در لبه و یا پنجه جوش نیز باشد در خیلی موارد ممکن است این پارگی‌ها بصورت Subsurface (زیرسطحی)بوده و قابل Detect(کشف کردن چشمی) نباشند

انتخاب متریال(گوگرد کم و شرایط رولینگ، نحوه جوشکاری، طرح اتصال،ضخامت قطعه، دستورالعمل جوشکاری) برای کنترل L.T الزامی می‌باشد

Lamellar Tear که در زمان جوشکاری و یا بعد از جوشکاری بعلت وجود ناخالصی‌ها دیده می‌شود خصوصا در اتصالات T و یا Corner Jointکه وقتی تنش کششی بصورت Thorough Thickness می‌باشد ایجاد می‌گردد تنش های فشاری از گسترش ترک جلوگیری میکنند بنابراین تنش های کششی در صنایع نفت وگاز یکی از خطرناک ترین نوع تنش می باشند که سبب Failure قطعه می‌گردند

فیلم‌های رادیوگرافی:

فیلم های رادیوگرافی براساس استانداردها و سازنده های مختلف تولید می‌گردند شرکت های کداک،آکفا،فوجی،Dupont شرکت های اصلی سازنده فیلم رادیوگرافی می‌باشند

تیپ فیلم‌های مورد استفاده براساس استانداردEN, ASTM بصورت...C2,C3,C4,C5, استفاده می‌گردند C2 برای قطعات حساس تر استفاده می‌شود ویا تیپ‌های فیلم اکفا بصورت ...D2,D3,D4,D5, نمایش داده می‌شود

واژه‌های SOD(Source to Object Distance),OFD(Object to Film Distance) می‌باشند

سوال:سرعت فیلم های D2,D4,D7 را مقایسه نمایید:

Film Speed(D7>D4>D2),Grain Size (D7>D4>D2),Sensivity(D2>D4>D7),
Quality (D2>D4>D7),Film Factor (D2>D4>D7),Contrast (D2>D4>D7)

IQI:Image Quality Indicator

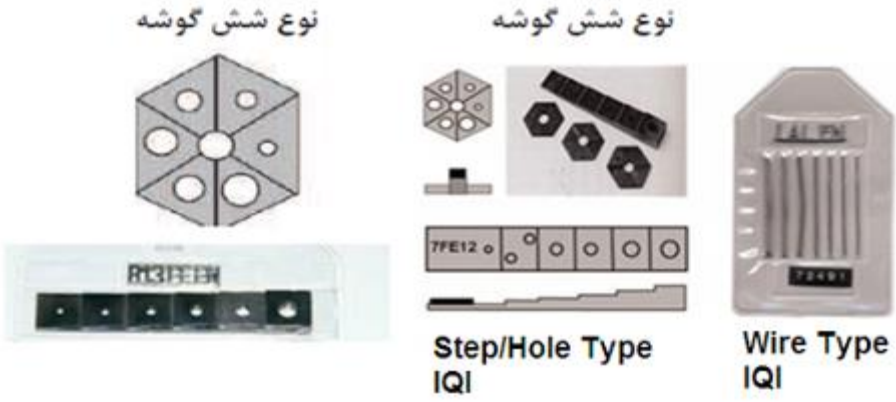
IQI:Image Quality Indicator یا شاخص کیفیت تصویر، وسیله ای است که می‌توان حساسیت و کیفیت تصاویررادیوگرافی را ارزیابی نمود این شاخص‌ها به Penetrameter(نفوذ سنج)نیز معروفندIQI از یکسری پله یا سیم که دارای ضخامت های(قطرهای) مختلف هستند تشکیل می‌گردد که جنس این سیم‌ها مشابه قطعاتی که رادیوگرافی می‌گردند می‌باشد(برای رادیوگرافی آلومینیوم، جنس سیم‌های IQI ازنوع آلومینیومی‌می‌باشد برای استنلس استیل جنس سیم‌های IQI ازنوع استنلس می‌باشند)

IQI در گوشه ای از فیلم رادیوگرافی قرار داده میشودو تصویر آن بهمراه درز جوش روی فیلم منعکس می‌شود

نوع Wire Type (سیمی) با پاکت پلاستیکی که حاوی 7عدد سیم با قطرهای مختلف که قطر سیم‌ها ازنازک به ضخیم افزایش می‌یابد

IQI بر اساس استانداردهایDIN 54109,BS 3971 استفاده می‌گردند جنس سیم‌ها ازمس، آلومینیوم، فولاد و... ساخته می‌شود که جنس آنها در بالای پاکت پلاستیکی حک می‌گردد

IQI نوع پله ای سوراخ دار یا Step Hole Type نیز موجود می‌باشند



انواع IQI

IQI نوع شش گوشه نیز ممکن است استفاده گردند

نوع تخت(Flat Type IQI) نیزکه دارای سه سوراخ به اندازه‌های 2T,3T,4T(که T ضخامت قطعه می‌باشد) بوده که براساس ASME می‌باشد نمونه های IQI که براساس ASTM می‌باشند دارای سوراخ هایی به قطر1T,2T,4T می‌باشند

مثال:چنانچه درجه حساسیت یک قطعه به ضخامت125mmبرابر با2% باشد قطر سیم شاخص قابل رویت چقدر می‌باشد:

S=t/T*100 Then t=S*T*100=0.02*125=2.5mm که S درجه حساسیت (Sensivity) وt نازک‌ترین قطر سیم قابل رویت در تست وT ضخامت قطعه می‌باشد بنابراین با این تکنیک، حداقل آشکار سازی یک عیب در قطعه ای به ضخامت125mm برابر با2.5mm می‌باشد و عیوب با سایز کوچکتر از2.5mm بوضوح مشخص نمی‌گردند

بنابراین وقتی از IQI سیمی در جوش استفاده می‌گردد نازک ترین قطر سیمی‌که در خط جوش قابل مشاهده می‌باشد معیاری برای ارزیابی حساسیت و کیفیت جوش است

Mill Certificate

سرتی فیکیت (EN10204 Type 2.1)Certificate EN 10204 2.1 فقط توسط Manufaacture (تولید کننده متریال)تایید می‌گردد در این سرتی فیکیت نتایج تست و آنالیزشیمیایی وجود ندارد در این سرتی فیکیت محصولات تهیه شده مطابق با نیازمندیهای سفارش خریدار و شرایط استانداردی می‌باشد بطور مثال، ورقی که بصورت نورد گرم تولید شده است چنانچه سرتی فیکیت EN10204 2.1برای این متریال ارائه گردد درسرتی فیکیت فقط ابعاد ورق، جنس ورق(مثال:متریالASTM A36 Plate)، نوع پروسه تولید ورق(مثال: ورقHot Rolled تولید شده است)، شکل دهی(...,Rolling,Extrusion بصورت کارگرم ویا کارسرد)، وسرتی فیکیت فقط توسط Manufacture (تولید کننده)صادر وتایید می‌گردد بعبارتی در سرتی فیکیت با مشخصه EN10204 2.1 فقط شناسایی محصول براساس سفارش می‌باشد در اینحالت هیچگونه نتایجی ازتست‌ها (تست کشش، خمش، تست هیدرواستاتیک، ضربه، سختی سنجی، Flattening Test و. . . تست‌های غیرمخرب) و آنالیز شیمیایی وجود ندارد وسرتی فیکیت فقط توسط تولید کننده یا سازنده تایید می‌گردد(مهر و امضا می‌شود)

بنابراین در سرتی فیکیت Certificate EN10204 Type2.1 مدارکی که توسط Manufacture (تولید کننده) بعنوان سرتی فیکیت صادر می‌شود ، بیان می‌کند که محصولات تهیه شده براساس نیازمندیهاو سفارش خریدار بوده وبدون نتایج تست وآنالیز شیمیایی می‌باشند در واقع خریدار سفارش چنین محصولی با ابعاد مشخص،جنس معین وعملیات حرارتی مشخص را به سازنده داده و سازنده یا تولیدکننده آن متریال را براساس نیازمندیها و درخواست خریدار البته مطابق با استاندارد ساخته و در اختیار خریدار قرار داده و تولید کننده یا سازنده محصول،سرتی فیکیت را نیز بهمراه محصول برای خریدار ارسال می‌نماید

در سرتی فیکیت EN 10204 2.1 یا تیپ 2.1 مواردی اعم از شماره Order(شماره سفارش یا خرید) و شمارهItem no ، توصیف کالا و مشحصات، تعداد، جزئیات هرگونه انحراف، مشخصه تولید کننده درج می‌گردد

سرتی فیکیت EN10204 Type 2.2 شامل آنالیز شیمیایی(تعیین عناصر شیمیایی) و تست‌ها (کشش، ضربه، خمش، Flattening Test، سختی سنجی و... تست‌های غیرمخرب) می‌باشد در واقع این سرتی فیکیت توسط Manufacture یا تولید کننده متریال با نشان دادن نتایج تست وآنالیز شیمیایی، تایید می‌گردد که محصولات تهیه شده مطابق با استاندارد و سفارش مشتری می‌باشد این سرتی فیکیت بصورت Non Specific می‌باشد بنابراین این سرتی فیکیت توسط تولید کننده صادر (Issue) و تایید آن هم با تولید کننده است (منظور کارشناس متخصص کارخانه نتایج تست‌ها و آنالیز شیمیایی متریال را تایید میکند بنابراین این سرتی فیکیت توسط تولید کننده با مهرو امضاء، تایید می‌گردد)

سرتی فیکیت‌های Type 3.1,3.2، سرتی فیکیت‌های بازرسی یا مدارک بازرسی می‌باشند دراینحالت نماینده خریدار(مثال:نظارت TPA برروند تست‌ها وآزمایشات) برروی انجام تست‌ها نظارت میکند سرتی فیکیت‌های EN 10204 3.1,3.2 تحت عنوان Inspection Certificate نامیده می‌شود بعبارتی بازرسی و نظارت برتست‌ها توسط افرادمستقل از کارخانه تولید کننده انجام می‌گردد درسرتی فیکیت EN 10204 Type 2.2 نتایج تست‌ها گزارش می‌گرددولی چون نظارت وبازرسی توسط افراد مستقل ازکارخانه انجام نمیگیرد و نظارت برتست‌ها فقط توسط تولید کننده انجام می‌گردد لذا سرتی فیکیت بصورت Test Report بیان می‌شود

Straightness(مستقیم)

لوله ممکن است در زمان تولید، حمل و تحویل، زمان جوشکاری، بعد از ساختن اسپول، و یا در زمان خمکاری ازحالت Straight (صاف ومستقیم) بودن خارج گردد

جهت اندازه گیری Straightness از Laser Beam(پرتو لیزر) درکارخانه استفاده می‌گردد همچنین

Tube Profiler نیز قابلیت اندازه گیری قطر، Cross Section، Thickness، Length، Straightness، Ovality و... را بصورت Min,Max دارا

می‌باشد که قادر به اندازه‌گیری در شرایط تولید بصورت Hot/Cold Tube که عموما بصورت غیر تماسی مورد استفاده قرار می‌گیرد(سیستم Tube Profiler روش لیزر می‌باشد)

تعیین مقدار Straightness لوله براساس ASTM A106,A333,A312 مقداری برای Straightness لوله وجود ندارد و لوله‌ها باید بطور معقولی صاف و مستقیم باشند

A106

18.7 The finished pipe shall be reasonably straight

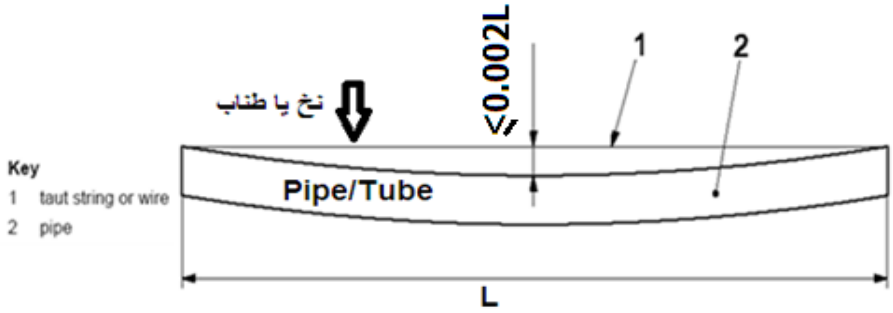
مقدار Out of Straightness تیوب‌ها براساس EN10216-3 برابر با 0.0015L و حداکثر 3mm(Max) می‌باشد که L طول لوله یا تیوب می‌باشد

واژه Out of Straightness هرگونه انحراف از Straightness یا صاف بودن لوله، تیوب، Bar و... می‌باشد

البته مقدار Sreightness براساس(9.11.3.4) API 5L- ISO 3183 به دو شکل Total Deviation (انحراف کلی) و Local Deviation (انحراف موضعی)وبه صورت زیر اندازه گیری می‌گردد همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است مقدار انحراف کلی بایدOut of Straightness ≤0.2%L باشد(این اندازه گیری درقسمتی از لوله، تیوب و... که بیشترین انحراف را دارد انجام می‌گردد) بنابراین Total Deviation مقدار انحراف براساس درصدی از طول لوله می‌باشد در حالیکه

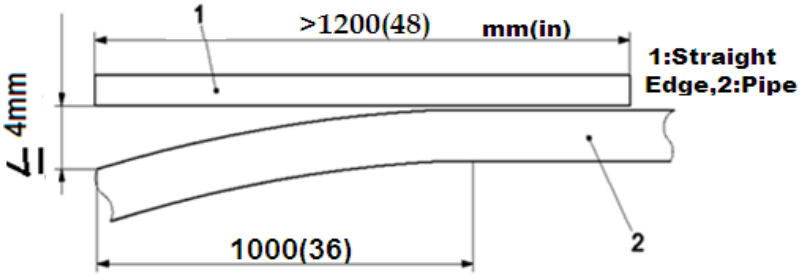
Local Deviation، مقدار انحراف (انحراف از صاف و مستقیم بودن لوله) لوله، تیوب در فاصله یک متری از انتهای لوله محاسبه می‌گردد

یکی از روش‌های اندازه گیری مقدار انحراف از صاف بودن لوله، یک نخ(طناب)به ابتدا و انتهای لوله همانند شکل زیر بسته و سپس مقدار انحراف محاسبه می‌شود



اندازه گیری Out of Straightness براساس Total Deviation(انحراف کل)

حالت دوم انحراف موضعی که در اینحالت مقدار انحراف در فاصله یک متری ازهر انتهای لوله، باید Deviation≤4mm باشد (شکل زیر)



اندازه گیری Out of Straightness براساس انحراف موضعی

بنابراین براساس API 5L/ISO 3183، اندازه‌گیری Straightness به دو صورت موضعی (Local Length) و کلی (Total Length) انجام میگیرد

Straightness API 5L ISO3183

Kind of Deviation	Tolerance
Total Deviation from a Straight Line	Less than 0.2% of the Entire Pipe Length
Local Deviation from a Straight Line	Less than 4mm(0.156")

مقدار Straightness برای لوله‌های PSL2 که برای Offshore استفاده می‌شوند براساس API 5L/ISO 3183(J6.4) عبارت است از:

Deviation over pipe length≤0.15%L ,
Local deviation in 1.0 Meter each End Pipe ≤3mm
Out of Straightness PSL2 Pipe Offshore

Deviation over pipe length:<0.15%
Local deviation in 1.0m:≤3. 0mm

با توجه به اینکه لوله های PSL2 دارای حساسیت بیشتری می باشند لذا مقدار انحراف از صاف و مستقیم بودن لوله ها بمراتب کمتر می‌باشد

مثال:یک لوله بطول 6m بر اساس API 5L تولید شده است حداکثر انحراف طول لوله از حالت صاف بودن را محاسبه نمایید چنانچه اندازه گیری بر اساس کل طول لوله (Total Length) باشد:

حداکثر مقدار انحراف از صاف بودن لوله بر اساس API 5L/ISO 3183 برای کل طول لوله0.2%*L می‌باشد لذا 0.2*6/100=0.012m می‌باشد چنانچه لوله PSL2 بوده و درمحیط Offshore استفاده گردد حداکثر مقدار انحراف از صاف بودن لوله بر اساس API 5L/ISO 3183 برای کل طول لوله0.15%*L می‌باشد لذا 0.15*6/100=0.009m مقدار انحراف از صاف بودن لوله برای کل طول لوله می‌باشد

تست MT

تست MT برروی متریال Ferromagnetic Material (فرو مغناطیس)انجام می‌گردد این تست برروی متریال هایی که خاصیت مغناطیسی دارند انجام می‌گردد با این روش عیوب سطحی ونزدیک به سطح قابل تشخیص می‌باشند در این روش ذرات پودرآهن برروی ماده با خاصیت آهنربایی ریخته شده ومیدان مغناطیسی در قطعه القاء شده ودر صورت وجود ترک و عیوب برروی سطح و یا نزدیک به سطح، در محل عیب، قطب‌های مغناطیسی تشکیل شده و میدان مغناطیسی آن ناحیه دچار اعوجاج(انحراف) شده واین قطب‌های مغناطیسی باعث جذب ذرات آهن می‌گردد و وجود عیب را میتوان از تجمع ذرات آهن تشخیص داد لذا وجود عیب سبب نشت میدان مغناطیسی شده و این میدان ذرات پودرآهن را جذب نموده و موقعیت عیب را مشخص میکند(یک میدان در مسیر معینی در قطعه حرکت میکند وجود عیب،سبب می‌گردد میدان از مسیر حرکت منحرف گردد که در اینحالت اصطلاحا از واژه نشتی میدان استفاده می‌شود)

تست MT عموما با استفاده از یوک(Yoke) وبا جریان های AC,DC بصورتAC Yoke/DC Yoke انجام می‌گردد (استفاده از جریان‌های مستقیم و متناوب) در روش تست MT با استفاده از یوک،قطعه جوش شده توسط یوک مغناطیس شده و حالت آهنربایی پیدا میکند سپس با پاشش (اسپری) ذرات ریز پودرآهن،موقعیت عیب مشخص می‌گردد

یوک قطعه ای فلزی و U شکل با یک سیم پیچ پیچیده شده در آن که جریان الکتریکی را ازخود عبور می‌دهد وقتی میدان مغناطیسی توسط یوک در قطعه ایجاد می‌شود میدان ذرات آهن را جذب می‌کند

ذرات مورد استفاده در تست MT از لحاظ شکل، قابلیت نفوذپذیری و قابلیت مغناطیس شوندگی انتخاب می‌گردند این ذرات خیلی ریز و همانند پودر می‌باشند و مغناطیس باقی مانده را درخود نگه نمی‌دارند ذرات پودر مغناطیسی توسط نشت میدان مغناطیسی جذب می‌گردند که تجمع این ذرات و نحوه و آرایش تجمع آنها نشان دهنده نوع عیب و تا حدودی ابعاد عیب می‌باشد(نحوه تجمع پودرها اطراف عیب،نوع و اندازه عیب را تا حدودی مشخص می‌کنند)

ذرات مغناطیسی باید دارای نفوذ پذیری بالایی باشند تا اطمینان از اینکه جذب این ذرات توسط میدان‌های ضعیف نیز صورت میگیرد حاصل گردد این ذرات باید قابلیت نگه داری کم داشته باشند تا مغناطیس باقی مانده درآنها کم باشد(در بسیاری موارد جهت سهولت رویت بر روی سطوح قطعه،این ذرات پودر بصورت های رنگی(سفید،قرمز،خاکستری،زرد،آبی،مشکی و...) استفاده می‌گردند) چنانچه این ذرات به مواد فلورسنت آغشته باشند در زیر نور ماورا بنفش قابل رویت می‌باشند

در روش Prod Method که با استفاده از عبور جریان از میله‌های مسی موجب ایجاد یک میدان مغناطیسی موضعی در قطعه می‌گردد نیز ممکن است در تست MT استفاده گردد

تستMT برروی فولاد استنلس آستنیتی بعلت غیرمغناطیس بودن قابل انجام نمی‌باشد

اساس تست ذرات مغناطیسی به این صورت می باشد:

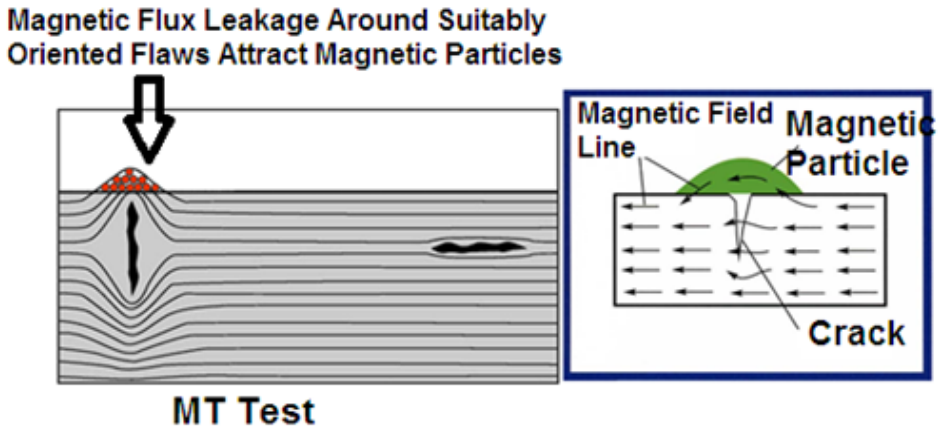
وقتی که یک ماده ی فرومغناطیس در اثر اعمال میدان مغناطیسی به صورت مغناطیسی در می آید، ناپیوستگیهایی(عیوبی) که خطوط میدان مغناطیسی را قطع می کنند باعث به وجود آمدن یک نشت میدان مغناطیسی اطراف خود می گردند(وجود ترک یا شیار سبب نشت میدان مغناطیسی می‌گردند) ذرات ریز مواد فرومغناطیس که به صورت پودر درآمده اند روی سطح مورد نظر پاشیده می شوند و توسط نشتی میدان به وجود آمده در اثر ناپیوستگی جذب می شوند و این ذرات جمع شده در روی(در قسمت) نشتی میدان، باعث دیده شدن ناپیوستگی و محل آن می گردند علاوه بر آن، شکل و مقدار ناپیوستگی را نیز نشان می دهند.

برای به دست آوردن بیشترین حساسیت در این روش، استفاده از ذرات مغناطیسی دارای خاصیت فلوئورسنت با روش پیوسته و همراه با جریان تمام موج Full) wave DC continuous) ممکن است استفاده گردد

بنابراین حساسیت تست MT با روش فلورسنت بیشتر از روش مرئی است

در شکل زیر میدان مغناطیسی ایجاد شده در قطعه در مسیر مستقیم بوده ووجود یک عیب باعث می‌گردد میدان اطراف عیب،نشت کرده(میدان از مسیر خود منحرف می‌گردد) و ذرات پودر آهن را جذب نماید

بعبارتی وقتی میدان به عیب میرسد از مسیر مستقیم خود منحرف شده و نشت نموده و سبب جذب ذرات پودر آهن که بر روی سطح پاشیده می‌شود می‌گردد می‌گردد

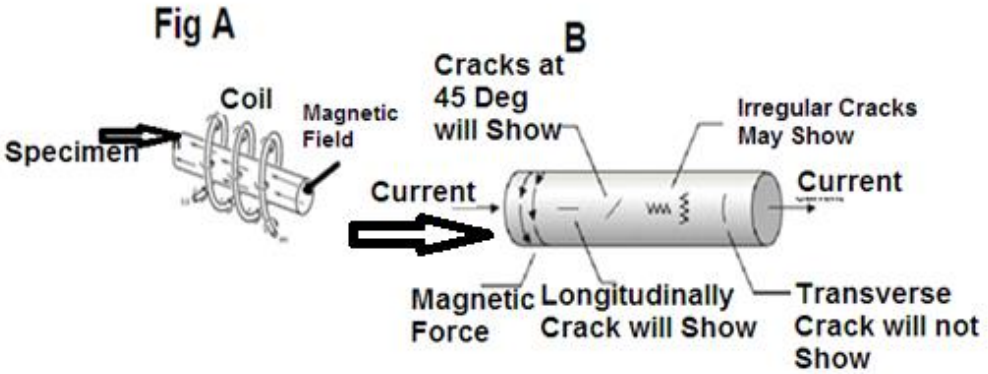


نشت میدان در تست ذرات مغناطیسی

از این روش برای یافتن عیوب سطحی و نزدیک به سطح در مواد فرومغناطیس استفاده می‌گردد در این روش همه یا بخشی از ماده مغناطیس شده و فلوی مغناطیسی از داخل قطعه عبور داده می‌شود هرگاه عیبی در سطح ویا نزدیکی سطح وجودداشته باشد باعث نشت فلوی مغناطیسی در قطعه می‌گردد ونتیجتا باعث بوجود آمدن دو قطب N,S می‌گردد که با پاشیدن ذرات ریز فرومغناطیس همچون اکسید آهن ودر صورت نیاز آغشته به مواد فلورسنت برروی سطح قطعه، میتوان ترک ویا عیوب را در زیر نور ماورا بنفش مشاهده نمود

در شکل زیر در اثر عبور جریان(جریان به موازات محور طولی لوله می‌باشد) میدان مغناطیسی دایره ای ایجاد می‌شود که این میدان مغناطیسی دایره ای (Circular)، عیوب طولی و عیوب دارای زاویه را Detect می‌کند چنانچه عیوب بصورت عمود برمحور طولی نمونه(قطعه) باشند قابل Detect نمی‌باشند

در شکل زیردر اثر عبور جریان از کویل پیچیده شده دور قطعه، میدان مغناطیسی بصورت عمود برجهت جریان در کویل ایجاد شده و میدان مغناطیسی نهایتا بصورت Longitudinal Magnetic Line وارد قطعه می‌شود بعبارتی میدان مغناطیسی موازی با محور طولی لوله می‌باشد (بنابراین،جریان از سیم پیچی که دور لوله پیچیده شده است عبور میکند در اثر عبور جریان،میدان مغناطیسی عمود بر جهت جریان در قطعه تولید می‌شود بنابراین میدان مغناطیسی به موازات محور طولی لوله می‌باشد)



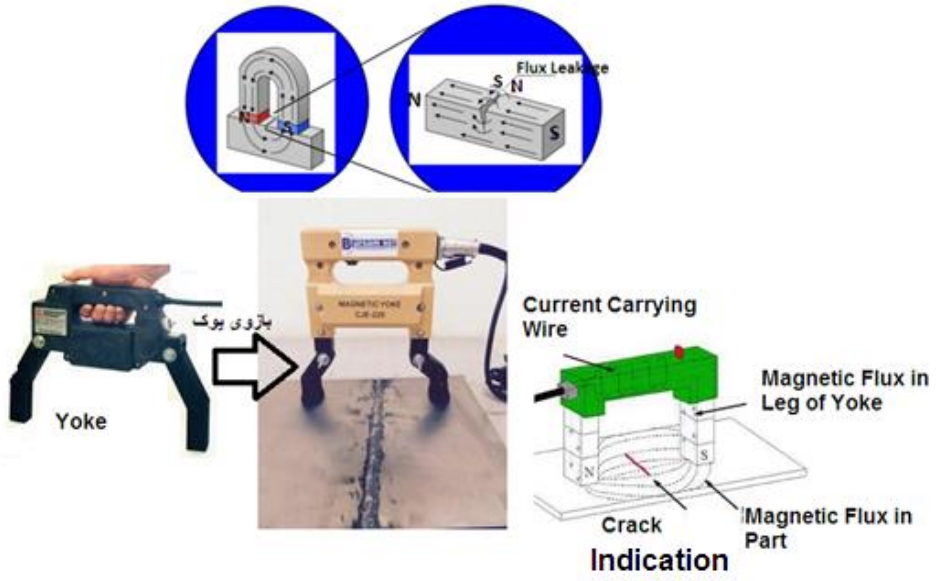
استفاده از کویل در تست MT

سوال:آیا تست MT برای یافتن عیوب داخل متریال های ضخیم مناسب است و ثانیا برای یافتن ترک ویا عیوب دیگر،آیا عیوب باید راه بدر باشند:این تست برای یافتن عیوب درعمق متریال های ضخیم مناسب نمی باشد چون میدان خیلی قوی نیاز می‌باشد و نیازی نمی باشد که عیوب راه بدر باشند این تست بر روی مواد فرومغناطیس انجام میگیرد

در شکل زیر یوک جهت تست MT نشان داده شده است که قابلیت باز شدن تا اندازه مشخصی را دارا می‌باشد(بعبارتی بازوهای یوک تا اندازه مشخصی باز میشوند) و از جریان DC/AC، بسته به عمق ترک استفاده می‌گردد برای یافتن ترک های عمیق تر ، میدان های قویتر نیاز می‌باشد در تست MT مشاهده تغییرات دانسیته و تجمع ذرات پودرآهن،که بعلت نشت خطوط میدان در قطعه مورد آزمایش بوجود می آید نوع ناپیوستگی ها شناسایی می‌گردند اگر بر روی یک قطعه فولادی فرومغناطیس،که در میدان مغناطیسی(آهنربایی) قرار گرفته شیاری ایجاد گردد وجود شیار سبب نشت خطوط میدان گردیده و ذرات پودرآهن در اطراف

شیار تجمع میکنند همچنین وجود شیار یا ترک همانند یک آهنربا عمل نموده و شیار دارای قطب های N,S می‌گردد بنابراین وقتی یک ماده فرومغناطیس در یک میدان آهنربایی قرار گیرد مانند آهنربا عمل می‌کند

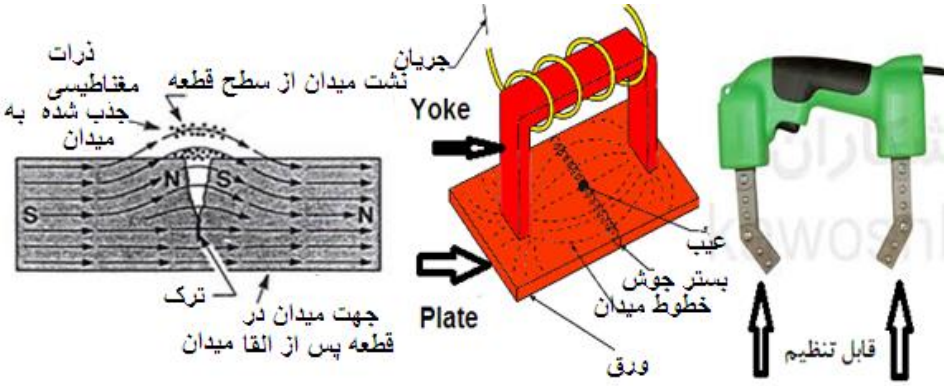
در شکل زیر یوک وخطوط میدان مغناطیسی توسط یوک بر روی قطعه نشان داده شده است



در تست MT با روش یوک، ابتدا سطح جوشکاری شده با یک ماده اسپری سفید رنگ جهت ایجاد کنتراست پوشانده می‌شود دستگاه یوک را روی سطح فلز قرار داده و سپس اسپری ذرات آهن برروی سطح پاشیده می‌شود(اسپری سفیدرنگ بدین منظور استفاده می‌گردد تا تجمع ذرات پودر آهن در موقعیت عیب،کاملا مشخص باشد) بر اساس میدان مغناطیسی بوجود آمده بین دو پایه دستگاه،ذرات فلزی پودر آهن در اطراف عیب تجمع میکنند

یوک در تست MT

در شکل زیر نشت میدان بعلت وجود عیب در قطعه نشان داده شده است همچنین نحوه بسته شدن سیم پیچ دور یوک نشان داده شده است در واقع نحوه بسته شدن سیم پیچ طوری است که جریانی وارد قطعه نمی شود بلکه میدان مغناطیسی بوجود آمده ناشی از عبور جریان از سیم پیچ، وارد قطعه می‌شود



یوک در تست MT و نشت میدان در تست MTبعلت وجود عیب

سوال:آیا انجام تست MT با استفاده از یوک برای آلومینیوم قابل انجام است:خیر تست MT برای متریال فرومغناطیس قابل استفاده است،دراثر عبور جریان از یوک،میدان مغناطیسی در یوک ایجاد شده واین میدان به قطعه آلومینیومی نیز منتقل شده ولیکن چون آلومینیوم در میدان مغناطیسی، خاصیت آهنربایی ندارد چنانچه ترکی در قطعه آلومینیومی باشد نمی تواند ذرات پودر آهن را جذب کند چون خاصیت آهنربایی ندارد ولذا محل عیب مشخص نمی گردد

سوال:در تست MT با توجه به اینکه قطعه خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند و ذرات پودر آهن را جذب میکند موقعیت ترک چگونه مشخص می‌گردد:وقتی عیبی در قطعه فرومغناطیس که تحت میدان مغناطیسی قرار گرفته وآهنربا شده، نباشد ذرات پودر آهن جذب سطح قطعه آهنربا شده، می‌گردند و بصورت منظم روی سطح توزیع می‌شوند ولیکن وقتی عیبی در قطعه باشد تجمع ذرات پودرآهن اطراف عیب بیشتر بوده و بدین ترتیب موقعیت عیب مشخص می‌گردد

روش های تست MT:تست MT در زیر نور مرئی،تست MT به روش فلورسنتی

Wet Fluorescent Magnetic Particle: WFMT استفاده ازذرات فلورسنت در تست MT

در صنعت عموما از اسپری سفید رنگ برای تست MT استفاده می‌گرددهمچنین در مواردی از اسپری سیاه رنگ نیز استفاده می‌شود ذرات مغناطیسی مورد استفاده در MT بسیار ریز بوده و به منظور سهولت رویت آنها روی قطعه، به صورت رنگی ساخته میشوند. رنگ این مواد اغلب خاکستری، سفید، قرمز، زرد، آبی و یا مشکی میباشد. به این مواد ذرات مرئی گفته می‌شود یعنی علائم زیر نور مرئی قابل رویت میباشند(بعبارتی در اثر وجود عیب،این ذرات اطراف عیب تجمع نموده و در نور مرئی(نور محیط) محل عیب مشاهده می‌گرددچنانچه از نور UV:Ultra Violet استفاده گردد از اسپری فلوئورسنت استفاده می‌گردد وقطعه زیر نور ماورابنفش بررسی شده ومحل تجمع ذرات پودر آهن(محل عیب) به رنگ بنفش مشاهده می‌شود

ذرات مغناطیسی ممکن است آغشته به مواد فلورسنت باشند که در این صورت زیر نور ماوراء بنفش قابل رویت هستند(عموما ازلامپ‌های UV در آزمایشگاه‌ها و. . . استفاده می‌گردد). حساسیت بازرسی با مواد فلوئورسنت بیشتر از مواد مرئی میباشد

اسپری‌های مورد استفاده در صنعت عموما ازمارک Magnaflux وBycotest می‌باشند

ذرات مغناطیسی به دو روش خشک (Dry Powder) و روش تر(Wet Particle) برروی قطعه اعمال می‌گردند

ذرات ریز مواد فرومغناطیس که به صورت پودر درآمده اند روی سطح مورد نظر پاشیده می شوند و توسط نشتی میدان به وجود آمده در اثر ناپیوستگی جذب می شوند و این ذرات جمع شده در روی نشتی میدان باعث دیده شدن ناپیوستگی و محل آن می گردند بنابراین در صورت وجود عیب، این ذرات اطراف عیب تجمع میکنند

ذرات مغناطیسی به دو شکل خشک (Dry Powder) که این ذرات بصورت پودر کاملا خشک بر روی سطح قطعه اسپری می‌گردند وذرات تر(Wet Powder) استفاده می‌گردند وبه دو صورت فلورسنتی و رنگی دسته بندی می‌گردند در روش تر،ذرات ریز پودرآهن در سیالی با ویژگی خاص معلق میشوند(ذرات نباید در سیال حل گردند چون ذرات باید در موقعیت عیب قرار گیرند سیالات نفتی یکی از سیالاتی است که برای تعلیق ذرات پودرآهن استفاده می‌گردد وبرای هردو روش رنگی و فلورسنتی استفاده می‌گردد)

بنابراین ذرات مغناطیسی به دو روش روی قطعه اعمال می شوند : الف:به صورت پودر خشک Dry powder ب:ویا به صورت معلق درآب یا نفت Wet particle)

ذرات فلورسنتی:ذرات پودر آهن که به مواد فلورسنتی آغشته شده تا در زیر نور ماورا بنفش قابل مشاهده باشد

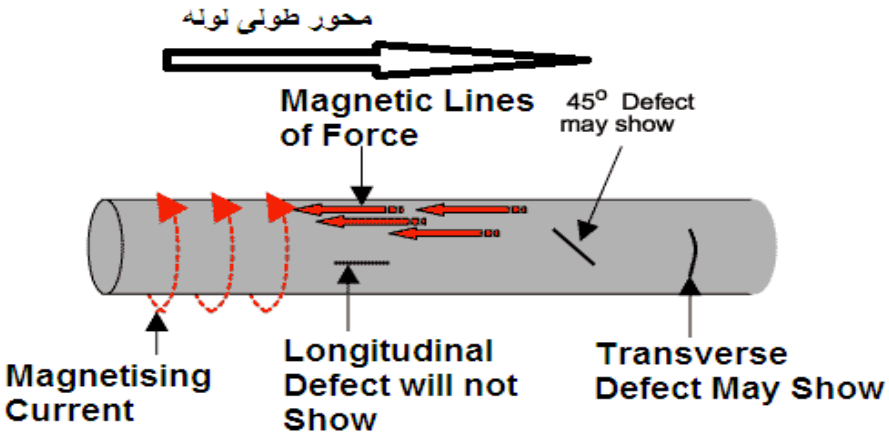
در روش فلورسنتی،ذرات پودرآهن بصورت خشک یا تر بر روی سطح اسپری شده وسپس زیر نور ماورا بنفش،بررسی می‌گردد از اسپری فلورسنتی نیز استفاده می‌شود در روش نور مرئی نیز از روش خشک یا تر استفاده می‌شود

بعد ازاتمام تست MT ،عملیات دی مغناطیس کردن بر حسب استفاده و کاربرد ممکن است برروی متریال انجام گردد مغناطیس پسماند ناشی از تست MT میتواند سبب انحراف قوس در جوشکاری گردد در واقع بعد از اتمام تست MT،قطعه همچنان مغناطیس(مگنت) می‌باشد

تکنیک هایی که در تست MT استفاده می‌شوند شامل:

Prod Technique,Yoke Technique,Circular Magnetization Technique,Coil Technique,Longitudinal Technique,Multidirectional Magnetization Technique

سوال:در شکل زیر چه عیوبی با تست مغناطیسی قابل شناسایی می باشند:میدان مغناطیسی موازی با محور طولی لوله می‌باشد بنابراین چنانچه عیوب موازی محور طولی لوله باشند نشتی میدان مغناطیسی بسیار جزئی بوده و عیوب قابل شناسایی نمی باشند حال وقتی عیبی عمود برجهت این میدان باشد با برخورد میدان به عیب،نشتی بسیار زیادی در میدان مغناطیسی اتفاق میافتد و عیوب شناسایی می‌گردند در این شکل عبور جریان،بصورت محیطی یا Circular می‌باشد که میدان مغناطیسی به موازات محور طولی قطعه ایجاد می‌شود



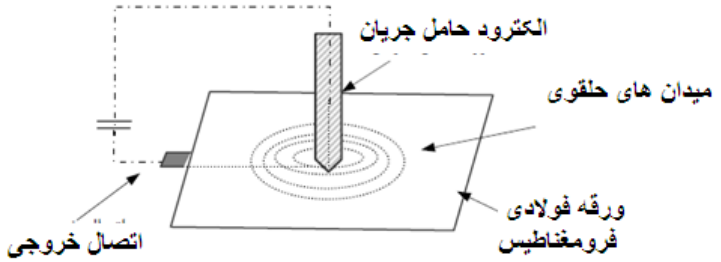
لذا تست MT فقط برای فلزات مغناطیس از قبیل فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژ، چدنها، بعضی از فولادهای زنگ نزن، و نیکل محدود می‌شود آلومینیوم، منیزیوم و خیلی از استنلس‌ها قابلیت انجام تست MT ندارند

Prod(پراد)

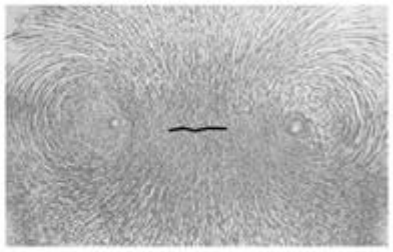
پراد(Prod Method) وسیله ای است که با استفاده از عبور جریان از میله‌های مسی(برنجی) موجب ایجاد یک میدان مغناطیسی موضعی می‌شود (Local magnetize)

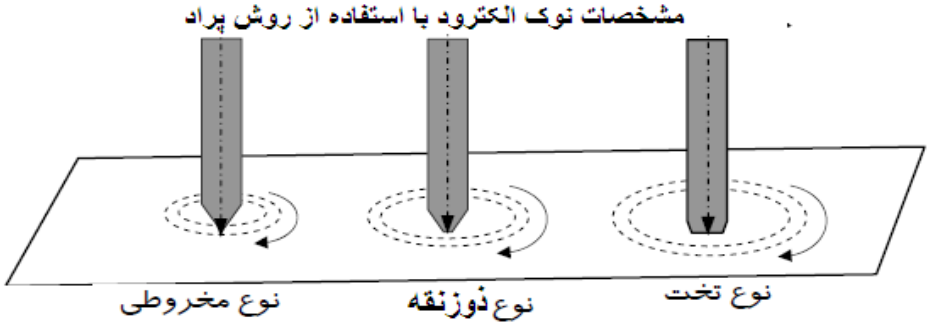
درروش پراد،جریان الکتریکی مستقیما از قطعه عبور میکند و میدان مغناطیسی در قطعه ایجاد می‌شود در حالیکه در روش یوک جریان الکتریکی از قطعه عبور نمی‌کند و جریان الکتریکی فقط از یوک عبور میکند که سبب ایجاد میدان مغناطیسی اطراف یوک می‌گردد سپس این میدان مغناطیسی،وارد قطعه می‌شود

چنانچه از یک هادی ، جریان الکتریکی عبور نماید در اطراف هادی میدان های حلقوی بوجود می‌آیند ووقتی هادی(الکترود مسی) بر روی یک قطعه از جنس متریال فرومغناطیس قرار گیرد در قطعه میدان حلقوی ایجاد می‌گردد



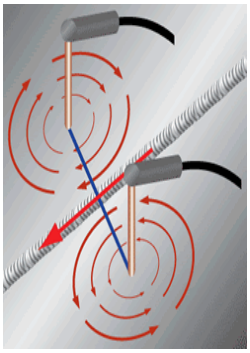
در روش پراد از دو الکترود جداگانه(یکی از الکترودها بعنوان فرستنده و الکترود دیگر بعنوان گیرنده می‌باشد) استفاده می‌گردد شرط برقراری جریان،اتصال کامل الکترودها بر روی سطح قطعه می‌باشد هر الکترود میدان حلقوی مجزایی پیرامون خود بر روی قطعه تشکیل میدهد الکترودها بصورت جداگانه به منبع وصل می‌گردند و جریان از الکترود ورودی وارد قطعه شده و توسط الکترود گیرنده از قطعه خارج می‌گردد لذا هردو الکترود به مانند یک سیم هادی جریان عمل میکنندراین روش عیوبی قابل آشکار خواهند بود که در فاصله بین دو الکترود خطوط حلقوی بین میدانها را بطور عمودی قطع نماید(بنابراین در روش پراد،خطی که دو الکترود را به یکدیگر وصل می‌کند را رسم نموده و لذا عیوبی که موازی این خط باشند قابل Detect می باشند و جهت میدان مغناطیسی بین الکترودها عمود برخطی که دو الکترود را به یکدیگر متصل میکند می‌باشد با پاشیدن ذرات آهن،محل عیب مشخص می‌گردد نوک الکترودها بصورت تخت و مخروطی استفاده می‌گردد جنس الکترود و سطح مقطع تماس از فاکتورهای بسیار مهم در این روش می باشند الکترودها عموما از جنس مس،آلومینیوم،سرب،فولاد می‌باشد و در اشکال مختلف ساخته می‌شود در این روش ،دو الکترود را با استفاده از یک خط به یکدیگر وصل نموده عیوب موازی این خط با روش پراد قابل Detect می‌باشند

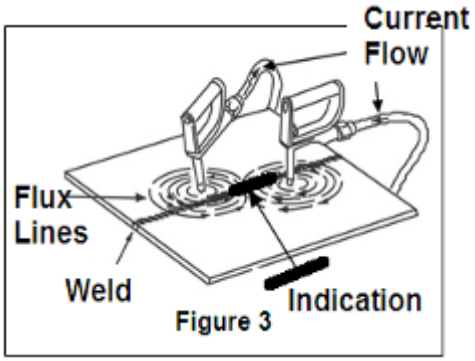




Prod در تست MT

بطور کلی ، در روش پراد، بیشترین قدرت آشکارسازی،برای عیوبی که موازی با خط جوش می‌باشد دو الکترود در طرفین جوش همانند شکل زیر قرار می‌گیرند





استفاده از پراد در تست ذرات مغناطیسی

در این روش با عبور جریان ازپراد، و ایجاد میدان مغناطیسی Circular (حلقوی) اطراف پایه پراد، عیوب مشخص می‌گردد البته بار دوم، پراد به اندازه90 درجه میچرخد تا همه عیوب کاملا شناسایی گردد عموما از الکترودهای مسی با دسته عایق در تست پراد استفاده می‌گردد با عبور جریان بین پراد، میدان مغناطیسی دایره ای(حلقوی) اطراف پراد ایجاد می‌گردد واین میدان ایجاد شده(میدان مغناطیسی اطراف پراد) برای تست با ذرات مغناطیسی استفاده می‌گردد چنانچه تماس بین پراد و قطعه کار بدرستی انجام نگیرد قوس الکتریکی ممکن است سبب آسیب رساندن قطعه گردد بهیمن دلیل از این روش برای قطعات حساس(هوا فضا) عموما استفاده نمی گردد لذا هرچند وقت نوک الکترودها باید بررسی گردد تا اکسید،آلودگی،Scale بر روی آنها تشکیل نگردد ودرصورت تشکیل اکسید،Scale و آلودگی ،آماده سازی لازم بر روی نوک الکترود انجام گیرد

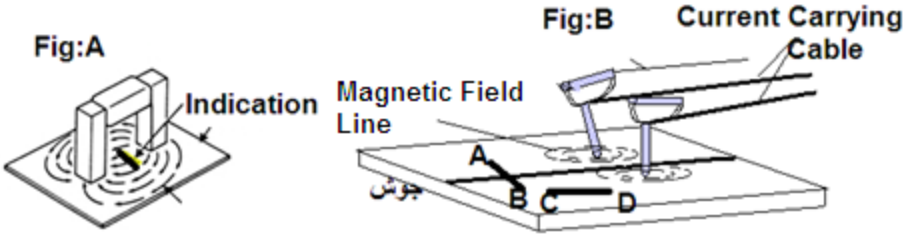
به وسیله تست ذرات مغناطیسی و با استفاده از یوک و پراد می‌توان بسیاری از عیوبی که به سطح راه پیدا کرده اند را درقطعات جوشکاری شده، شناسایی کرد برای شناسایی عیوب زیر سطحی مثل ناخالصی‌های جوش، حفره‌های گازی و عدم نفوذ در ریشه جوش، روش پراد همراه با جریان متناوب، مستقیم یا جریان نیم موج، بهترین روش می‌باشد

در روش یوک از اسپری سفید رنگ بر روی جوش جهت ایجاد کنتراست استفاده می‌گردد ابتدا یوک را بر روی سطح فلز قرار داده وماده سفید رنگ جهت ایجاد کنتراست بر روی سطح قطعه یا جوش اسپری شده، سپس ذرات پودر آهن برروی سطح پاشیده می‌شود بر اساس میدان مغناطیسی بین دو پایه یوک،ذرات پودر آهن در اطراف عیب جوش، تجمع میکنند

یکی از تفاوت‌های یوک و پراد، این است که در یوک، سیم پیچ وجوددارد لذا وقتی جریان از سیم پیچ عبور میکند میدان مفناطیسی عمود بر جهت جریان ایجاد شده و لذا میدان مغناطیسی در قطعه بصورت طولی ایجاد می‌گردد (جهت میدان ازN به S می‌باشد) درحالیکه درپراد جهت میدان مغناطیسی بصورت Circle Magnetic Field می‌باشد

استفاده ازیوک در تست MT

سوال:در شکل زیر دو تست مغناطیسی Yoke Test,Prod Test انجام میگیرد آیا عیوبی که در شکل Fig A نشان داده شده است کاملا توسط روش یوک شناسایی می‌گردد:بلی چون جهت خطوط میدان عمود بر عیب بوده و عیوب براحتی شناسایی می‌گردند چنانچه عیوب موازی میدان باشند قابل Detect نمی‌باشند در تست پراد،کدام عیوب جوش در شکل زیر، راحت تر قابل شناسایی می باشند عیوب AB یا عیوب CD: عیوب AB یقینا براحتی توسط تست پراد قابل شناسایی می باشند چون عیوب AB عمود برخطوط میدان می باشند و عیوب CD ممکن است توسط پراد شناسایی نگردند به همین دلیل مرتبه دوم تست با زاویه 90 درجه نسبت بحالت قبلی انجام می‌گردد تا عیوب کاملا شناسایی گردند



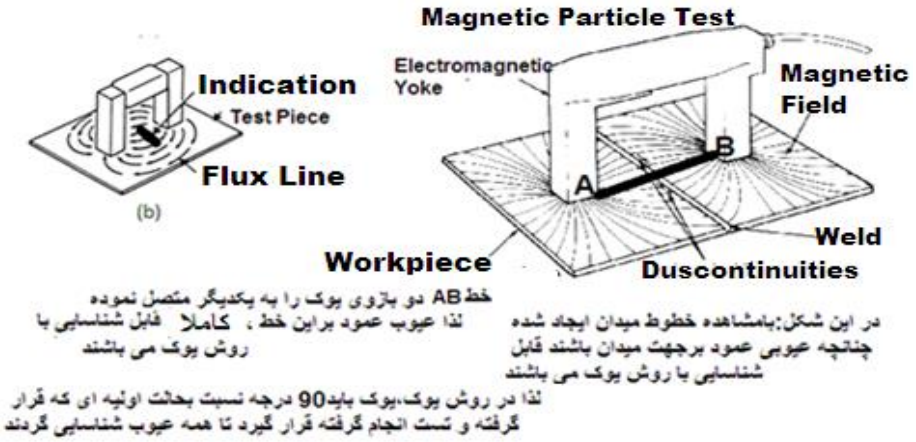
متدها و تکنیک‌های تست MT با استفاده از ذرات مغناطیسی یاMagnetic Particle عبارت است از:

Dry Magnetic Powder,Wet Magnetic Particle,Polymer Magnetic Particle,Magnetic Slurry/Paint Magnetic Particle

روش یوک:(Yoke)

در روش یوک چون خطوط میدان از یک پایه به پایه دیگر است(شکل فوق) لذا عیوبی که عمود بر این خطوط میدان باشند قابل شناسایی می‌باشند ترک هایی که به موازات خطوط میدان باشند قابل شناسایی نمی‌باشند لذا برای یافتن عیوب، پایه‌های یوک 90 درجه نسبت بحالت اولیه قرار میگیرد تا همه عیوب شناسایی گردند با قرار گرفتن یوک بر روی قطعه،خطوط میدان بین دو قطب شکل میگیرد میله ای از درون یک سیم پیچ همانند شکل های فوق، عبور میکند میدان هایی با خطوط طولی در میله تشکیل می‌گردند اگر دو سر میله خم گردد خطوط میدان با همان ماهیت در دو ساق یوک تولید خواهد شد(به نحوه ساختمان یوک توجه شود،جریانی وارد قطعه نمی شود)

چه نوع عیوبی با استفاده از روش یوک قابل شناسایی می باشند:ابتدا با یک خطی فرضی دو بازوی یوک را به یکدیگر وصل نموده عیوبی که عمود براین خط باشند توسط یوک قابل شناسایی می باشند البته متریال مورد تست ،باید فرومغناطیس باشند



استفاده ازیوک در تست MT

یوک قطعه ای است فلزی و U شکل با یک سیم پیچ پیچیده شده دور آن که جریان را از خود عبور می‌دهد. هنگامی‌که کویل(سیم پیچ) حامل جریان شود در امتداد یوک، یک میدان مغناطیسی طولی در یوک و در قطعه تست ایجاد می‌شود. میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط یوک میتواند ذرات آهن را به شدت جذب کند و جهت بررسی عیوب سطحی به کار می‌رود. اگر ذرات آهن در میدان میان دو قطب یوک پاشیده شوند. علائم عیوب سطحی را به آسانی می‌توان مشاهده نمود.
جریان متناوب یکی از مناسبترین جریانهای الکتریکی است که موارد مصرف روزمره دارد به همین دلیل از آن به منظور منبعی برای تست ذرات مغناطیسی استفاده می‌گردد

ذرات مغناطیس بصورت پودر خشک برروی سطح اسپری می‌گردند(Dry Powder) ویا بصورت ذرات معلق در نفت یا آب اسپری می‌گردند (Wet Particle)

تکنیک های تست MT:تکنیک های تست ذرات مغناطیسی شامل Prod Technique تکنیک پراد،تکنیک مغناطیس کنندگی طولی Longitidinal Magnetization(در این حالت میدان مغناطیسی بصورت طولی و موازات محور قطعه، ایجاد می‌شود)تکنیک مغناطیس کنندگی دایره‌ای Circular Magnetization،تکنیک یوک Yoke Technique و تکنیک مغناطیس کنندگی چند جهتی Multi Directional Magnetization می باشند

برای تست با MT ناصافی سطح ممکن است ایجاد پل نموده و ترک‌ها در زیر پل‌ها مخفی بمانند

در این تست پوشش‌های نازک رنگ و سایر پوشش‌های غیرمغناطیسی مشکلی ایجاد نمی‌کنند

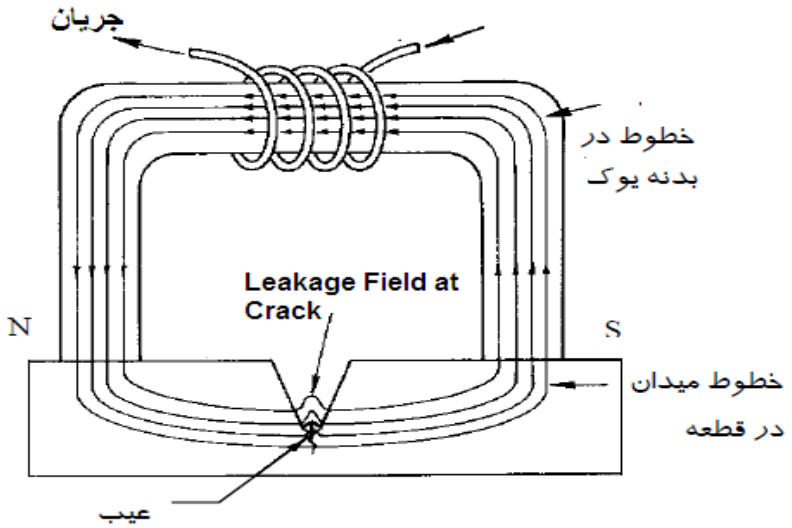
هم جریان مستقیم و هم جریان متناوب برای مغناطیس کردن قطعات مناسب هستند. قدرت، جهت و توزیع میدان مغناطیسی به نوع جریانی که برای مغناطیسی کردن از آن استفاده شده است بستگی دارد. در تست ذرات مغناطیسی معمولا میدانی که توسط جریان مستقیم به وجود می‌آید در داخل قطعه نفوذ می‌کند. در حالی که میدانی که در اثر جریان متناوب ایجاد می‌شود فقط محدود به سطح یا نزدیک سطح قطعه می‌شود که معمولا به عنوان اثر سطحی شناخته می‌شود. بنابراین برای پیدا کردن عیوب زیر سطحی نباید از جریان متناوب استفاده شود

به وسیله تست ذرات مغناطیسی و با استفاده از یوک و پراد می‌توان بسیاری از عیوبی که به سطح راه پیدا کرده اند ویا عیوب زیرسطحی را شناسایی کرد

همانطور که بیان گردید پودرهای خشک ذرات آهن با رنگ های مختلفی در تست MT در تست نور مرئی استفاده می‌گردند(هدف از رنگی نمودن ذرات پودر آهن، برای شناسایی بهتر موقعیت عیب می‌باشد) در موارد نادر پودرهای خشک به رنگ فلورسنتی تولید می‌گردند

سوال:چرا در روش یوک احتمال جرقه وجود ندارد:در واقع یوک شامل یک سیم پیچی که جریان فقط از سیم پیچ عبور میکند و در سطح قطعه، میدان مغناطیسی القا شده ،ایجاد می‌گردد که بجز آهنربا نمودن سطح قطعه مورد آزمایش، اثر دیگری برقطعه ندارد

درشکل زیر نحوه سیم پیچ در یوک،خطوط میدان مغناطیسی در یوک وقطعه،نشتی جریان بعلت وجود ترک نشان داده شده است



چرا روش پراد روش مستقیم (Direct) می‌باشد :چون جریان الکتریکی وارد قطعه شده و سبب ایجاد میدان مغناطیسی می‌گردد در حالیکه در روش های غیرمستقیم(Indirect)،جریان الکتریکی وارد قطعه نمی شود در اینحالت،میدان مغناطیسی در قطعه القا می‌شود لذا در روش غیرمستقیم، از واژه القا استفاده می‌گردد)

معایب ومحدودیتهای تست MT : این تست،به نیازمند جریان برق می‌باشد . امکان بازرسی فقط جهت فلزات مغناطیس شونده، میسر می‌باشد . اغلب قطعات نیازبه مغناطیس زدایی پس ازانجام آزمایش دارند. عملیات مغناطیس زدایی معمولا با استفاده ازجریان AC انجام می شود . باعبوردادن آهسته قطعه ازمیدان مغناطیسی متناوب و باکم کردن تدریجی شدت جریان مغناطیس کننده تا صفر،نظم دوقطبی های مغناطیسی ، بهم ریخته وقطعه مغناطیس زدایی می شود .تست MT، فقط عیوب سطحی یا نزدیک به سطح را بررسی می کند- عمق عیب را تعیین نمی کند- بررسی باید در دو جهت انجام شود.

Hardfacing Weld Overlay

براساس ASME IX تست‌های مورد نیاز جهت Qualify نمودن PQR با روش Hardfacing Weld Overlay شامل تست‌های PT,Macro Test,Hardness Test و Chemical Composition می‌باشد

برای تست جوشکار Hardfacing Weld Overlay فقط تست ماکرو و ودرمواردی تست PT نیاز می‌باشدالبته قبل از تست PT ، عملیات Surface Condition باید انجام گیرد

براساس ASME IX تست‌های مورد نیاز جهت Qualify نمودن PQR با روش

Corrosion Resistance Weld Overlay شامل تست‌های PT,Side Bend,Chemical Analysis می‌باشد برای تست جوشکار Corrosion Resistance Weld Overlay فقط تست Side Bend انجام می‌گردد

Hardfacing Weld Overlay(HFO),Corrosion Resistance Weld Overlay(CRO)

اصطلاح Hard Facing Weld Metal Overlay و Corrosion Resistance Weld Metal Overlay عبارت است از ایجاد یک یا لایه‌های بیشتری از جوش برروی سطح فلزجهت بهبود خواصی چون مقاومت به خوردگی،مقاومت سایشی انجام می‌گردد بنابراین Hardfacing Weld Metal Overlay، انجام جوشکاری با الکترود/فیلرمتال برروی سطح فلز(مثال:فولاد) جهت ایجاد سطحی مقاوم در برابر سایش می‌باشد

Corrosion Resistance Weld Metal Overlay ایجاد جوشکاری با استفاده ازالکترود/فیلرمتال برروی سطح فلز(مثال: فولاد) جهت ایجاد سطحی مقاوم دربرابر خوردگی می‌باشد که با روش جوشکاری انجام می‌گیرد

سوال:تفاوت Hardfacing و Hardfacing Weld Overlay چیست: هدف از Hardfacing ایجاد سطحی مقاوم به سایش می‌باشد که با روش هایی همچون اسپری،جوشکاری و...حاصل می‌شود در حالیکه Hardfacing Weld Overlay ایجاد سطحی مقاوم به سایش که با روش های مختلف جوشکاری، حاصل می‌شود

مثال: جوشکاری برروی پلیتی به ضخامت "1/2 با پروسه SMAW بصورت HFO جهت ایجاد لایه مقاوم به سایش(Hardfacing) جوشکاری نموده است محدوده ضخامتی از فلز پایه که این جوشکار Qualify می‌باشد عبارت است (Essential Variable ثابت می‌باشند):

براساس جدول QW-453، جوشکار محدوده ضخامت Unlimitted-"½ را با روش SMAW مجاز به جوشکاریHardfacing Overlay می‌باشد(Essential Variable ثابت می‌باشند)

بعبارتی وقتی ضخامت پلیت در محدوده Unlimited-"½ می‌باشد جوشکار با رعایت Essential Variable مجاز به جوشکاری HFO می‌باشد

آیا این جوشکار مجاز به جوشکاری برروی لوله با پروسه SMAW می‌باشد :خیر این جوشکار مجاز به جوشکاری با پروسه SMAW بصورت Hardfacing Overlay می‌باشد

براساس جدول QW-453، جهت صلاحیت جوشکار

به روشHardfacing Overlay/ Corrosion Resistance Overlay دو محدوده ضخامت مشخص می‌گرددالف:ضخامت فلزپایه کمتر از"1، ب:ضخامت فلزپایه"1≤Thk(Base Metal)

وقتی جوشکاری برروی متریالی به ضخامت کمتر از"1بصورت Hardfacing Overlay/Corrosion Resistance Overlay جوشکاری و تایید گردد این جوشکار مجاز به جوشکاری ضخامتی که تست داده تا ضخامت بی نهایت را مجاز به جوشکاری Hardfacing Overlay/Corrosion Resistance Overlay است

وقتی جوشکاری برروی متریالی به ضخامت"1≤Thkرا بصورتHardfacing Overlay/Corrosion Resistance Overlay جوشکاری و تایید گردد این جوشکار مجاز به جوشکاری ضخامت‌های "1 تا ضخامت بی نهایت براساس QW-453 می‌باشد البته جوشکاری که به روش CRO تایید گردد مجاز به جوشکاری با HFO نمی باشد و بالعکس

Hardfacing Weld Overlay(PQR)

براساس ASME IXتست‌های مورد نیاز جهت Qualify نمودن PQR با روش Hardfacing Weld Overlay شامل تست‌های PT,Macro Test,Hardness Test و Chemical Composition (وقتی در WPS مشخص گردید) می‌باشد

Hardfacing Weld Overlay(Welder Test)

برای تست جوشکار Hardfacing Weld Overlay فقط تست ماکرو و ودرمواردی تست PT نیاز می‌باشدالبته قبل از تست PT عملیات Surface Condition باید انجام گیرد

Corrosion Resistance Weld Overlay(PQR)

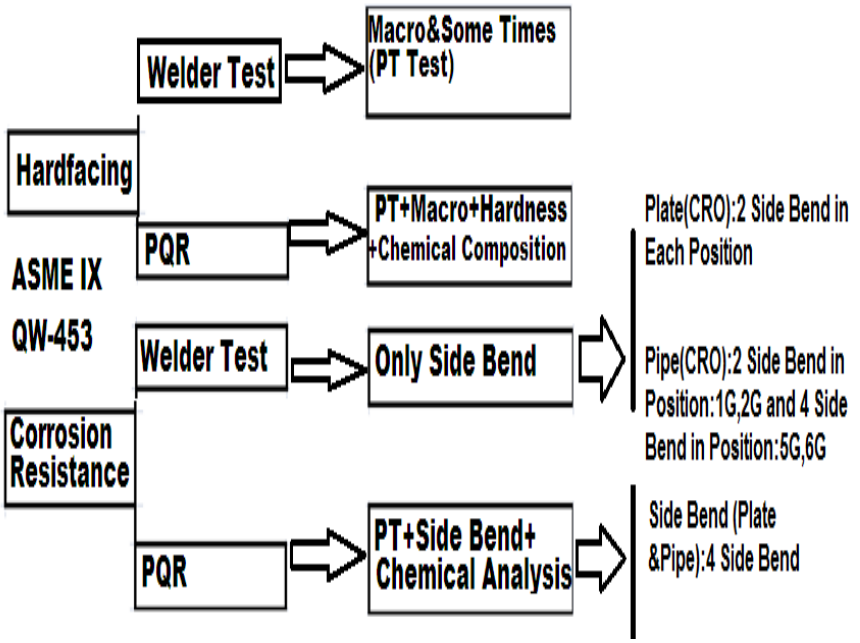
براساس QW-453 جهت Qualify نمودن(Corrosion Resistance Weld Overlay)PQR ، تست‌های PT و تعداد 4 تست Side Bend و همچنین Chemical Composition وقتی در WPS مشخص گردید باید انجام گردد

Corrosion Resistance Weld Overlay(Welder Test)

برای تست جوشکار(Welder Performance)Corrosion Resistance Weld Overlay فقط تست Side Bend انجام می‌گردد که موقعیت نمونه های تست خمش Side Bend بر روی لوله،براساس QW-453(Note 5,6)، تعیین می‌گردد

جدول زیر تست‌های مورد نیاز جهتQualify نمودن PQR/Welder Test وقتی جوشکاری بصورت Hardfacing Weld Overlay/Corrosion Resistance Weld Overlay میباشد

تست‌های مورد نیاز جهت تعیین صلاحیت جوشکار و PQR(Qualification) جوشکاری Hardfacing/Corrosion Resistance Weld Overlay



API 650

براساس API 650(5-4-1) حداقل ضخامت ورق انولار(مخازن کربن استیل) بدون در نظر گرفتن Corrosion Allowance(حد مجاز خوردگی) باید 6mm باشد و حداقل پهنای ورق‌های Bottom Plate شامل Sketch Plate,Rectangular Plate باید دارای پهنایی حداقل 1800mm باشند و براساس جدول 5-1(a) مقدار ضخامت ورق Annular Plate بصورت تابعی از ضخامت First Course of Shell (ضخامت کورس اول مخزن)و همچنین مقدار Stress یا تنش در کورس اول می‌باشد با افزایش ضخامت کورس اول(افزایش محدوده ضخامت کورس اول)، ضخامت ورق Annular براساس جدول زیر، افزایش می‌یابد بطور مثال ،وقتی ضخامت کورس اول مخزن20mm و مقدار استرس در کورس اول کمتر از 190Mpaباشد حداقل ضخامت ورق انولار بدون احتساب Corrosion Allowance(حد مجاز خوردگی) برابر با 6mm می‌باشدحال با افزایش ضخامت کورس اول و یا افزایش مقدار استرس در کورس اول مخزن، ضخامت ورق انولاربراساس جدول زیر افزایش می‌یابد چنانچه مخازن از متریال استنلس باشد بایدبه API 650 App.S مراجعه گردد

ضخامت ورق‌های انولار براساس ضخامت شل مخازن ومقدار تنش براساس API 650

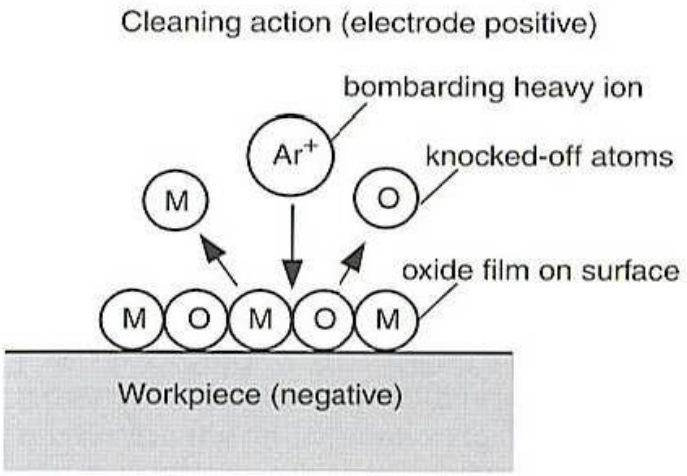
Table 5-1a—(SI) Annular Bottom-Plate Thicknesses (t_b)

Plate Thickness of First Shell Course(mm	Stress in First Shell Course			
	≤190	≤210	≤ 220	≤ 250
t≤ 19	6	6	7	9
19< t≤25	6	7	10	11
25< t ≤ 32	6	9	12	14
32< t≤ 40	8	11	14	17
40< t ≤ 45	9	13	16	19

درمخازن استوانه ای، هرچه کورس مخزن بالاتر میرود ضخامت پلیت‌های کورس مخزن کاهش می‌یابد با کاهش ضخامت پلیت ها، اولا مقدار وزن کاهش میبابد، ثانیا مقدار هزینه کاهش یابد ثالثا چون مخازن استوانه ای می‌باشند در کورس‌های بالاتر، فشار سیال کمتر بوده و لذا پلیت‌های با ضخامت کمتر استفاده می‌گردد(مخازن استوانه ای فشارpgh اعمال می‌شود در کورس‌های بالاتر فشار هیدرواستاتیک همواره کاهش می‌یابد

سوالات

سوال:دلیل Arc Cleaning(عملیات تمزکاری که توسط قوس انجام می‌گیرد) در پلاریته DCEP درجوشکاری تیگ:گازهای محافظ در فضای قوس یونیزه(باردار) می‌گردند و با برخورد این یون‌های مثبت به سطح قطعه،لایه های اکسیدی شکسته می‌گردند شسکسته شدن لایه های اکسیدی،برداشته شدن لایه های زنگ از روی سطح،بمنزله تمیزکاری سطح قطعه می‌باشد چون این اکسیدها میتوانند مشکلات فراوانی در زمان جوشکاری ایجاد نمایند(نقطه ذوب این اکسیدها با فلزپایه تفاوت زیادی دارد،این اکسیدها مانع ذوب فلز شده،میتوانند سبب ایجاد آخال گردند بعنوان نمونه وجود اکسید آلومینیوم که بر روی سطح آلومینیوم ایجاد می‌گردد)



Ferrous weld metal chemical composition may be designated using:Ano

آیا برای فلزجوش PQR(Pno:21) از Ano استفاده می‌شود:خیر Pno:21 مربوط به مس و آلیاژهای مس بوده وبعنوانNonferrous بوده درحالیکه Ano فقط برای فلزجوش متریال Ferrous استفاده می‌شود

سوال:آیا برای فلزجوش متریال با Pno:10J از Ano استفاده می‌شود:بلی Pno:10J مربوط به فولادهاست

سوال:آیا براساس ASME IX ممکن است چندین الکترود دارای Fno یکسانی باشند:بلی براساس ASME IX QW-432 منعی ندارد بطوریکه الکترودهای با SFA:5.2,5.9,5.17,5.18,5.20,5.22,5.23,5.26,5.28,5.29 همگی دارای Fno:6 می باشند ویا الکترودهایE7015,E7016,E7018 همگی دارای Fno:4 می باشند

سوال:مدت زمانی که جوشکار مجاز بهImmediate Retest می‌باشد را بر اساس ASME IX تعیین نمایید:هیچگونه زمانی برای تست مجدد جوشکار بصورت Immediate Retest بر اساس ASME IX مشخص نگردیده است در Immediate Retest جوشکار بدون تمرین بیشتر(Further Training) مجددا تست می دهد

سوال:چرا الکترودهای ضخیم ویا الکترودهای با پوشش ضخیم با پلاریته DCRP عموما استفاده می‌گردند:چون این الکترودها حرارت بیشتری برای ذوب نیاز داشته که در روش DCRP حدود 2/3حرارت در الکترود تولید می‌گردد

مثال:یک جوشکار در Position:4G جوشکاری نموده و تایید گردیده است این جوشکار لوله‌های با سایز "OD>24 را در چه وضعیتی با رعایت Essential Variable مجاز به جوشکاری است:

براساس QW-461.9 این جوشکار لوله های با سایز "OD>24را در وضعیت Position: F, O مجاز به جوشکاری است،این جوشکار لوله های با سایز "OD≤24 را فقط بصورت Flat مجاز به جوشکاری می‌باشد همچنین این جوشکار لوله های با قطر "OD≤2 7/8 را مجاز به جوشکاری نمی باشد،آیا این جوشکار، مجاز به جوشکاری در وضعیت های Position:3G,5G,6G می‌باشد :خیر این جوشکار وضعیت عمودی را مجاز به جوشکاری نمی باشد

A Welder Qualifying with a Groove Weld in Plate in the 4G Position in Qualified to Weld Groove Welds in Plate and Pipe Over 24" OD in the Positions

1-Overhead 2-Flat and Horz.3-Flat and Overhead 4-Horizontal

QW-461.9 Performance Qualification-Position and Diameter Limitation
(Within the Other Limitations of QW-303)

Qualification Test		Position and Type Weld Qualified(note 1)		
		Groove		
Weld	Position	Plate & Pipe Over 24" (610mm).OD	Pipe ≤ 24 in (610mm)OD	Fillet Plate and Pipe
Plate-Groove	4G	F,O	F(Note 2)	F,H,O

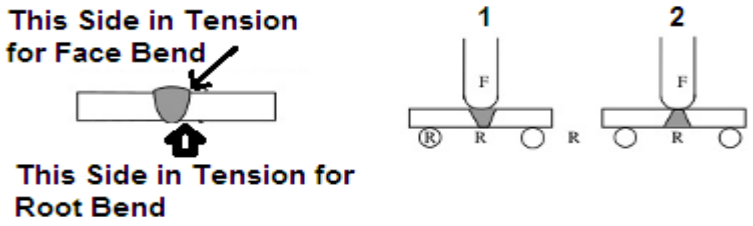
2:Pipe 2 7/8"(73mm) OD and Over

سوال:Filler Metal بر اساس: SFA,A No,AWS Class,Fno تعیین می‌گردد؟

براساس AWS QW-404 ، Fno نشان دهنده Filler Metal می‌باشد لذا گزینه Fno صحیح است

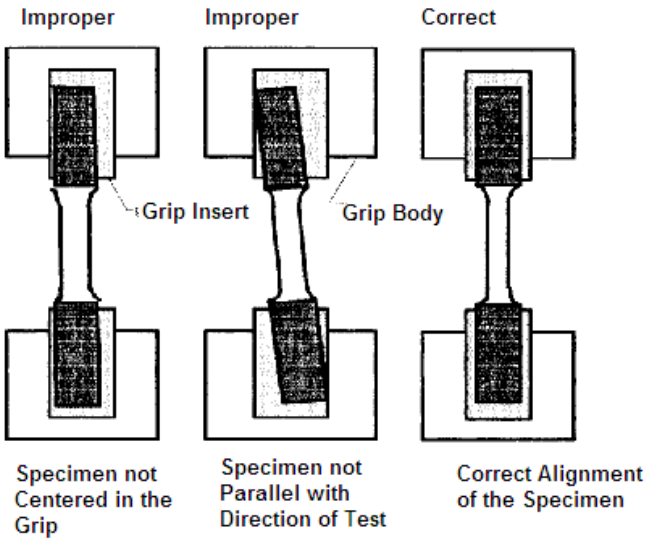
سوال:تعریف T.C:Thermal Conductivity،نرخ انتقال حرارت در متریال، T.C نامیده می‌شود متریال با T.C بالاترجهت جوشکاری،،نیاز به حرارت بیشتری دارند

سوال:در شکل زیر نمونه Root Bend,Face Bend را تعیین نمایید :نمونه شماره یک،Root Bend می‌گردد چون نمونه از طرف جوش ریشه،خم می‌گردد و سح محدب بعد از خمکاری ، پاس ریشه می‌باشد ونمونه شماره دو،Face Bend می‌باشد



نمونه های تست خمش

سوال:در شکل زیر نمونه تست کشش که بصورت صحیح(Correct) و نامناسب (Improper) در Grip دستگاه تست کشش قرار گرفته، نشان داده شده است



نمونه های تست کشش

مثال:درجوشکاری GTAW فلزات آلومینیوم و منیزیوم بعلت تشکیل لایه اکسیدی از جریان AC عموما استفاده می‌گردد

When welding aluminum, and magnesium with GTAW, _____ is normally used.
a. DCEN,b. CCPO,c. DCEP,d. AC

Arc Stability یا پایداری قوس عبارت است از شروع و نگهداری قوس الکتریکی در زمان جوشکاری(شروع قوس در جوشکاری خیلی مهم است برخی عناصر موجود در پوشش الکترود،جوشکاری با برخی پروسه ها و نوع پلاریته فاکتورهای تاثیر گذار بر شروع قوس و پایداری قوس می باشند تلاش بر آن است تاشروع قوس راحت تر بوده وهمچنین قوس در زمان جوشکاری باید پایدار باشد بعنوان مثال با تغییر طول قوس وپارامترهای جوشکاری،قوس سریعا قطع نگردد، اکسید تیتانیوم، پتاسیم، سیلیکات، کربنات کلسیم علاوه برخصوصیات دیگر بعنوان موارد پایدار کننده قوس، Arc Stability به روکش الکترود های جوشکاری برق اضافه می‌گردند

The three welding documents required to make a production weld (as required by ASME IX) are:a. WPS, PQR, WPL,b. PSW, QPR, WPQ,c. WPQ, PQR, WPS,d. POR, PQR, WOR

مثال: مدارکی که براساس ASME IX برای جوشکاری Productionنیاز می باشند عبارتند از:

WPS,PQR,WPQبنابراین گزینه C صحیح است

سوال:Heat Lost (اتلاف حرارتی)در جوشکاری قوس الکتریکی بدلایل: Convection,Conduction,Radiation,Diffusion می‌باشد

مثال:مفسر فیلم های رادیوگرافی باید حداقل داری Level II(ASNT) باشد

مثال:از کبالت برای رادیوگرافی ضخامت های عموما"7-"1.5 استفاده می‌گردد قدرت نفوذCobalt 60 بالاست همچنین نیمه عمر این ماده رادیواکتیو5.26Years می‌باشد

Cobalt is normally used for radiographing thicknesses of _____.

a. 0.25” – 3.0”,b. 1.5” – 7.0”,c. 8.0” – 10.0”,d. 0.50” – 2.0”

مثال:دانسیته فیلم 1 یعنی عبور10% نور از فیلم چون دانسیته عبارت است لگاریتم اشدت نور تابیده شده به فیلم تقسیم بر شدت نور عبوری

A film density of 1.0 will allow _____% of light through to the film.

a. 1%,b. 10%,c. 0.01%,d. 0.001%

مثال:متریال با Thermal Conductivity بالاتر نیاز به حرارت بیشتری برای جوشکاری می باشند

Materials with high thermal conductivity will require _____.

a. higher heat input to weld,b. lower heat input to weld,c. preheating,d. post-weld heating

Metals with a high coefficient of thermal expansion are more susceptible to:

a. transverse cracking,b. lack of fusion,c. warpage and distortion,d. linear porosity

مثال:فلزات با ضریب انبساط حرارتی بالاتر،حساسیت بیشتری به Warpage &Distortion دارند بهمین دلیل متریال استنلس آستنیتی بمراتب بیشتر از متریال کربن استیل در زمان جوشکاری ویا پروسه های حرارتی،دچار اعوجاج می‌گردند البته ضریب انتقال حرارت نیز تاثیر بسزایی بر ایجاد اعوجاج دارد

Metals with a high coefficient of thermal expansion are more susceptible to:

a. transverse cracking,b. lack of fusion,c. warpage and distortion,d. linear porosity

مثال:Ano برای فلزجوش متریال (Ferrous) وبرای PQR براساس ASME IX استفاده می‌شودوبرای جوش غیرفلزات (Nonferrous)و یا برای تست جوشکار استفاده نمی گردد

Ferrous weld metal chemical composition may be designated using:Ano

آیا برای فلزجوش PQR(Pno:21) از Ano استفاده می‌شود:خیر Pno:21 مربوط به مس و آلیاژهای مس بوده وبعنوانNonferrous بوده درحالیکه Ano فقط برای فلزجوش متریال Ferrous استفاده می‌شود

سوال:آیا برای فلزجوش متریال با Pno:10J از Ano استفاده می‌شود:بلی Pno:10J مربوط به فولادهاست

سوال:آیا از تست های NDE برای تعیین صلاحیت جوشکارWelder Qualification/Welder Performance بر اساس ASME IX میتوان استفاده نمود: تست های NDE شامل PT,UT,RT,MT,ET,… می باشند و فقط تست Volumetric NDE که شامل تست های RT,UT می‌باشد برای برخی متریال و برخی پروسه ها میتواند جایگزین تست مکانیکی جهت تست جوشکار گردد

مثال:الکترودهای جوشکاری براساس ASME IX(QW-431) با Fno طبقه بندی می‌گردند

Welding electrodes are grouped in Section IX by

A. AWS class,B. ASME specification,C. SFA,D. "F" number

سوال:آیا براساس ASME IX ممکن است چندین الکترود دارای Fno یکسانی باشند:بلی براساس ASME IX QW-432 منعی ندارد بطوریکه الکترودهای با SFA:5.2,5.9,5.17,5.18,5.20,5.22,5.23,5.26,5.28,5.29 همگی دارای Fno:6 می باشند ویا الکترودهایE7015,E7016,E7018 همگی دارای Fno:4 می باشند

مثال:وقتی یک جوشکار برروی اتصال Groove Weld به ضخامت ”½ با دو پروسه مختلف،جوشکاری نموده است آیا با رعایت Essential Variable مجاز به جوشکاری ضخامت بصورت Max to be Welded می‌باشد :خیر با هیچیک از دو پروسه مجاز به جوشکاری ضخامت مجاز بینهایت (ماکزیمم ضخامت بینهایت)نمی باشد چون با هر پروسه باید حداقل ”½ و با سه لایه جوشکاری نماید تا مجاز به جوشکاری ضخامت بی نهایت گردد البته بشرطیکه Essential Variable ثابت باشند

آیا منظور از Max to be Welded که درASME IX در خصوص ضخامت استفاده می‌گردد همان ضخامت بی نهایت است:بلی

نکته:وقتی یک جوشکار بر اساس ASME IX(QW-321) ،بصورت Immediate Retest تست دهد هرنوع تستی که برروی قطعه اصلی انجام گردیده است برروی نمونه Retest نیز باید انجام گردد(بعنوان مثال،اگر برروی نمونه اصلی تست رادیوگرافی انجام گردیده است و جوشکار مردود (Reject) گردید چنانچه جوشکار Retest(تست مجدد)گردد برروی نمونه Retest نیز باید تست رادیوگرافی انجام گردد) لذا گزینه A صحیح است

Immediate retests of welders qualifications coupons

A. Must use the same method,B. May use any method,C. Are not allowed,D. Require Inspector approval

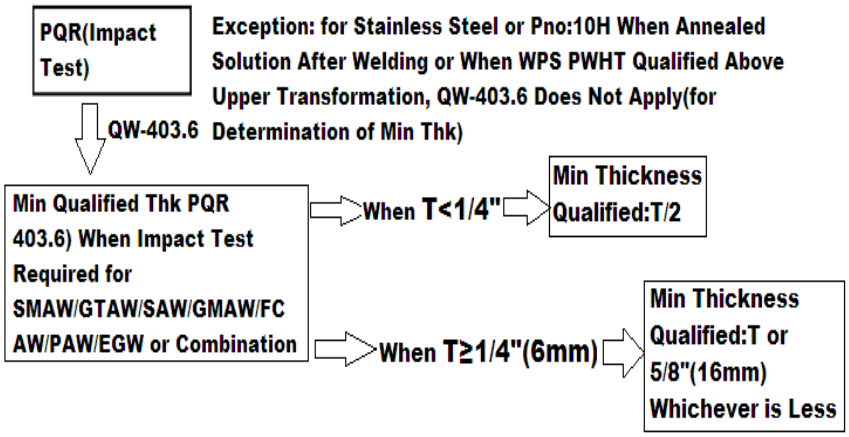
سوال:مدت زمانی که جوشکار مجاز بهImmediate Retest می‌باشد را بر اساس ASME IX تعیین نمایید:هیچگونه زمانی برای تست مجدد جوشکار بصورت Immediate Retest بر اساس ASME IX مشخص نگردیده است در Immediate Retest جوشکار بدون تمرین بیشتر(Further Training) مجددا تست می دهد

تست ضربه در PQR

یکی ازمهمترین فاکتوریا پارامتری که برروی محدودهWPS تاثیر می گذارد تست ضربه می‌باشد وقتی PQR به تست ضربه نیاز دارد شرایط سخت گیرانه تر،بازه و محدوده ای که تایید می‌گردد کوچکتر می‌گردد بنابراین وقتی یک PQR که با پروسه های GTAW,SMAW,GMAW,FCAW,SAW ویا ترکیب این پروسه ها جوشکاری وتایید می‌گردد چنانچهPQR تست ضربه داشته باشد برای تعیین حداقل ضخامتی که مجاز به جوشکاری است بهQW-403.6 مراجعه می‌گردد(البته برای متریال باPno:10H که بعد ازجوشکاری عملیات حرارتی آنیل انحلالی یاAnneal Solution گردیده اند ویاWPS باعملیاتPWHT بالای خطQualify، Upper Transformation گرددQW-403.6 اعمال نمی گردد) برای تعیین حداکثر ضخامت، همواره QW-451 استفاده می‌گردد بنابراین مجددا متذکر می‌گردد که وقتی PQR تست ضربه دارد برای تعیین حداقل ضخامت بهQW-403.6 مراجعه می‌شود برای تعیین حداقل ضخامت دو محدوده تعریف می‌گردد

Impact Test Required(QW-403.6)

Welding Processes:GTAW,SMAW,SAW,FCAW,GMAW,PAW,EGW &Combination		
PQR:Min/Max Thk Base Metal Qualified		
When Impact Test Required		
Test Coupon Thickness(PQR)	Max Thk Base Metal Qualified	Min Thk Base Metal Qualified
Thk<1/4"(6mm)	QW-451	T/2
T≥1/4"(6mm)	QW-451	T or 5/8"(16mm) Whichever is Less



سوال:ایا جداول فوق برای اتصالات Fillet Weld می باشد یا Groove Weld:برای اتصالات Groove Weld می باشد بعبارتی QW-403.6 برای اتصالات Groove Weld استفاده میگردد

جهت تعیین حداقل و حداکثر ضخامت فلز پایه براساس جدول زیر وقتی PQR تست ضربه نداشته باشد برای پروسه های GTAW/SMAW/SAW/FCAW/GMAW/PAW/EGW استفاده می‌گردد البته یکسری استثناء نیزوجوددارد

No Impact Test

Welding Processes:GTAW,SMAW,SAW,FCAW,GMAW,PAW,EGW &Combination		
PQR:Min/Max Thk Base Metal Qualified		
When Impact Test is Not Required		
Test Coupon Thickness(PQR)	Max Thk Base Metal Qualified	Min Thk Base Metal Qualified
Thk	QW-451	QW-451
Thk	QW-451	QW-451

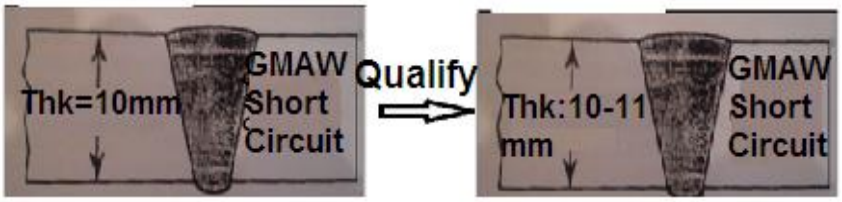
مثال: یک PQRبه ضخامت(5mm)"3/16 با روشSMAW بصورت Grooveجوشکاری گردیده است تست ضربه برروی PQR انجام گردیده است محدوده ضخامت فلزپایه و فلز جوش که مجاز به جوشکاری است را بشرط ثابت بودنEssential Variable تعیین نمایید :وقتی تست ضربه برای PQR نیاز باشد جهت تعیین حداقل ضخامت برای برخی پروسه ها باید به QW-403.6 مراجعه نمود براساس QW-403.6 وقتی ضخامت PQR کمتر از (6mm)"1/4

باشد حداقل ضخامتی از فلز پایه که توسط PQR فوق تایید می‌گردد (5/2=2.5mm)"T/2=3/16"/2=3/32"وحداکثر ضخامت فلز پایه که توسط PQR با رعایتEssential Variable مجاز به جوشکاری است ،براساسQW-451.1 تعیین می‌گردد که برای این مثال چونPQR برروی نمونه تست Test (Coupon) به ضخامت Thk=5mmجوشکاری و تایید گردید لذا مجاز به جوشکاری فلزپایه تا ضخامت 10mmمی باشد(Essential Variableثابت می باشند)

همچنین حداکثر ضخامت فلزجوش با پروسه SMAW برابر باt=10mm می‌باشد

دو اصطلاح ضخامت فلزجوش که باt نشان داده می‌شود و ضخامت فلزپایه که با(Thk)Tنشان داده می‌شود باید کاملا درک گردند

مثال: یکPQR با روش GMAW(Short Circuit) برروی متریال به ضخامت10mm بصورت Groove جوشکاری و تایید گردیده است بنابراین حداقل ضخامتی که با استفاده از این PQR مجاز به جوشکاری است (PQRتست ضربه دارد وتست خمش بصورت Transverse انجام میگردد) براساس QW-403.6 برابر با (16mm)"5/8 یا T(10mm) هرکدام که کوچکتر است ولذا حداقل ضخامت،10mm می‌باشد و براساس QW-403.10 وقتی PQRبا روش‌های GMAW/FCAW بصورت اتصال کوتاه (Short Circuit) برروی ضخامت‌های کمتر از "Thk<1/2 جوشکاری گردد حداکثر ضخامتی که مجاز به جوشکاری است 1.1T(Test Coupon Thickness) =1.1*10=11mm می‌باشد براساس QW-404.32 اگر مقدار ضخامت فلزجوش با پروسه‌های GMAW/FCAW(Short Circuit) کمتر از"1/2باشد حداکثر ضخامت فلزجوش که مجاز به جوشکاری می‌باشد برابر با 1.1t=1.1*10=11mm می‌باشد که t ضخامت فلز جوش می‌باشد ولذا با استفاده از اینPQR، ضخامت‌های Thk:10-11mm قابل جوشکاری می‌باشند

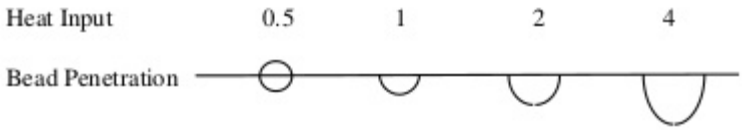


جنس امواج گاما و ایکس

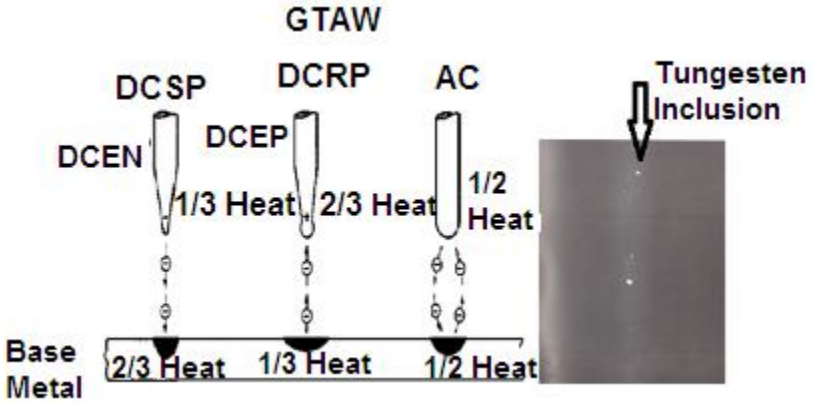
Gamma rays and X-rays are part of a family of waves called:

Acoustic Waves,Light Waves,Electromagnetic Waves,Transverse Waves

سوال:تاثیر حرارت ورودی و مقدار عمق نفوذ:



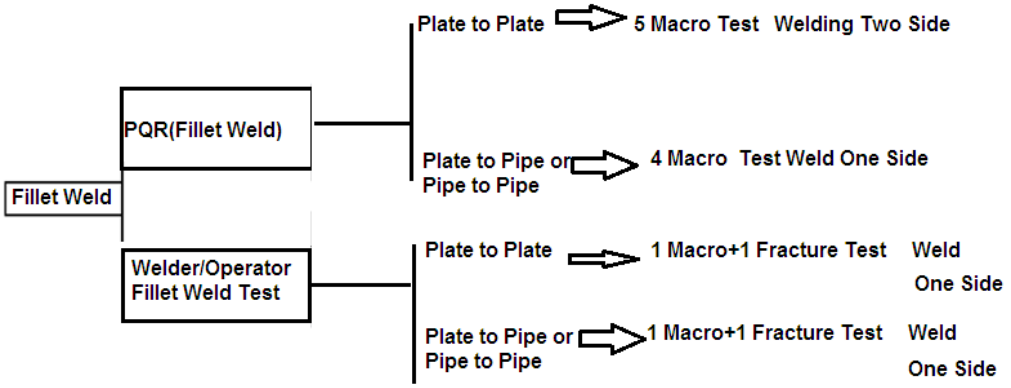
در شکل زیر تاثیر پلاریته برعمق نفوذ جوش در پروسه GTAW نشان داده شده است در روش GTAW برعکس روش های جوشکاری SAW,GMAW,FCAW،پلاریته DCSP دارای نفوذ بیشتری می‌باشد که این مورد بدلیل استفاده از الکترود غیرمصرف شدنی در پروسه GTAW می‌باشد که نفوذ بیشتر با پلاریته RP حاصل نمی‌شود



:عیب آخال تنگستنی درجوشکاری GTAW

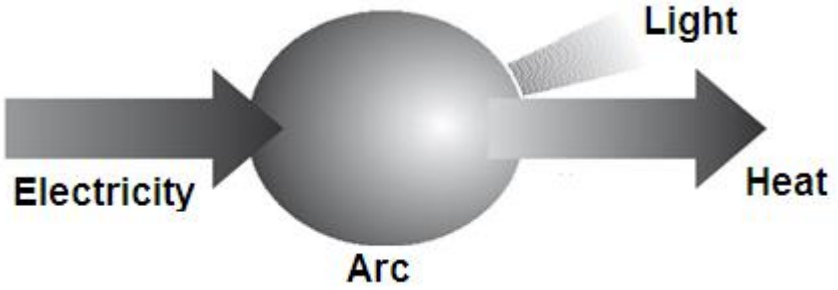
تست اتصالات فیلت ASME IX

اتصالات جوش فیلت براساس ASME IX به دو گروه الف: اتصال جوش فیلت پلیت به پلیت ب:اتصال جوش فیلت پلیت به لوله و لوله به لوله تقسیم می‌گردد
بنابراین نوع نمونه تست، تست‌های مورد نیاز جهت تست جوشکارو PQR اتصالات فیلت در جدول زیر نشان داده شده است
تعداد و نوع تست‌های مورد نیازاتصالات فیلت جهت تعیین صلاحیت PQR/Welder Performance براساس ASME IX



راندمان حرارتی

در روش جوشکاری زیرپودری(SAW) از فیلرهای توپر یا Solid (این فیلرها بصورت Wire/Strip مورد استفاده قرار می‌گیرند) وفیلرهای کامپوزیتی بعنوان فیلرهای مصرف شدنی استفاده می‌گردند(قوس الکتریکی زیر پودرهای محافظ قرار میگیرد وبیشترین انتقال حرارت به قطعه در روش جوشکاری SAW می‌باشد(بعبارتی کمترین پرت حرارتی با روش زیرپودری است) بهمین دلیل چدن با این روش جوشکاری نمی‌گردد بعلت وسیع شدن ناحیه HAZ چون که باعث الماسه شدن(سخت شدن) منطقه وسیعتری از چدن نسبت به سایر پروسه‌های جوشکاری می‌گردد چون حرارت زیادی به قطعه منتقل می‌گردد. برای جوشکاری چدن عموما از الکترودهای نیکلی استفاده می‌گردد جوشکاری عموما با تکنیک Back Step انجام می‌گردد(جوشکاری بصورت طول های کوچک برای جلوگیری از ایجاد حرارت زیاد و جلوگیری از الماسه شدن جوش و اطراف آن،انجام می‌گردد همچنین احتمال ترک در جوشکاری چدن بعلت داشتن کربن زیاد و تشکیل کاربید، زیاد است)، عملیات Peening بعد از اتمام جوشکاری چدن و درحالی که جوش داغ است انجام می‌گیرد
در شکل زیر اساس جوشکاری قوس الکتریکی نشان داده شده است



تولید حرارت و نور درجوشکاری قوس الکتریکی

همه حرارت تولیدی در جوشکاری مستقیما به قطعه منتقل نمی‌گردد بلکه مقداری از حرارت بصورت تشعشع ومقداری ازحرارت دراثرمقاومت الکترود، مقاومت هوا و. . . هدر می‌رود بسته به نوع پروسه جوشکاری، مقدار هدر رفتن حرارت کم یا زیاد می‌باشد بطور مثال: Heat Efficiency (راندمان حرارتی)روش‌های جوشکاری
SAW(0.95-1%),SMAW(0.8-0.9%) ویا(GMAW(CO2 0.85%) می‌باشد درجوشکاری زیرپودری (SAW) راندمان حرارتی برابربا 0.95% وحتی تا1 نیز درنظر گرفته می‌شود بعبارتی از 100%حرارت تولید شده حدود 95%-100% حرارت به فلز پایه منتقل می‌شود

تفاوت تکنیک های جوشکاری String &Weaving

حرکت الکترود بصورت String(Straight) و یا Weaving میتواند باعث کنترل مهره جوش، پروسیتی، U/C و Overlap، پهنای جوش، عمق نفوذ و. . . گردد در حالت Weaving تکنیک‌های زیر ممکن است توسط یک جوشکار انجام گیرد شکل مهره جوش ممکن است بصورت زیکزاکی، مربعی، دایره، شکلC، شکل هشت(8)، مستقیم، شکل J وشکل T وDouble J,Box Wave باشد

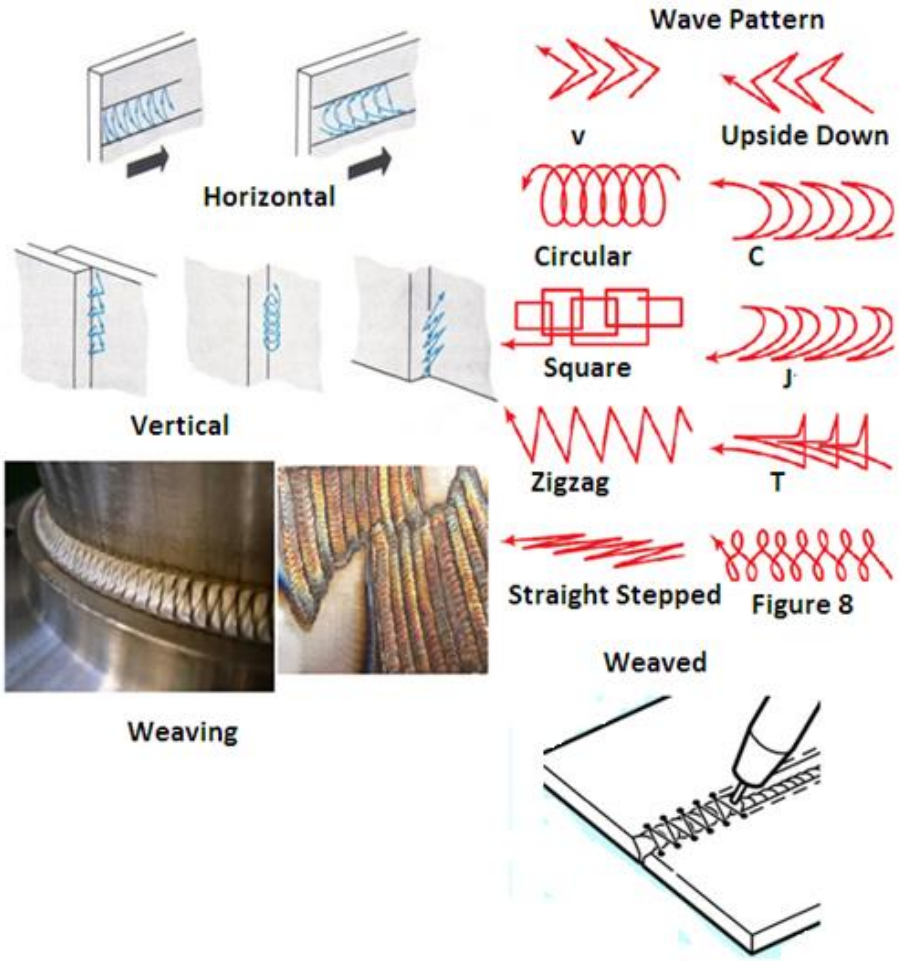
تکنیک هایی همچون Circle,Box Wave,ZigZag,Double J,V,Figure 8(Figure Eight)
... که برای جوشکاری استفاده می‌گردد نمونه هایی از Weaving Pattern(الگوهای تکنیک Weaving) می‌باشد

براساس AWS A3.0 : Stringer عبارت است از مهره یا Bead جوش بدون Weaving یا نوسان محسوس وهمچنین Weaved Bead عبارت است از یک مهره جوش که نوسان و دامنه حرکت آن بصورت Transverse (عمود بر جهت جوش)می‌باشد

Stringer Bead :اگر پیشروی عملیات جوشکاری، در امتداد اتصال، بدون حرکت نوسان نوک الکترود به طرفین اتصال باشد یا دامنه این نوسان بسیار کم باشد مهره جوش حاصله را خطی می‌گویند

در حالت String Bead که الکترود حرکت Side to Side نداشته و یا خیلی کم می‌باشد بعبارتی جوشکاری در یک مسیرتقریبا مستقیم انجام می‌گردد.

از روش String بیشتر برای متریالی که حرارت زیادی نباید در آنها ایجاد گردد استفاده می‌شود متریالی همچون استنلس آستنیتی بعلت پایین بودن ضریب هدایت حرارتی و همچنین بالا بودن ضریب انبساط حرارتی برای جوشکاریشان معمولا ازتکنیک String استفاده می‌شود و چون درروش String مقدار حرارت ورودی کمتری نسبت به Weaving، بوجود می‌آید لذا احتمال Distortion (اعوجاج)باروش String کمتر شده و همچنین از گسترش ناحیه HAZ درجوشکاری فولاد ومتریال‌های دیگر جلوگیری می‌گردد جوشکاری Build up ، Overlay و Surfacing بیشتر از تکنیک Stringer Bead استفاده می‌شود در اینحالت جوش تقریبا بصورت مستقیم بوده و وسعت ناحیه HAZ کوچکتر می‌باشد



تکنیک‌های جوشکاری

سوال:یک PQR جهت انجام تست ضربه به آزمایشگاه ارسال گردید جوشکاری PQR بصورت Fillet Weld or Groove Weld:جوشکاری PQR بصورت Groove Weld بوده چون تست ضربه بر روی جوش فیلت انجام نمی گردد

افزایش قطر الکترود باعث افزایش Heat Input می‌شود با افزایش قطرالکترود آمپر بیشتری جهت جوشکاری نیاز است لذا با افزایش جریان، مقدارHeat Input افزایش می‌یابد با افزایش حرارت ورودی، ناحیه HAZ و سایز مهره جوش (Weld Bead Size) بزرگ ترمی‌گردد و تعداد پاس یا لایه جوشکاری کمتر می‌گردد

بنابراین با افزایش قطر الکترود، حرارت ورودی افزایش یافته و زمان Cooling (سرد شدن) جوش بیشتر شده بعبارتی وقتی نرخ سرد شدن خیلی آرام باشد Slow Cooling Rate یا نرخ سرد شدن آرام تر بوده ولذا دانه بندی درشت(Coarse) می‌گردد وتافنس نیز کاهش می‌یابد

استفاده از تکنیک Weaving,String بر تست جوشکار

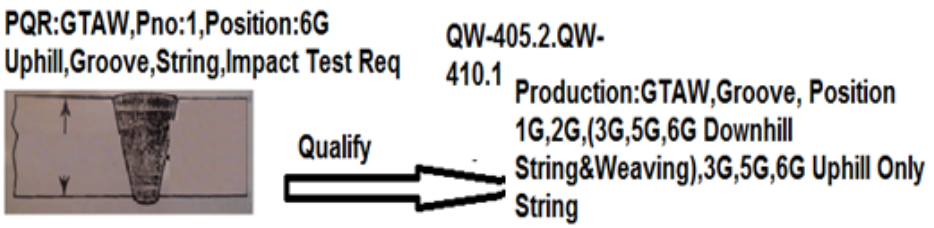
مثال:یک جوشکار با پروسه GTAW(Uphill,String) برروی متریال باPno:8بصورت Groove جوشکاری و تایید گردیده است آیا این جوشکار مجاز به جوشکاری متریال با Pno:8 با پروسه GTAW(Uphill,Weaving) می‌باشد(Essential Variable ثابتند):بلی وقتی جوشکار با پروسه هایی همچونGTAW/GMAW/PAW/FCAW/SMAW/OFW جوشکاری و تست دهد تغییر ازString to Weaving و بالعکس تاثیری برتست جوشکار ندارد

مثال:یک PQR(GTAW,Manual,6G-Up,Pno:1,Impact Test Req) با استفاده ازروش GTAW(Manual) برروی لوله کربن استیل باPno:1 در(Position:6G(Uphill با تکنیک String بصورت Groove جوشکاری وPQR آن با تست ضربه تایید گردیده است آیا PQR مذکور، برای جوشکاری لوله‌های Production که بصورت Weaving جوشکاری می‌گردند قابل استفاده است: این PQR جهت جوشکاری متریال Production دروضعیت های Position:3G,5G,6G(Uphill-Weaving) مجاز نمی‌باشد

بنابراین بر اساس ASME IX وقتی یک PQR با پروسه‌های GTAW/SMAW/FCAW/GMAW/PAW و یا با ترکیب این پروسه ها بصورت Uphill وبا تکنیک String جوشکاری گردد چنانچه PQR تست ضربه داشته باشد با تغییر از String to Weaving نیاز به PQR جدید می‌باشد بغیر از دو مورد استثنا (تنش زدایی بالای خط Upper Transformation و آنیل انحلالی متریال استنلس آستنیتی بعد از اتمام جوشکاری) که در این دو مورد،با تغییر String to Weaving نیاز به PQR مجدد نمی باشد

چنانچه عملیات تنش زدایی PQR بالای خط Upper Transformation انجام گیرد آیا جوشکاری متریال های Production در وضعیت های Position:3G,5G,6G(Uphill-Weaving) با رعایت Essential Variable مجاز است: بلی بر اساس QW-405.2 مجاز است

تاثیر String/Weaving برروی PQR



تاثیر String/Weaving برروی PQR

وقتی PQR بصورت Uphill تایید می‌گردد همه وضعیت‌های دیگر را با رعایت Essential Variable مجاز به جوشکاری است، وقتیPQR بصورت(String)Uphill جوشکاری و تایید گردد (Weaving)Uphill را مجاز به جوشکاری نمی‌باشدالبته وقتیPQR دارای تست ضربه است (بغیر از موارد استثنا که در QW-405.2 اشاره می‌گردد و شامل تنش زدایی بالای خط Upper Transformation و عملیات حرارتی آنیل انحلالی متریال استنلس آستنیتی بعد از اتمام جوشکاری)

براساس WPS،وقتی PQR تست ضربه داشته باشد وچنانچه عملیات حرارتی تنش زدایی (PWHT) بالای خط Above Upper Transformation انجام گردد ویا متریال استنلس آستنیتی بعد ازجوشکاری، عملیات حرارتی آنیل انحلالی (Anneal Solution) گردد تغییر(String to Weaving) برای پروسه های FC/GT/SM/PAWدر وضعیتUphill بعنوان Nonessential Variable بوده و PQR جدید نیاز نمی‌باشد

براساس QW-256,QW-410.1 هرگونه تغییر ازString↔Weaving بعنوان Nonessential Variable برای PQR بوده و نیاز به PQR جدید نمی‌باشد بغیر ازیک مورد استثناء که درQW-405.2 برای جوشکاری در وضعیت Uphill انجام می‌گردد

وقتی PQR تست ضربه داشته باشد و در شرایط Uphill و بصورت String با پروسه‌های GT/SM/FC/GM/PAW جوشکاری و تایید گردد برای جوشکاری Production، چنانچه جوشکاری بصورتUphill و با تکنیکWeaving انجام گیرد PQR مجدد نیاز می‌باشد

تغییر ازString to Weaving جهت انجام PQR

WELDING VARIABLES PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)
OFW-SMAW-GTAW-SAW-GMAW-FCAW-PAW

Paragraph		Brief of Variable	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-410 Technique	1	Ø String/Weaving			x

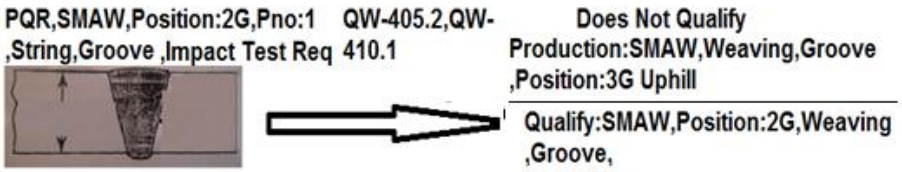
مثال:یک PQR با استفاده ازروش SMAW برروی لوله کربن استیل باPno:1 درPosition:2G با تکنیکString بصورت Groove جوشکاری وPQR آن با تست ضربه تایید گردیده است آیا PQR مذکور، برای جوشکاری لوله‌های Production که بصورت Weaving ودر وضعیت Position:2G جوشکاری می‌گردند قابل استفاده است(Essential Variable ثابتند): براساس QW-256,QW-410.1 (برای جوشکاری دستی و نیمه اتوماتیک) هرگونه تغییر ازString↔Weaving بعنوان Nonessential Variable برای PQR بوده و نیاز به PQR جدید نمی‌باشد بغیر ازیک مورد استثناء که درQW-405.2 برای جوشکاری در وضعیت Uphill اشاره می‌گردد

وچون PQR بصورت افقی (Horz)جوشکاری گردیده است تغییرString به Weaving وبالعکس

بعنوان Nonessential Variable می‌باشد و PQR جدید نیاز نمی‌باشد وQW-405.2 نیز اعمال نمی‌گردد

آیا PQR مذکور، برای جوشکاری لوله‌های Production که بصورت Weaving ودر وضعیت Position:3G(Uphill)جوشکاری می‌گردند قابل استفاده است:خیر وقتیPQR تست ضربه داشته باشد Position:1G,2G,Vert(Downhill) نمی‌تواند Position:Vert(Uphill) را تایید وQualify نماید

آیا این PQR مجاز به جوشکاری لوله‌های با Position:3G(Down,Weaving) می‌باشد:بلی براساس QW-405.2,QW-405.3 مجاز است



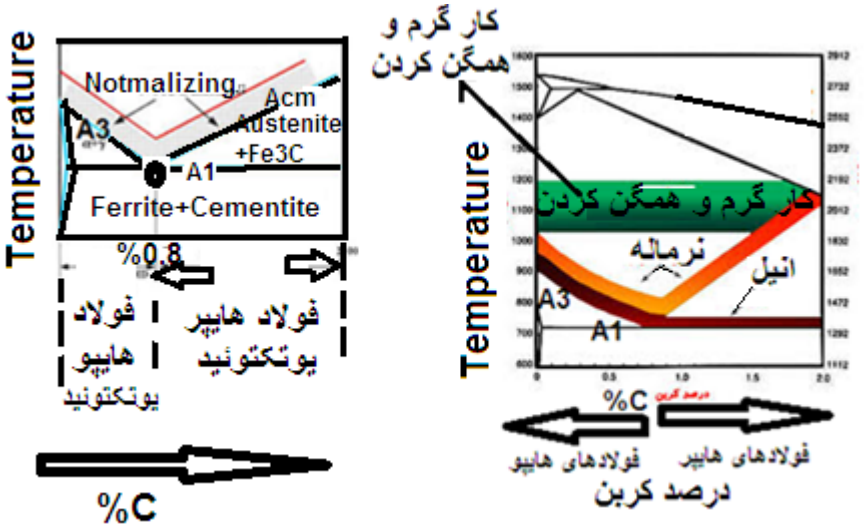
با افزایش زیاد طول قوس، مقدار جرقه زیاد شده، نرخ رسوب کاهش یافته، مقدار نفوذ کاهش می‌یابد چون مقدار حرارت حالت متمرکز ندارد و حرارت در منطقه وسیعتری توزیع شده لذا پهنای جوش زیاد شده و مقدار نفوذ جوش کاهش می‌یابد وقتی طول قوس خیلی کوتاه شود احتمال ایجاد اتصال کوتاه می‌باشد چون سبب چسبیدن الکترود/فیلر به قطعه کار می‌شود

آهنگ جریان گاز (Flow Rate)

آهنگ جریان گاز بر حسب لیتر در واحد زمان سنجیده می‌شود و باید به نحوی تنظیم گردد که علاوه بر محافظت کامل حوضچه مذاب، باعث تلاطم شدید مذاب و خروج مذاب از حوضچه جوش نشود. آهنگ جریان گاز به قطر نازل و شکل جوش بستگی دارد وقتی صحبت ازفلو می‌شود در صورت استفاده از گازهای Purging,Shielding,Trailing، مقدار فلو باید تعیین و درWPS ذکر گردد فلوی کم سبب اکسید شدن فلز جوش و فلوی زیاد سب جریان متلاطم و ایجاد جریان گردابی و ورود اتمسفر به حوضچه مذاب می‌گردد افزایش فلوی گاز پرجینگ سببConcavity می‌گردد چون باعث اعمال فشار به جوش شده و از نفوذ جوش جلوگیری میکندافزایش فلوی گاز محافظ Shielding سبب پاشیدن مذاب به اطراف، وباعث ایجاد جریان گردابی می‌گردد

هداف عملیات حرارتی نرمالهNormalizing

اهداف نرماله بهبود داکتیلیتی،بهبود تافنس،بهبود اندازه دانه،بهبود قابلیت ماشینکاری،بهبود اصلاح ساختار،حذف دانه های درشت که در زمان نورد،فورج ایجاد گردیده است همچنین کاهش تنش‌های داخلی(عملیات نرماله سبب کاهش تنشهای داخلی و پسماند ناشی از جوشکاری، فورجینگ، ریخته‌گری و شکل‌دهی می‌گردد) و پایداری ابعادی از اهداف دیگر عملیات حرارتی نرماله می‌باشد در این عملیات،Segregation کاهش می‌یابد چرا: چون Segregation اختلاف غلظت می‌باشد در منطقه آستنیت وبا گذشت زمان،بعلت بالا بودن دما و فعال بودن مکانیزم نفوذ، اختلاف غلظت کاهش یافته و یکنواختی شیمیایی ایجاد می‌شود



تعیین محدوده عملیات حرارتی نرماله، آنیل، همگن سازی برروی دیاگرام تعادلی آهن و کربن

هدف نرماله یکنواخت کردن نسبی ترکیب شیمیایی و ساختار میکروسکوپی است بعبارتی دانه‌ها از لحاظ اندازه و ترکیب شیمیایی نیز یکنواخت می‌گردد. همچنین بهبود تافنس وکاهش تنش‌های داخلی از اهداف نرماله می‌باشد علاوه بر اینها ریزکردن دانه بندی از اهداف مهم دیگر نرماله است

متریالی که عملیات حرارتی نرماله می‌گردد دارای استحکام و سختی بیشتری است نسبت به همان متریالی که آنیل کامل می‌گردد البته مقدار داکتیلیتی نسبت به آنیل کامل کاهش می‌یابد دانه بندی در نرماله درمقایسه با آنیل بعلت سرد شدن در هوا و سرعت سرد شدن بیشتر، ریزتر می‌باشد

ساختار معمولا شامل "پرلیت ظریف" می‌باشد.

این عملیات برای همگن کردن و ریز کردن دانه‌ها انجام می‌شود، چرا در نرماله دانه‌ها ریز میشوند: بهر دلیلی اعم ازکار گرم، ریخته گری و... که باعث بزرگ شدن دانه بندی و عدم یکنواختی ترکیب شیمیایی متریال گردیده است(عدم یکنواختی دانه، بعنوان مثال در ریخته گری مواد خصوصا متریال ضخیم، مرکز قطعه دیرتر حرارت از دست داده و دانه بندی درشت و دندرتیک می‌گردد ودر سطوح چون انتقال حرارت سریعتر می‌باشد دانه بندی نسبت به مرکز ریزتر می‌باشد همچنین Segregation اتفاق می‌افتد و اختلاف غلظت عناصر سبب افت بسیاری از خصوصیات مکانیکی می‌گردد وبرای ایجاد یکنواختی دانه‌ها از عملیات حرارتی نرماله استفاده می‌شود) با عملیات حرارتی نرماله، دانه‌ها ریزتر می‌گردند چون برای عملیات نرماله فولاد به منطقه آستنیت برده می‌شود (و برای مدت زمان مشخصی فولاد در منطقه آستنیت قرار میگیرد مدتی زمانی که نمونه در دمای نرماله قرار می‌گیرد تا همه سطح مقطع نمونه تحت منطقه آستنیت قرار گرفته و یکنواخت گردد و سپس در هوا سرد می‌شود) دردمای بالا فولاد به آستنیت تبدیل می‌شودو جوانه زنی دانه‌های جدید برروی دانه‌های قبلی انجام میگیرد ولذا دانه‌های بزرگ قبلی از بین رفته و دانه‌های ریز جدید جایگزین می‌گردد ولذا دانه بندی ریز می‌گردد حال اگر زمان و یا دمای نرماله زیاد گردد مجددا رشد و بزرگ شدن دانه اتفاق می‌افتد همچنین در نرماله بعلت بالا بودن دما، نفوذ اتم‌ها بخوبی انجام می‌گیرد و اختلاف غلظت هایی که در متریال وجود داشته از بین میرود نهایتا فولاد در هوا سرد می‌شود چون اگر در کوره سرد شود دانه‌ها بزرگ شده و خواصی که انتظار میرود برآورده نمی‌گردد

درآنیل کامل فولاد در کوره سرد می‌شود در عملیات نرماله قطعات پس از آستنیته شدن در هوا سرد می‌شوند

Cladding-Clad Plate

Cladding :براساس AWS WHB4 CH12، Cladding در واقع اتصال فلزات غیر مشابه یاDisimillar که اغلب با روش اکستروژن، و یا با روشهای پرسکاری و Rolling تحت فشار بالا، عملیات کلدینگ انجام میگیرد بنابراین Cladding(Metal Working) عبارت است از پوشش یک فلز توسط فلز دیگر که هدف از کلدینگ ایجاد سطحی که در برابر خوردگی وسایش مقاوم می‌باشد

ورق‌ها و یا لوله‌های متریال کربن استیل توسط متریال هایی همچون استنلس استیل آستنیتی، استنلس کروم دار، مس و یا آلیاژهای مس، نیکل و یا آلیاژهای نیکل، تیتانیوم، نقره و... جهت بهبود مقاومت خوردگی و مقاومت به ساییدگی برروی متریال کربن استیل با روش‌هایی همچون Hot Rolling، جوشکاری انفجاری، روش Surfacing و یا Brazing پوشش داده می‌شود ضخامت لایه Clad متفاوت بوده و عموما از 5-50% ضخامت کل نمونه ولی عموما 10-20% ضخامت کل نمونه می‌باشد ضخامت حداقل عملی یک لایه کلد "0.06 می‌باشد

مس و یا آلیاژهای مس که برای کلدینگ روی کربن استیل بکار می‌روند باید عاری از اکسیژن و یا Deoxidized Copper (مس اکسیژن زدایی شده) باشند در روش Roll Welding دو یا لایه‌های بیشتر از فلزات متفاوت(فلز پایه و فلزی که بعنوان کلد استفاده می‌گردد) بعد از تمیزکاری از زیر غلطک هایی با فشار وارد شده که باعث اتصال بین لایه کلد با متریال کربن استیل شده است البته لایه کلد ممکن است از یک طرف و یا از دو طرف متریال کربن استیل صورت پذیرد

فشار به اندازه کافی باید زیاد باشد تا باعث Deform شدن (تغییر فرم) قطعه گردد اعمال حرارت ممکن است انجام گیرد ویا در مواقعی نیاز نباشد همچنین تمیز کردن و آماده سازی Clad و فلز پایه قبل از کلدینگ باید انجام گیرد در اثر رولینگ یک پیوند متالورژیکی برقرار می‌گردد در اکثر موارد از روش Hot Rolling برای کلدینگ استفاده می‌شود

اما دلایل استفاده از کلدینگ بحث هزینه می‌باشد در واقع برای استفاده از متریال استنلس در محیط خورنده، استفاده کامل از استنلس و یا متریال آلیاژی ویا متریال های نیکلی،تیتانیومی بسیار هزینه براست لذا برروی متریال کربن استیل ویا فولادهای کم آلیاژ، لایه ای از استنلس ویا متریال‌های دیگر(مس،نیکل،تیتانیوم،زیرکونیوم و...) پوشش داده می‌شود که بعنوان محافظ خوردگی، محافظت در برابر حرارت می‌باشدالبته متریال کلد استیل باید دارای استحکام کافی باشد در تجهیزات در نیروگاه، پالایشگاه، واحدهای پروسس و. . . و همچنین در بعضی از مخازن نیزاز کلدینگ استفاده می‌گردد و عموما متریال کلد از جنس استنلس استیل بوده که بر روی کربن استیل اعمال می‌گردد تقریبا انواع استنلس مقاوم بخوردگی وآلیاژهای نیکل میتوانند با متریال کربن استیل بصورت Both Side یا One Side باندینگ برقرار نمایند که Single Clad و یا Double Clad نیز نامیده میشوند

متریال استنلس که بعنوان کلد استفاده می‌شوند عبارتند از:

316L,317,317L,321,347,348, 304,304L,309,309S,310,310S,316, 405,409,430

این متریال ها بعنوان متریال کلد روی سطح کربن استیل اعمال می‌گردند (AWS WHB4 CH12)

کلدها عموما با دوام، مقاوم به خوردگی، وبه آسانی جوش پذیرند و همچنین باعث کاهش هزینه می‌گردند بنابراین وقتی مقاومت حرارتی،مقاومت در برابر خوردگی نیاز باشد یکی از گزینه ها، کلدینگ می‌باشد

نامگذاری فیلر متال جهت جوشکاری متریال استنلس استیل با پروسه جوشکاری GTAW براساس SFA:5.9

نامگذاری این فیلرمتال ها همانند نامگذاری فیلرهای SFA:5.9 با پروسه SAW می‌باشد

تعدادی ازفیلرمتال هایی که جهت جوشکاری متریال استنلس استیل با پروسه GTAW براساس SFA:5.9 مورد استفاده قرار میگیرد عبارتند از:,ER385,ER347,ER309,ER310,ER312,ER2209,ER310MoL ER308L,ER308H,ER316L,316H,ER317L,ER318 می‌باشند:

مثال:فیلر متال ER316L برای جوشکاری متریال های استنلس استفاده می‌گردند:این فیلرمتال بر اساس نامگذاری استاندارد AWS بوده و برای جوشکاری با پروسه هایی همچون ...,SAW,GTAW,GMAW استفاده می‌گردد بعبارتی فیلر ER316L برای جوشکاری متریال استنلس با پروسه های GTAW,GMAW,SAW استفاده می‌گردد

سوال: نامگذاری فیلرER309L بر اساس AWS جهت استفاده در پروسه جوشکاری GMAW: بر اساس AWS A5.9 نامگذاری فیلرER309L با استفاده از پروسه های جوشکاری GTAW,SAW,GMAW یکسان می‌باشد بعبارتی نامگذاری فیلر ER309L با پروسه‌های GTAW/SAW/GMAW/PAW یکسان می‌باشد

نامگذاری الکترودهای کامپوزیتی ECXXXN-XNHX درجوشکاری زیرپودری فولادهای کم آلیاژ

حرف C:Composite Wire می‌باشد چناچه ازالکترود کامپوزیتی درجوشکاری زیرپودری استفاده شود حرفC بعد ازE استفاده می‌شود در صورت حذف این حرف، فیلر توپریا (Solid) استفاده می‌شود

EXXXN که XXX بیانگر کلاس الکترود می‌باشد(پسوندهای الکترود که با حروف A1,A2,A3,A4,B1,B2,B2H,B3,B4,B5,B6,B8,Ni1,Ni2,Ni3,Ni4,F1,F2,F3,F4,F5,F6,M1,M2,M3,M4,W,G... نشان داده می‌شود)

ولذا نشان دهنده ترکیب شیمیایی فلز جوش می‌باشد

(مثال:F8A10-ENi2-Ni2)

EXXXN-XNHZ که اولین X بیانگر آنالیز شیمیایی فلز جوش با استفاده از الکترود وفلاکس مورد نظر می‌باشد و شامل حروفی همچون A1, B1,B2,B2H,B2L,B3,B4,B5,B6,B6H,B8,Ni1, Ni2,Ni3,Ni4,F1,E2,F3,F4,F5,F6,M1,M2,M3,M4,W,G می‌باشد وقتی از حرف C استفاده نشود بیانگر فیلر توپر(چامدSolid) می‌باشد

مثال:A1,A2,A3,A4 وقتی این حروف در پسوند الکترود استفاده شود بیانگر جوشکاری آلیاژ C-Mo Alloy می‌باشد (بعبارتی الکترودهای با پسوندA1,A2,A3,A4 برای جوشکاری آلیاژی کربنی حاوی مولیبدون استفاده می‌گردند)،Ni1,Ni2,Ni3 وقتی این حروف در پسوند الکترود استفاده می‌گردد بیانگر جوشکاری آلیاژ C-Ni Steel می‌باشد (بعبارتی الکترودهای با پسوندNi1,Ni2,Ni3 برای جوشکاری

آلیاژهای فولادی حاوی نیکل استفاده می‌گردند) پسوند W در الکترود، بیانگر جوشکاری فولادهای Weathering Steel می‌باشد ،پسوندF4,F5,F6 درالکترودهای AWS A5.23 ،بیانگرجوشکاری فولادهای C-Cr-Ni-Mo Steel می‌باشد

وقتی از حروف M1,M2,M3,M4,M5,M6 در جوشکاری زیرپودری براساس AWS A5.23 استفاده می‌گردند بیانگر High Strength Low Alloy Steel می‌باشد بعبارتی الکترودهای با پسوند M برای جوشکاری فولادهای HSLA استفاده می‌گردند

روش نامگذاری الکترودها/فلاکس جهت جوشکاری فولادهای کم آلیاژ با استفاده ازروش جوشکاری زیرپودری براساس استاندارد AWS A5.23

الکترودهای زیرپودری این گروه(AWS A5.23) به دو دسته الکترودهای توپر (Solid) والکترودهای کامپوزیتی دسته بندی می‌گردند برای جوشکاری و نامگذاری با پروسه جوشکاری زیرپودری، علاوه برالکترود، فلاکس‌ها نیز باید براساس AWS نامگذاری گردند

FXXX-ECXXXN-XNHX

FXXXکه F:Flux بیانگر فلاکس جوشکاری زیرپودری براساس استاندارد AWS می‌باشد(دقت گردد که تمام نامگذاری های الکترودها،فیلرمتال ها،گازهای محافظ،فلاکس های جوشکاری بر اساس استاندارد AWS می‌باشد چون الکترودها/فیلرها/فلاکس ها بر اساس استانداردهای مختلفی همچون ISO,EN,BS,... نامگذاری می‌گردند وروش نامگذاری ها کاملا متفاوت می‌باشد با توجه به اینکه نامگذاری AWS کاربرد جهانی داشته و در ایران نیز از نامگذاری AWS برای الکترودها،فیلرها،گازهای محافظ استفاده می‌گردد) اولین X بیانگر حداقل استحکام کششی جوش حاصل می‌باشد که با ضرب در 10 حداقل استحکام کششی جوش برحسب Ksi ویا با ضرب در 10000 حداقل استحکام کششی جوش حاصل بصورت Psi نمایش داده می‌شود X ممکن است اعداد 7,8,9,10,11,12 باشد (مثال:F11XX,F7XX F8XX,F9XX,F10XX,F12XX)

سوال:F6XX،این فلاکس برای جوشکاری با پروسه زیرپودری متریال....مورد استفاده قرار می‌گیرد

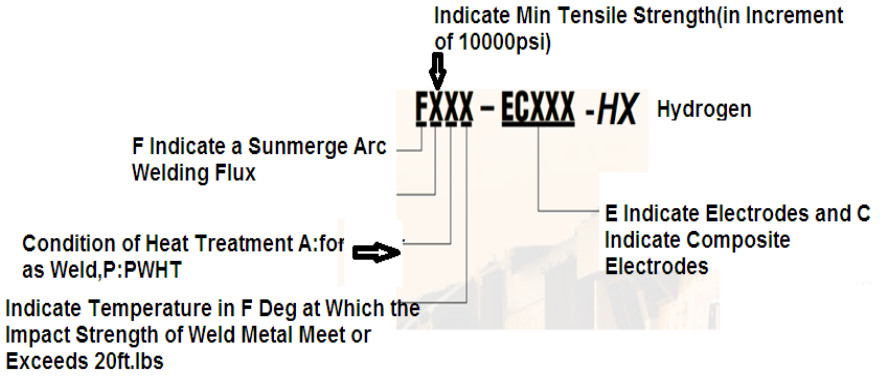
فلاکس F6XX چون با عدد 6 شروع می‌شود بر اساس نامگذاری استاندارد AWS برای جوشکاری متریال کربن استیل با پروسه جوشکاری زیرپودری وبراساس AWS A5.17 استفاده می‌گردند

سوال:فلاکس F8XX ، این فلاکس برای جوشکاری با پروسه زیرپودری متریال.....مورد استفاده قرار می‌گیرد

فلاکس های F8XX,F9XX,F10XX,F11XX,F12XX بر اساس نامگذاری استاندارد AWS برای جوشکاری فولادکم آلیاژ با پروسه جوشکاری زیرپودری(AWS A5.23) استفاده می‌گردند

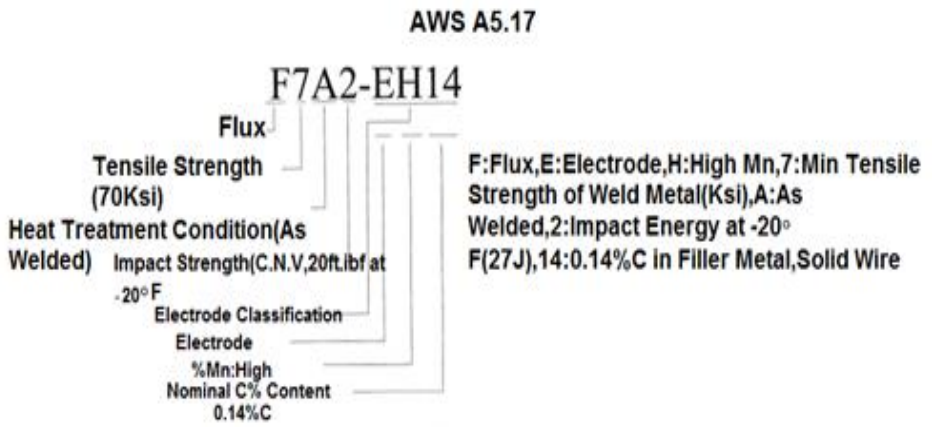
نامگذاری فلاکس جوشکاری زیرپودری(متریال کربن استیل) براساس AWS A5.17

درجوشکاری زیرپودری از پودرهایی بعنوان فلاکس جهت حفاظت حوضچه مذاب استفاده می‌گردد که نامگذاری فلاکس‌های مورد استفاده جهت جوشکاری متریال کربن استیل براساس استاندارد (AWS A5.17) SFA 5.17 می‌باشد



شروع فلاکس‌های این گروه(AWS A5.17) شامل اعداد6,7 بعد از حرف F می‌باشند نامگذاری فلاکس بصورتFXXX می‌باشد

در زیر نامگذاری الکترود و فلاکس جوشکاری زیرپودری براساس استاندارد AWS A5.17 نشان داده شده است



FXXX، حرف F در ابتدای نامگذاری فلاکس، بمعنی Flux جوشکاری زیرپودری(SAW) می‌باشد حرف S،یعنی این فلاکس از خرد کردن Slag (گل جوش) و یا ترکیبی از Slag وفلاکس استفاده نشده (Virgin)، می‌باشد(بعبارتی این فلاکس‌های جوشکاری قبلا استفاده شده حال با خرد کردن آنها، ویا ترکیب با فلاکس‌های استفاده نشده، مجددا مورد استفاده قرار می‌گیرند در اینصورت از حرف S درنامگذاری فلاکس استفاده می‌شود) وحذف S بدین معناست که فلاکس بصورت Virgin(بکر ودست نخورده) مورد استفاده قرار میگرد اولین X نشان دهنده حداقل استحکام کششی جوش حاصل با استفاده از فلاکس موردنظر که در10000باید ضرب گردد تا استحکام کششی بصورت Psi نشان داده شود مثال:فلاکس F6XX ،حداقل استحکام کششی جوش حاصل با استفاده ازاین فلاکس والکترود مربوطه، 60Ksi=6*10000=60000Psi(430Mpa) می‌باشد در نامگذاری فلاکس‌های این گروه، دو سیستم متریک و US Customary ممکن است استفاده گردند

نامگذاری الکترود کامپوزیتی برای جوشکاری متریال کربن استیل با روش زیرپودری بصورت

EC XXXYHX نشان داده می‌شود که نامگذاری الکترود با حرف E شروع می‌گردد استفاده ازحرفC:Composite یعنی الکترود/فیلرکامپوزیتی استفاده می‌گردد اولین X بیانگر مقدار منگنز در ترکیب سیم جوش می‌باشد که ممکن است حروف L,H,M باشد

L:Low Mn Max:0.6%,H:High Mn Max 2.25%,Mn,M:Medium Mn Max 1.4%

در جدول زیر برخی الکترودها،جهت جوشکاری متریال کربن استیل با روش زیرپودری نشان داده شده است

الکترودهای جوشکاری زیرپودری متریال کربن استیل

XXX	C	Mn	Si
Low Manganese Electrode			
EL8	0.10	0.25/0.60	0.07
EL8K	0.10	0.25/0.60	0.10/0.25
EL12	0.04/0.12	0.25/0.60	0.10
Medium Manganese Electrode			
EM12	0.06/0.15	0.80/1 .25	0.10
EM12K	0.05/0.15	0.80/1.25	0.10/0.35
EM13K	0.06/0.16	0.90/1.40	0.35/0.75
EM14K	0.06/0.19	0.90/1.40	0.35/0.75
EM15K	0.10/0.20	0.80/1.25	0.10/0.35
High Manganese Electrode			
EH11K	0.07/0.15	1.40/1.85	0.80/1.15
EH12K	0.06/0.15	1.50/2.00	0.25/0.65
EH14	0.10/0.20	1.70/2.20	0.10

استفاده ازحرف C درنامگذاری الکترود، وقتی الکترود کامپوزیتی در جوشکاری زیرپودری استفاده گردد ازحرف C استفاده می‌شود چنانچه از الکترود توپر یا Solid استفاده شود حرف C حذف می‌گردد کلا هردونوع الکترود این گروه با حرف E شروع می‌گردند (بنابراین الکترودهای این گروه بصورت توپرو کامپوزیتی می‌باشند که درجوشکاری زیرپودری ازآنها استفاده می‌شود)

EXXXYHX که XX نشان دهنده مقدارمتوسط کربن در سیم جوش می‌باشند استفاده از حروفی همچون Y نشان دهنده روش تولید فولاد اولیه ای که سیم جوش از آن تولید شده است (چنانچه از حرف K استفاده شود بمعنی فولاد Killed با مقداری سیلیسیم(بعبارتی فیلرمورد نظر از متریال فولاد Killed یافولاد کشته تولید شده است) همچنین استفاده ازحرف N درنامگذاری الکترود، بمعنی استفاده الکترود در کاربردهسته ای (Nuclear) می‌باشد

HX بیانگر H2، H4، H8، H16 می‌باشد که مقدار هیدروژن در 100gr حوضچه جوش(حوضچه مذاب) را مشخص می‌کند که با استفاده از تست Diffusable Hyrogen Test براساس درخواست خریدار و یا در مواردی بوسیله تولید کننده جهت تعیین مقدار هیدروژن نفوذی در جوش انجام میگیرد ودرسرتی فیکیت گزارش می‌گردد

در صورتیکه الکترود زیرپودری بصورت Solid(توپر باشد) حرف C حذف می‌گردد و شروع نامگذاری با حرف E می‌باشد

تست کشش

Redeced Section Tension Test

(مقطع باریک شده نمونه تست کشش که ممکن است بصورت دایره ویا مستطیل باشد)

براساس ASME IX نمونه‌های تست کشش Reduced Section به دو صورت الف:با سطح مقطع گرد(Round) که Turned Specimen نامیده می‌شود

ب:با سطح مقطع مستطیلی(Rectangular) تست می‌گردد

طول نمونه تست کشش براساس ASME IXبرای پلیت /لوله براساس QW-462.1(a,b) باید "10 و یا مقدار مورد نیاز (as Required)می‌باشد

گرده جوش باید قبل ازتست کشش برداشته شوند

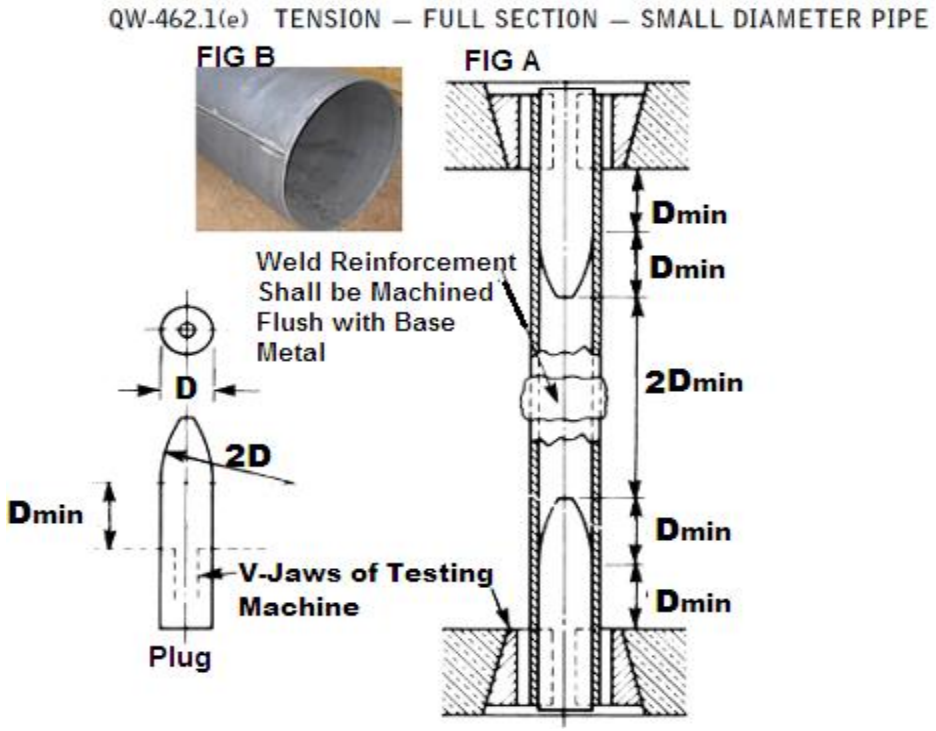
مقداری ازضخامت فلزپایه بدلیل اعوجاج(Distortion)ممکن است برداشته گردد

پهنای نمونه(W)به مقدار (19mm)"3/4 میباشدWپهنای نمونه در قسمتReduced Section یا ناحیه باریک شده می‌باشد وپهنای کل نمونه به مقدار"1/4 از دو طرف به مقدارW(شکل زیر) اضافه می‌گردد و آماده سازی نمونه درجهت پهنا ممکن است با برشکاری حرارتی (Thermal Cutting) انجام گیرد وy ضخامت نمونه تست می‌باشد

براساس ASME IX QW-462 مقدار تقریبی پهنای نمونه جهت تست کشش برای پلیت و لوله، "3/4 می‌باشد که منظور از پهنا، ناحیه Reduced Section(W) می‌باشد

Full Section Tensile Test

نمونه Full Section (مقطع کامل)، در این حالت نمونه لوله مستقیما تحت تست کشش قرار میگیردطول نمونه تابعی از قطر لوله می‌باشد مگر اینکه در مشخصات فنی موارد دیگری تعیین شده باشد(تست لوله) لوله درداخل دو فک قرار داده شده و تست کشش برروی لوله انجام می‌گیرد



نمونه تست کششFull Section براساس ASME IX

براساس Asme IX QW- 462.1e نمونه تست کشش بصورت Full Section نشان داده شده است که Reinforcement یا گرده جوش باید کاملا ماشینکاری شده وهمسطح فلز پایه گردد لوله داخل دو تا فک قرارگرفته وبعد از محکم شدن لوله داخل فک،لوله تحت کشش قرار میگیرد دراین حالت دراثر

کشش، شکست یا درفلزجوش ویا درفلزپایه اتفاق می‌افتدبراساس ASME IX QW-151.4، جهت انجام تست کشش بصورت Full Section ، قطرخارجی لوله باید"3≤ OD باشد براساس ASME IX طول لوله جهت انجام تست کشش بصورتFull Section ، تابعی از D(min)(قطر لوله) می‌باشد بنابراین براساس QW-462.1(e) تست کشش Full Section برای لوله‌های با جوش طولی نمی‌باشد و بر روی لوله هایی که دارای جوش محیطی می‌باشند انجام می‌گردد

در شکل فوق، آیا شکل Fig B مجاز به تست کشش بصورت Full Section می‌باشد:خیر چون لوله دارای درز جوش طولی می‌باشد فقط لوله‌های با درز جوش محیطی مجاز به تست

Full Section می‌باشند(البته قطر خارجی لوله باید"3≤ ODباشد)

معیارپذیرش تست کشش نمونه‌های Groove Weld براساس ASME IX

سوال:یک PQRبا پروسه GTAW برروی متریال A106Gr B بصورت Groove جوشکاری گردید PQR جهت انجام تست مکانیکی به آزمایشگاه ارسال گردید با توجه به اینکه استحکام کششی لوله SA106Gr B برابر با 60000PSI می‌باشد در تست کشش که در آزمایشگاه انجام گردید، نمونه از فلزپایه با استحکام کششی 56000Psi شکسته شده آیا تست کشش مورد تایید است :

براساس QW-153 در تست کشش، اگرنمونه در فلز پایه ویا در فصل مشترک فلز پایه و جوش دچارشکستگی شود (این بمنزله جوش با کیفیت خوب بوده که شکست در فلز پایه اتفاق افتاده)درچنین حالتی استحکام کششی فلز پایه براساس Asme IX(QW-153)باید بررسی گردد و چنانچه نتیجه تست کشش فلزپایه، بیشتر از5% از استحکام کششی فلز پایه کمتر شود نتیجه تست مردود اعلام می‌گردد

براساس QW-153(d) وقتی نمونه در تست کشش در فلزپایه (Base Metal) و یا درفصل مشترک فلز پایه و جوش بشکند چنانچه استحکام کششی فلز پایه کمتر ازمقدار زیر باشد نتیجه تست مردود می‌باشد

60000×5/100=3000psi,60000-3000=57000psi

بنابراین تست کشش مردود می‌باشد(95%*60000=57000Psi)

سوال:آیا براساس ASME IX انجام تست های غیرمخرب بر روی PQR(Groove Weld) با پروسه های GTAW,GMAW,FCAW,SAW,SMAW,PAW بعد از اتمام جوشکاری اجباری می‌باشد ::خیر هیچگونه اجباری در ASME IX برای انجام تست های غیر مخرب اتصالات Groove Weld با پروسه های فوق مشخص نگردیده است وانجام تست های NDT(خصوصا RT,UT) عموما براساس مشخصات فنی پروژه انجام میگیرد

ASME IX does not specify any mandatory non-destructive testing for welding procedure qualification

نمونه تست کشش

آزمایش کشش آزمایشی تک محوری است که در این آزمایش نمونه ای که آماده شده است بین فکهای دستگاهی که با موتور الکتریکی یا هیدرولیک کار می کند قرار داده می شود و در یک جهت خاص کشیده می شود تا گسیخته شود. آزمون کشش آزمونی است که یک نیروی تک محوری در راستای قائم به نمونه وارد می شود آزمایشات کششی از نوع استاتیک می باشند، یعنی اینکه آزمایشاتی هستند که در آنها بار نسبتاً آهسته از صفر تا یک مقدار نهایی و معین افزایش پیدا می کند(نمونه های تست کشش بصورت Uniaxial(تک محوری،تنش در یک جهت بر قطعه وارد می‌شود در حالیکه در تست ضربه قطعات شیار دار،تنش ها بصورت چندمحوری بر قطعه وارد می‌گردند درواقع نقش شیار(ناچ) سبب ایجاد تنش سه محوری در قطعه می‌گردد) تست می‌گردند

مثال: تست کشش Full Section براساس ASME IX(QW-151.4) درچه سایزی انجام می‌گیرد: چنانچه قطر خارجی لوله"3≤OD باشد تست کشش ممکن است بصورت Full Section انجام گیرد(این تست بر روی لوله انجام می‌گیرد)

مثال:یک لوله با "NPS:8 با پروسه SMAWجوشکاری گردید PQR براساس ASME IX،تست کشش می‌گردد جهت انجام تست کشش،ممکن است لوله مستقیما داخل فک دستگاه قرار داده شود وتست گردد:خیر براساس ASME IX(QW-151.4) لوله های با "3≤OD ممکن است بصورت Full Section تست گردند

تفاوت فلنج A105N و A105 وA105Nace

پانچ حرف N برروی رینگی یک فلنج به مفهوم Normalize/Normalizing(نرماله) می‌باشد نرمالیزه کردن یک نوع عملیات حرارتی جهت ریز کردن دانه بندی می‌باشد بعبارتی برروی فلنج A105N عملیات حرارتی نرماله انجام گرفته است پانچ این حروف و کلا مشخصات فلنج، برروی قسمت رینگی فلنج انجام می‌گیرد

A105NACE، در واقع Nace یک استاندارد خوردگی می‌باشدNaceمتریال نیست بنابراین Nace استاندارد خوردگی می‌باشد متریال‌ها و یا تجهیزاتی که در محیط ترش مورد استفاده قرار می‌گیرند باید براساس استاندارد Nace باشند بنابراین A105 NACE، نشان دهنده فلنج A105 بصورت NACE جهت استفاده درمحیط ترش می‌باشد کلمه NACE بطور کامل در رینگی فلنج پانچ می‌شود

چنانچه فلنج A105 که برای استفاده درمحیط‌های معمولی استفاده گردد بصورتA105 پانچ می‌گردد

PQR(Groove Weld)+Without Impact Test+Longitudinal Bend Test

وقتی یک PQRبصورت Groove جوشکاری میگردد محدوده ضخامت فلزپایه و فلزجوش براساس جداولQW-451.1,QW-451.2 تعیین میگردد اگر تست خمش بصورت Transverse انجام گیرد QW-451.1 واگرتست خمش بصورت طولی یاLongitudinal انجام گردد QW-451.2استفاده میگردد

مثال:یک PQR با پروسه GTAW برروی یک پلیت به ضخامتThk:10mmبصورت Groove وبدون تست ضربه جوشکاری و تایید گردید حداکثر ضخامتی ازفلزپایه که با استفاده ازPQR وبا رعایتEssential Variable مجاز به جوشکاری است(تست خمش بصورت Longitudinal می باشد):

براساس QW-451.2 حداکثر ضخامت فلزپایه که با استفاده ازPQR فوق مجاز به جوشکاری است برابر با2T=2*10=20mm و حداقل ضخامت"1/16و حداکثر ضخامت فلزجوش با پروسه GTAW برابر با2t=2*10=20mmمی باشد

QW-451.2 Groove Weld Tension Tests and Longitudinal Bend Tests

Thickness T of Test Coupon Welded,in(mm)	Range of Thk T of Base Metal Qualified,in(mm) note 1,2		Thk t of Deposited Weld Metal Qualified,in(mm) note 1,2	Type and Number of Tests Required (Tension & Guided Bend Test),note 2		
	Min	Max	Max	Tension QW-150	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	2	2
Over 3/8(10)	3/16(5)	2T	2t	2	2	2

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, QW-404.32, and QW-407.4. 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.

مثال:یک PQR با پروسهGMAW(Spray) برروی یک پلیت به ضخامتThk:20mmبصورت Groove وبدون تست ضربه جوشکاری و تایید گردید حداکثر ضخامتی ازفلزپایه که با استفاده ازPQR وبا رعایتEssential Variable مجاز به جوشکاری است(تست خمش بصورت Longitudinal می باشد):

براساس QW-451.2 ، رابطه 2Tبرای حداکثر ضخامت فلزپایه و2tبرای حداکثر ضخامت فلزجوش استفاده میگردد،لذا2T=2*20=40mm حداکثر ضخامت فلزجوش و2t=2*20=40mm حداکثر ضخامت فلزجوش می باشد وتعداد و نوع تست ها شامل 2 Tension Test+2 Root Bend+2 Face Bend می باشد

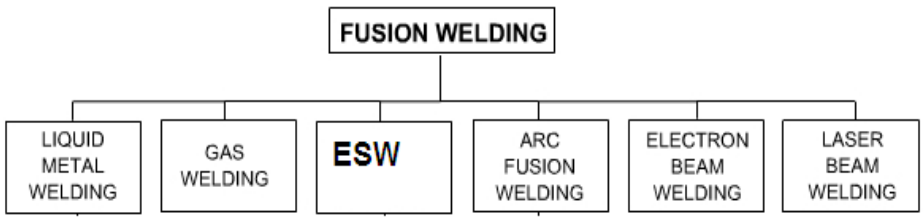
مثال:یکPQR با پروسه SAW برروی متریال باPno:4Xوبه ضخامت"Thk:1 1/2وبصورت Groove وبدون تست ضربه جوشکاری و تایید گردیده است حداکثر ضخامتی ازفلزپایه که مجاز به جوشکاری است(تست خمش بصورت Longitudinalو Essential Variable ثابتند):

چون برروی PQRتست خمش طولی یا Longitudinal انجام میگردد لذاQW-451.2 اعمال میگردد وبراساس QW-451.2 حداکثر ضخامت فلزپایه "3=2T=2*1 1/2"می باشد و حداقل ضخامت فلزپایه3/16"(5mm) می باشد، وتعداد و نوع تست ها شامل

2 Tension Test+2 Root Bend+2 Face Bend می باشد

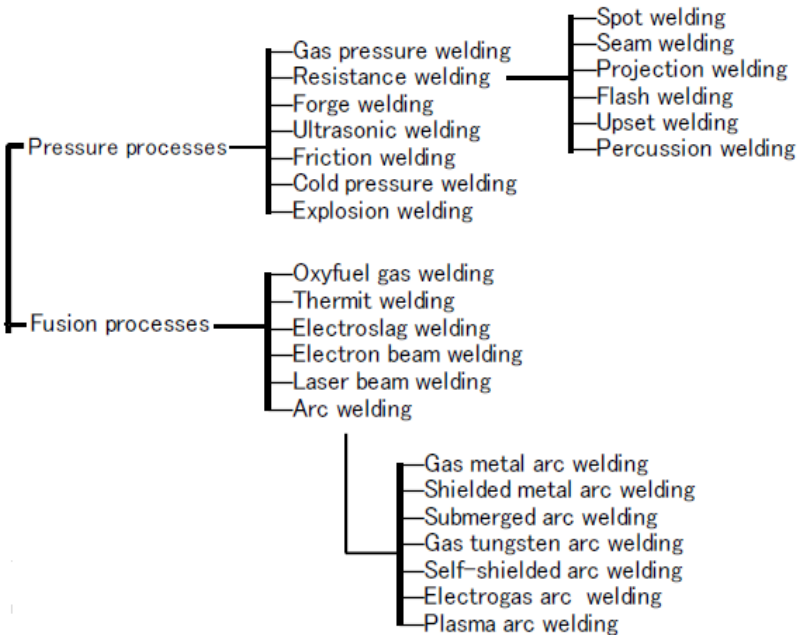
Solid State Welding

جوشکاری ذوبی شامل روش‌های OFW، جوشکاری ترمیت، جوشکاری لیزر، جوشکاری الکترواسلگ وجوشکاری قوسی وElectron Beam Welding می‌باشد(جوشکاری Liquid Metal Welding شامل جوشکاری ترمیت وCast Welding می‌باشد در جوشکاری ترمیت،در اثر واکنش شیمیایی،مذاب ایجاد شده و مذاب سپس با عبور از قالب ها و دیواره قطعه، سبب پر نمودن گپ بین اتصال می‌گردد که در اینحالت از واژه Liquid Metal Welding استفاده می‌شود)



جوشکاری قوسی که جوشکاری ذوبی می‌باشد به گروه‌های GTAW,SMAW,SAW,PAW, FCAW,GMAW,CAW دسته بندی می‌گردند جوشکاری همچنین با استفاده ازگازمحافظ(GTAW,GMAW,PAW) ویا با استفاده ازگل جوش (Slag)(جوشکاری زیرپودری،فلاکس هایی که در این روش استفاده می‌گردند با تولید گل جوش سبب حفاظت حوضچه مذاب می‌گردد) ویا با ترکیبی از گاز و سرباره(SMAW) انجام گیرد

انواع پروسه‌های جوشکاری

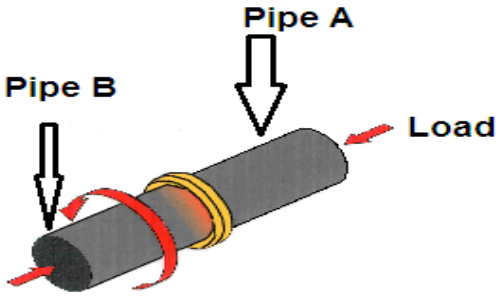


پروسه‌های جوشکاری به دو دسته کلی تقسیم می‌گردند: Liquid State Welding که اصطلاحا به آنها Fusion Welding نیز گفته می‌شود در اینحالت با حرارت دیدن فلز پایه و ایجاد مذاب، جوشکاری انجام می‌گردد در این روش هیچگونه پرس یا Hammering انجام نمی‌شود پروسه دوم SSW:Solid State Welding (جوشکاری درحالت جامد)که اتصال دو عضو بوسیله اعمال فشار،بدون اعمال فشار و یا ترکیبی از فشار و حرارت انجام می‌گردد بنابراین این حالت ذوبی صورت نگرفته و مواد بصورت خمیری ودر اثر اعمال فشار یا بدون اعمال فشار در هم ادغام می‌گردند

جوشکاری اصطکاکی دورانی(Rotational Friction Welding)

جوشکاری اصطکاکی دورانی که در طی آن یک قطعه در برابر پیشانی قطعه دیگر دوران می‌کند بعبارتی یک قطعه ثابت بوده و قطعه دیگر با ایجاد دوران وتبدیل انرژی مکانیکی به انرژی حرارتی وسپس اعمال فشار،سبب اتصال و جوشکاری دو قطعه می‌گردد در واقع بدلیل حرکت دورانی قطعه وایجاد اصطکاک، حرارت تولید می‌گردد وبا اعمال فشار اتصال صورت میگیرد اینحالت جوشکاری دورانی نامیده می‌شود

در شکل زیر جوشکاری اصطکاکی دورانی نشان داده شده است لوله A توسط کلمپ ثابت نگه داشته شده و لوله B با سرعت مشخص میچرخد نیروی محوری فشاری بر قطعه اعمال می‌شود نیرو زمانی اعمال می‌شود که حرارت کافی برای اتصال تامین شده باشد در اثر چرخش و ایجاد اصطکاک،انرژی مکانیکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌گردد



جوشکاری ترمیت

جوشکاری ترمیت جهت اتصال دوقطعه از فلز، دوقطعه معمولاً فولادی، که تولید حرارت همراه با یک واکنش شیمیایی صورت می‌گیرد که آلومینیوم با اکسید آهن تولید AL2O3 می‌نمایدکه به عنوان سرباره عمل نموده و به صورت شناور در بالای مذاب قرار می‌گیردحرارت باقی مانده سبب تغییر حالت آهن(فولاد) از جامد

به مایع می‌شود، سرباره آلومینیوم مایع نیز فوق العاده گرم است، جوشکاری ترمیت یک واکنش Exothermic(گرمازا) می‌باشد و بعلت میل ترکیبی زیاد اکسیژن و آلومینیوم، واکنش تولید اکسید آلومینیوم اتفاق می‌افتد که حرارت زیادی ایجاد می‌نمایدکه این حرارت صرف ذوب متریال فولادی می‌گردد

جوش ترمیت که مصرف عمده آن برای جوشکاری ریل‌های راه آهن می‌باشد فرآیندی است که طی آن از حرارت واکنش گرمازای احیاء اکسید فلز(Fe2O3,Fe3O4)توسط یک ماده احیاء کننده(AL) جهت ذوب دیواره‌های ریل راه آهن استفاده می‌شود (آلومینیوم با اکسید آهن واکنش داده و حرارت زیادی در اثر این واکنش تولید می‌گردد در اثر واکنش،اکسید آلومینیوم تشکیل می‌گردد که بعلت دانسیته پایین، بر روی سطح مذاب فولاد،شناور می‌گردد واکنش ترمیت واکنش گرمازا می‌باشد و آلومینیوم بعنوان عامل احیا کننده می‌باشد چون سبب تبدیل اکسید آهن (Fe2O3,Fe3O4) به آهن مذاب می‌گردد)

Thermit Welding

حرارت + فلز مذاب + اکسید آلومینیوم ⟶ آلومینیوم + اکسید فلز

$$Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3 + (\ Heat \longrightarrow 850kJ\ )$$

$$3Cu_2O + 2Al \longrightarrow 6Cu + Al_2O_3\ (\ Heat \longrightarrow 1060kJ\ )$$

بنابراین ترمیت عبارت است از واکنش Fe3O4,Fe2O3(اکسید آهن)با فلز آلومینیوم که در اثر این واکنش، حرارت زیادی ایجاد شده و واکنش گرمازا و اتوکاتالیتیک بوده وواکنش به سمت تولید آهن مذاب و اکسید آلومینیوم پیش می‌رود و مذاب آهن تولید شده نقش فیلر متال را دارد(چون مذاب آهن تولید شده در گپ بین ریل قرار گرفته و علاوه بر ذوب دیواره های ریل،سبب پرنمودن گپ نیز می‌گردد)در این پروسه فعل و انفعالات بین اکسید آهن و پودر آلومینیوم باعث ایجاد آهن مذاب و اکسید آلومینیوم شده که درجه حرارت به حدود 2450°C می‌رسد(اکسید آلومینیوم نقش سرباره را بعهده دارد)

Fe3O4+2AL=AL2O3+2Fe+Heat(Q)

در واکنش فوق AL اکسید شده و اکسید آلومینیوم تولید می‌شود و اکسید آهن (Fe3O4) احیاء شده و آهن مذاب بوجود می‌آید گرمای حاصل از این واکنش خیلی بالا بوده که علاوه بر ذوب آهن دمای فوق گداز ایجاد می‌کند آلومینیوم و اکسید آهن بصورت پودر با یکدیگر ترکیب شده چنانچه یک جرقه به این ترکیب برسد واکنش خودپیش رونده (اتوکاتالیتیک) تشکیل می‌گردد

بنابراین در ابتدا پودر ترمیت(اکسید آهن و آلومینیوم را بصورت پودر درآورده و سپس با نسبت معینی ترکیب می‌کنند)را داخل بوته ترمیت ریخته(بوته بصورت مخروط ناقص است) از یک چاشنی برای شروع واکنش استفاده می‌گردد و پودر بسرعت محترق شده و مذاب اکسید آلومینیوم و مذاب آهن بوجود می‌آید AL2O3 بصورت سرباره روی سطح آهن مذاب باقی و شناور می‌ماند که بدلیل سبک بودن و پایین بودن دانسیته آن می‌باشد درحالیکه آهن مذاب در پایین بوته قرار می‌گیرد همانطور که اشاره گردید واکنش Fe3O4 با AL حرارت زیادی ایجاد می‌کند که این حرارت باعث می‌گردد که اکسید آلومینیوم و آهن بصورت مذاب درآیند این واکنش خود پیش رونده یا اتوکاتالیتیک است ابتدا واکنش توسط یک شعله اولیه شروع شده وسپس واکنش خود پیش رونده می‌باشد وادامه می‌یابد)

سرباره اکسید الومینیوم(Al2O3) فوق العاده گرم بوده و بیشتر از آهن، گرما را نگه می‌دارد و این عمل سبب جوشکاری سریع ریل‌های راه آهن، جوش و تعمیر میل لنگهای شکسته، چرخ دنده‌های بزرگ و یا ریل‌های شکسته می‌گردد بنابراین محصول ترمیت تولید آهن مذاب خام (مذابی که تشکیل می‌شود بدون عناصری همچون کربن و Si و Mn، V، Nb و... می‌باشد چون پودر آلومینیوم با پودر اکسید آهن واکنش می دهد) می‌باشد که ضعف اساسی جوش ترمیت می‌باشد و نبود عناصر فوق باعث افت مقاومت کششی و مقاومت سایشی وافت مقاومت ضربه می‌گردد لذا برای بالا بردن کیفیت جوشکاری و همچنین کاهش درجه حرارت از فرو آلیاژ و قراضه آهن استفاده می‌گردد(عناصر آلیاژی اشاره شده به پودر ترمیت در صورت نیاز اضافه می‌گردند)

ترمیت با یک جرقه کوچک مشتعل می‌شود تا دمای 1200°C در برابر حرارت و نه شعله عکس العملی نشان نمی‌دهد ولی با یک جرقه کوچک شروع به واکنش می‌نماید لذا پودر ترمیت باید در محل خشک و عاری از رطوبت انبار گردد در اثر آتش گرفتن پودر ترمیت به هیچ وجه از آب جهت خاموش کردن آن نباید استفاده نمود و باید از ماسه جهت خاموش نمودن آن استفاده نمود

از جوش ترمیت برای مقاطع نازک معمولا استفاده نمی‌شود بعلت حرارت زیادی که ایجاد می‌نماید باعث سوراخ شدن و حتی اعوجاج و تنش زیادی در قطعه می‌گردد

معایب جوش ترمیت : فقط برای جوشکاری متریال Ferrous بکار می‌رود

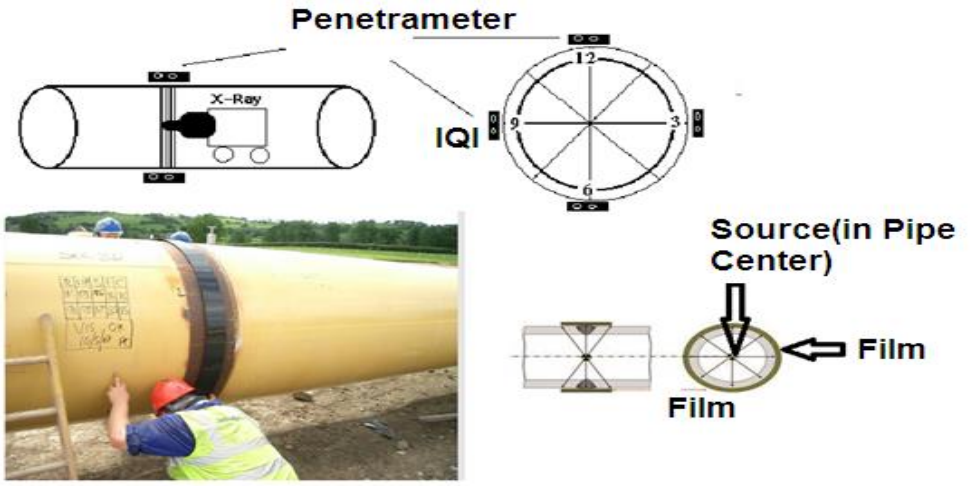
در جوشکاری ترمیت دما خیلی بالا میرود (البته از یکسری فروآلیاژ برای پایین آوردن دما استفاده می‌کنند) و افزایش زیاد دما باعث ایجاد اعوجاج و Distortion در قطعه می‌گردد علاوه برآن باعث تغییر در ساختار دانه‌ها می‌گردد

تکنیک های رادیوگرافی

تکنیک‌های رادیوگرافی شامل Single Wall Single Image,Double Wall Single Image, Panoramic, Double Wall Double Image,Fluoroscopic Technique می‌باشند البته تکنیک‌های دیگری همچونMultiple Film Technique که استفاده همزمان ازدو یا فیلم‌های با سرعت یکسان یا مختلف در یک کاست استفاده می‌گردد تکنیک Double Wall بر اساس ASTM E1032 ممکن است استفاده گردد همچنین تکنیک Superimpose نیز ممکن است استفاده گردد

در روش پانارامیک که برای لوله‌های با قطر نسبتا بالا که چشمه رادیوگرافی درمرکز جوش لوله قرار میگیرد (Source (چشمه) رادیوگرافی بر روی پایه ای قرار داده شده وفیکس می‌شود و سپس در مرکز لوله و در مرکز جوش قرار داده میشود)و فیلم‌های رادیوگرافی در بیرون برروی سطح لوله با مقداری Overlap قرار می‌گیرند البته SFD:Source Film Distance باید به اندازه کافی باشد تا روش پانارامیک انجام گیرد در این روش، با یکبار شوت کردن، همه جوش محیطی لوله تست رادیوگرافی می‌گردد همه فیلم‌ها دارای یک دانسیته می‌باشند و روشی سریع می‌باشد (چون تعداد شوت کاهش کاهش می‌یابد) البته اگر فیلم کیفیت لازم را نداشته باشد ویا Reshot گردد همه فیلم ها باید Reshot گردند(لذا رعایت زمان Exposure Time بسیار مهم است) البته شرایط لوله برای انجام چنین روشی باید فراهم باشد(سایز لوله، دسترسی به داخل لوله وSFD و. . .) در این روش IQI برروی سطح بیرونی لوله و زیر فیلم قرار میگیرد تعداد IQI به نوع استاندارد و مشخصات فنی بستگی دارد و عموما در ساعت‌های 12,3,6,9 از IQI استفاده می‌گردد

در شکل زیر تکنیک پانارامیک نشان داده شده است



تکنیک‌های رادیوگرافی

سه روش اصلی بازرسی مقاطع توخالی با روش رادیوگرافی :

تکنیک یک دیواره یک تصویر که SWSI نامیده می‌شود (رادیوگرافی پلیت،رادیوگرافی بصورت پانارامیک) در اینحالت یک جوش و یک تصویر ایجاد می‌گردد بعبارتی اشعه فقط یک دیواره را طی می‌کند

در این تکنیک فیلم در پشت قطعه قرار گرفته و تابش پرتوها پس از عبور از ضخامت قطعه به فیلم میرسد دراینحالت پرتوها فقط یک دیواره ضخامت را طی میکنند

تکنیک دو دیواره دو تصویر،DWDI برای لوله های با قطر کمتر از89mm ،رادیوگرافی بصورت Eliptical(بیضوی) انجام می‌گردد

تکنیک دو دیواره یک تصویر،DWSI نامیده می‌شود

روش یک دیواره و یک تصویر دردو حالت زیر ممکن است انجام گردد

الف:فیلم درون لوله و منبع اشعه خارج از لوله

ب:فیلم خارج از لوله و منبع اشعه داخل لوله: در این روش آزمایش، منبع اشعه در مرکز لوله قرار گرفته، و فیلم پرتونگاری در سرتاسر پیرامون لوله با Overlap مناسب قرار میگیرد، درنتیجه با یکبار تابش اشعه، کل جوش محیطی لوله پرتونگاری می‌گردد.

در حالتDouble Wall Single Image (دو دیواره یک تصویر)وقتی داخل لوله بهردلیلی از لحاظ سایز و... قابل دسترسی نمی‌باشد فیلم و چشمه رادیواکتیو برروی سطوح خارجی لوله و مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و هردو ضخامت لوله در تست قرار میگیرد این حالت Double Wall نامیده می‌شود تکنیک Double Wall ممکن است بصورت‌های Single Image,Double Image,Superimpose انجام گردد

تکنیک DWDI:Double Wall Double Image لوله‌های با قطر کوچک که به داخل لوله دسترسی نمی‌باشد و عموما لوله‌های با قطر کمتر از 3 (89mm)"½ به روش DWDI رادیوگرافی می‌گردند(دو دیواره دو تصویر در برخی منابع لوله‌های با قطر 75-80mm بصورت DWDI رادیوگرافی می‌گردند و تصویر ایجاد شده بصورت بیضی (Elliptical) است) تعداد Exposure (تعداد دفعات شوت کردن) حداقل دوبار می‌باشدو شوت کردن درهربار 90 درجه نسبت به قبلی انجام میگیرد در این حالت چشمه برروی لوله قرار نمی‌گیرد بلکه در فاصله مشخصی از لوله وبا یک انحراف نسبت به لوله بطوری قرار میگیرد که تصویر ایجاد شده برروی فیلم، بصورت بیضی باشد چنانچه دو شوت انجام گیرد فیلم ها بصورت A,B نمایش داده می‌شوند فیلم ها یا Reject ویا ACC می گردند بعبارتی وقتی لوله ای بصورت Eliptical رادیوگرافی می‌گردد چنانچه عیبی درجوش مشاهده شود،تعمیر بر روی جوش انجام نمی‌گردد بلکه لوله مورد نظر، Cut out می‌گردد

البته در برخی منابع،برای تعیین تعداد شوت در حالت DWDI، چنانچه نسبت قطر خارجی به قطر داخلی برابر با 1.4 و کمتر گردد تعداد دو شوت با زاویه 90 درجه از دو جهت کفایت میکند ولیکن اگر این نسبت بیشتر از 1.4 گردد مقدار نسبت در عدد 1.7 ضرب می‌گردد وسپس تعداد شوت محاسبه می‌گردد

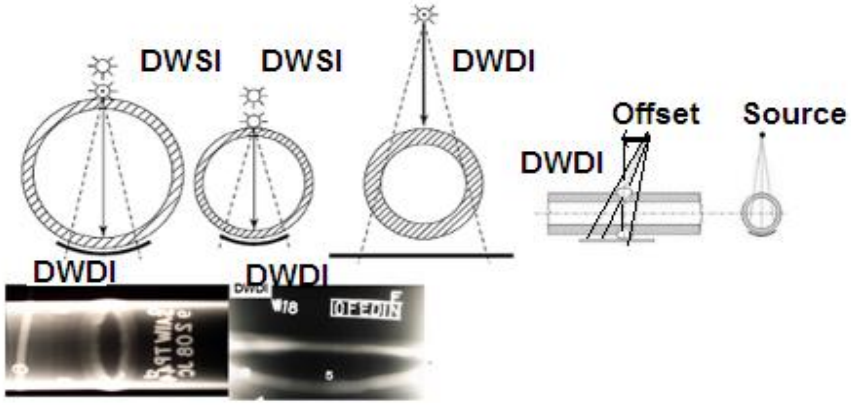
مثال:تعداد دفعات پرتونگاری از جوش لوله ای به قطر خارجی 50mm و ضخامت Thk:12.5mm عبارت است از: ابتدا قطر داخلی محاسبه می‌شود

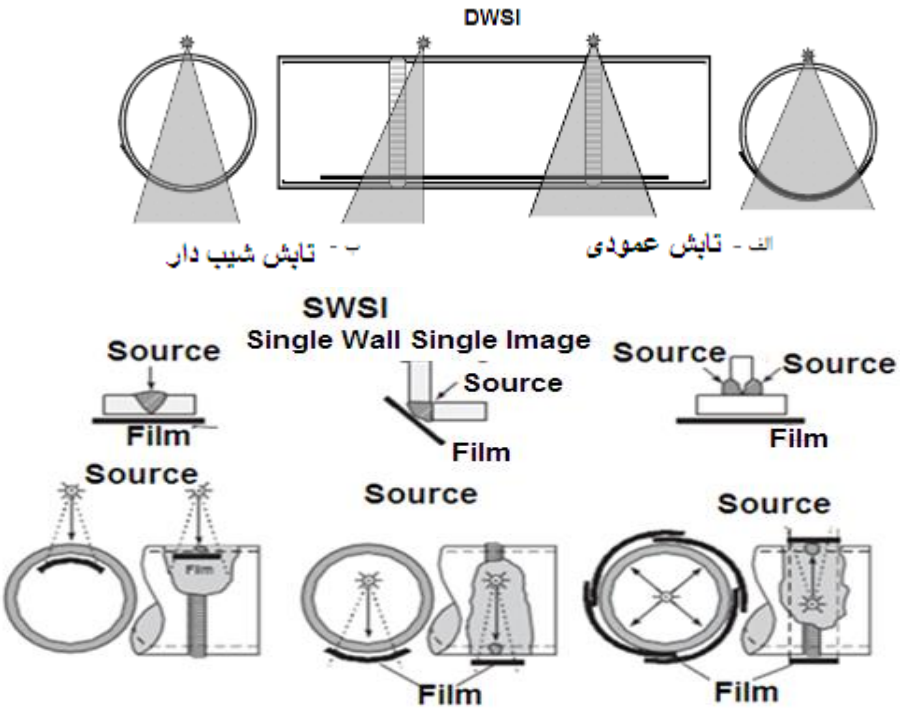
D=50-(2*12.5)=25mm,D/d=50/25=2

چون نسبت قطر خارجی به قطر داخلی بیشتر از1.4 گردیده است لذا این نسبت در عدد 1.7 ضرب شده و تعداد شوت محاسبه می‌گردد لذا

2*1.7=3.4 بنابراین تعداد چهار شوت با زاویه 45 درجه بر روی لوله فوق، انجام می‌گردد

در شکل زیر تکنیک های DWDI,DWSI,SWSI نشان داده شده است در روش DWSI چشمه رادیوگرافی بر حسب قطر لوله،SFD وپارامترهای دیگربرروی لوله ویا با کمی فاصله از لوله قرار میگیرد وفیلم رادیوگرافی در سطح خارجی لوله و در قسمت مقابل چشمه بر روی لوله قرار میگیرد درتکنیک دو دیواره یک تصویر(DWSI): در هر نوبت بخشی از محیط لوله تحت تابش قرار میگیرد لذا برای پوشش تمام محیط لوله پرتونگاری در چند نوبت تکرار می‌گردد در این روش ممکن است پرتوها بصورت عمودی تابیده شوند ویا با شیب به لوله تابیده شوند مقدار Overlap باید رعایت گردد

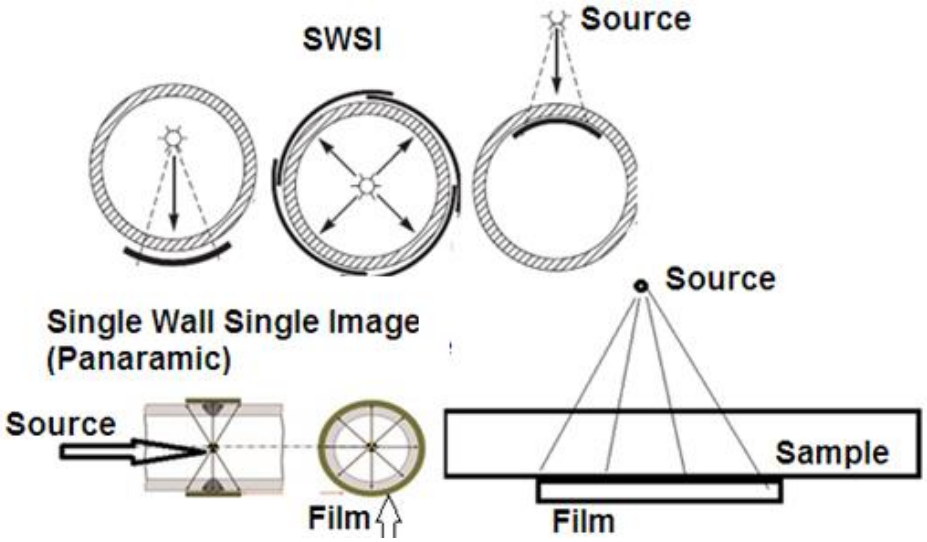




تکنیک های تست رادیوگرافی

در تکنیک Double Wall چشمه رادیوگرافی برروی قطعه یادر فاصله مشخصی از قطعه با یک Offset (انحراف)نسبت به جوش قرار گرفته و فیلم برروی سطح بیرونی لوله در جهت مقابل چشمه قرار می‌گیرد Double Wall ممکن است به صورتDWSI,DWDI انجام گردد درDWDI که تصویر بصورت بیضی بوده و چشمه رادیوگرافی بالای سطح لوله و با یک انحراف نسبت به جوش قرار می‌گیرد دراینحالت هر دو دیواره بر روی فیلم بوده و تصویر بصورت بیضی می‌باشد وبرای لوله‌های با سایز پایین استفاده می‌گردد در این روش فیلم بحالت تخت می‌باشد در حالی که درDWSI چشمه رادیوگرافی بر روی سطح لوله و یا نزدیک به سطح لوله و یا جوش قرار می‌گیرد وبرای لوله‌های با قطر بیشتر از89mmاستفاده می‌گردد و فیلم رادیوگرافی بر روی سطح خارجی(طرف مقابل لوله)قرار می‌گیرند در اینحالت نیز فیلم بصورت تخت می‌باشد

تکنیک SWSI:Single Wall Single Image در اینحالت وقتی داخل لوله قابل دسترسی باشد یا برروی پلیت ها و...انجام می‌گردد در اینحالت چشمه رادیواکتیو برروی سطح خارجی و فیلم در سطح داخلی قرار میگیرد و یا بالعکس(نمونه‌ای از Single Wall Single Image تکنیک پانارامیک در لوله یا مخازن است ویا رادیوگرافی برروی پلیت زیر بصورت SWSI می‌باشد یک طرف پلیت، چشمه رادیوگرافی قرار دارد و طرف مقابل، فیلم رادیوگرافی بر روی سطح پلیت چسبانده می‌شود) بنابراین تکنیک SWSI یک دیواره یک تصویر بوده که به دو شکل Film Inside Source Outside,Film Outside Source Inside انجام می‌گیرد در شکل زیر نمونه‌هایی از تکنیک رادیوگرافی SWSI نشان داده شده است



شکل 47-5:تکنیک های تست رادیوگرافیSWSI

DWDI-si = Double Wall Double Image – superimposed
DWDI-ellipse = Double Wall Double Image – ellipse
برای روش پرتونگاری Elliptical یا DWDI ، ضخامت دو دیواره بعلاوه ضخامت یک گرده جوش در نظر گرفته شود

CROSS Check

Cross Check تعیین صحت و درستی جوش متریال، بدنه متریال، تعیین ضخامت و. . . با استفاده از منابع وروش‌های مختلف، لذا Cross Check انجام تستی به موازات تست اولیه وقتی ابهاماتی در تست اولیه باشدبنابراین برای قطعیت و صحیح بودن تست اولیه، یک تست دیگری برای صحت تست انجام می‌گردد (همچنین وقتی یک تست تمام عیوب را مشخص نمی‌نماید تست دیگری نیز ممکن است استفاده گردد)بطور مثال: مخزنی ورق‌های کف آن دچار خوردگی شده است با استفاده از روش MFL(Magnetic Flux Leakage) مقدار خوردگی و کاهش ضخامت ورق‌ها در نقاط مختلف ورقهای کف، توسط این دستگاه مشخص می‌گردد حال برای صحت کارکرد دستگاه MFL، (گرچه این دستگاه کالیبره بوده ولی عملکرد دستگاه و اپراتور در صحت تست موثرند)تعدادی از نقاطی که بوسیله دستگاه تستMFL تست شده اند آن نقاط با استفاده از تست‌های NDT دیگر همچون UT ، تست شده و کاهش ضخامت ثبت گردیده و با نتایج MFLمقایسه می‌گردد تا صحت دستگاه MFL مشخص گردد در مواردی حتی برای اطمینان بیشتر ازصحت انجام تست MFL، یک یا دو پلیت ازکف مخزن بریده شده و سطح زیرین آن مورد بازدید چشمی‌قرار گرفته تا ازصحت نتایج، اطمینان کامل حاصل گردد بنابراین تست UT بعنوان Cross Check برای تایید و صحت تست MFL ورق‌های کف مخزن استفاده شده است Cross Check برای بررسی Failure در فلزات نیز استفاده میشود

خصوصیات تیوب وگیج‌های اندازه گیری ضخامت تیوب

در تیوب‌ها قطر اسمی‌تیوبها(NPS) با قطر خارجی آنها یکسان است البته ممکن است در برخی از تیوب‌ها (تیوب‌های مسی) قطر خارجی با NPS برابر نباشد
مثال :تیوب "NPS: 3/4 دارای قطر خارجی (3/4")OD می‌باشد یا تیوب"NPS: 6 دارای قطر خارجی ("6) :OD می‌باشد.
ضخامت تیوبها با (Birmangham Wire Gauge) BWG مشخص می‌شود همچنین برای اندازه گیری قطر سیم‌ها ازBWG نیز استفاده میشود.
گیج BWG عموما ازپنج عدد صفر (5/0)00000 شروع وبه 36ختم می‌گردد گیجSWG ممکن است به اعداد بالاتر(50) که در جدول زیر بصورت خلاصه نشان داده شده است ختم می‌گردد

(مثال:Thk(6"BWG 0)=8.64mm)

تعیین ضخامت تیوب با گیج‌های اندازه گیری BWG,SWG

مثال:Thk(4"BWG 35)=0.005"(0.13mm),Thk(4"SWG 35)=0.0084"
تیوب‌های با سایز یکسان و شماره گیج SWG وBWG یکسان دارای ضخامت یکسانی نمی‌باشند
مثال:Thk(4" BWG 13)=2.41mm,Thk(4" SWG 13)=2.34mm
با افزایش شماره BWG,SWG (گیج تیوب)، ضخامت تیوب کم می‌شودکه برعکس Sch در لوله‌ها می‌باشد
مثال:Thk(Tube 6" BWG 12) =2.77mm,Thk(Tube 6" BWG 16)=1.65mm,
Thk(Tube 6"BWG 20)=0.89mm
BWG,SWG مستقل از قطر تیوبها می‌باشند. به عبارت دیگر چند تیوب با قطر متفاوت ولی BWG,SWG یکسان، دارای ضخامت یکسان می‌باشند.
Thk(Tube 6" BWG 22) =Thk(Tube 8" BWG 22) =Thk(1/2"Tube BWG22)= 0.711 mm
Thk(4" SWG 30)=Thk(6"SWG 30)=Thk(2" SWG 30)=0.0124"
بنابراین تیوب‌های با قطرهای مختلف و شماره گیج یکسان، دارای ضخامت یکسان می‌باشند

ضخامت تیوب در گیج یکسان با قطر متفاوت

OD	BWG(Gauge)	THK
1"	18	0.049
3/4"	18	0.049
1/2"	18	0.049

تیوب‌های با قطریکسان و شماره گیج‌های متفاوت، دارای ضخامت متفاوت می‌باشد

Thk(Tube1" BWG 20) = 0.89 mm,Thk(Tube1" BWG 12)= 2.76 mm

Thk(Tube 2" SWG 18)=1.2mm,Thk(Tube 2" SWG 16)=1.6mm

تعیین ضخامت تیوب با گیج SWG:

Standard wire Gauge SWG			Birmingham wire Gauge BWG		
			BWG	in	mm
			00000(5/0)	0. 5	
			0000(4/0)	0. 454	
SWG	in	mm	000(3/0)	0. 425	
			00(2/0)	380	
0	0,324	8,23	0	0,340	8,64
1	0,300	7,62	1	0,300	7,62
2	0,276	7,01	2	0,284	7,21
3	0,252	6,40	3	0,259	6,58
4	0,232	5,89	4	0,238	6,05
5	0,212	5,38	5	0,220	5,59
6	0,192	4,88	6	0,203	5,16
7	0,176	4,47	7	0,180	4,57
8	0,160	4,06	8	0,165	4,19
9	0,144	3,66	9	0,148	3,76
10	0,128	3,25	10	0,134	3,40
11	0,116	2,95	11	0,120	3,05
12	0,104	2,64	12	0,109	2,77
13	0,092	2,34	13	0,095	2,41
14	0,080	2,03	14	0,083	2,11
15	0,072	1,83	15	0,072	1,83
16	0,064	1,63	16	0,065	1,65
17	0,056	1,42	17	0,058	1,47
18	0,048	1,22	18	0,049	1,24
19	0,040	1,02	19	0,042	1,07
20	0,036	0,91	20	0,035	0,89
21,22,…,32,33	برای کوچکتر شدن جدول ضخامت این شماره‌ها ذکر نگردید				
34	0,0092	0,23	34	0,007	0,18
35	0,0084	0,21	35	0,005	0,13
36	0,0076	0,1	36	0,004	0,10
37,38,39,…50					

O.D. mm	W.T. mm	O.D. inch	Gauge SWG
12.7	1.2	1/2"	18
	1.6		16
15.88	1.2	5/8"	18
	1.6		16
19.05	1.2	3/4"	18
	1.6		16
22.2	1.2	7/8"	18
	1.6		16
25.4	1.2	1"	18
	1.6		16
31.75	1.2	1.1/4'	18
	1.6		16
38.1	1.2	1.1/2"	18
	1.6		16
44.45	1.6	1.3/4"	16
50.8	1.2	2"	18
	1.6		16
	2.0		14

O.D. mm	W.T. mm	O.D. inch	Gauge SWG
63.5	1.2	2.1/2"	18
	1.6		16
	2.0		14
76.2	1.2	3"	18
	1.6		16
	2.0		14
101.6	1.6	4"	16
	2.0		14
127.0	1.6	5"	16
	2.0		14
152.4	1.6	6"	16
	2.0		14
203.2	1.6	8"	16
	2.0		14
254.0	2.0	10"	14
304.8	2.0	12"	14

با افزایش شماره گیج BWG، ویا شماره گیج SWG، ضخامت تیوب کاهش می‌یابد

OD تیوب، مانند لوله همیشه ثابت است به عبارت دیگردریک قطر ثابت، با افزایش ضخامت تیوب (کاهش گیج)، ID (قطرداخلی)تیوب کاهش می‌یابد. مثال:

Thk(Tube1" BWG 20) = 0. 89 mm, OD=1 inch, ID=0.930 inch
Thk(Tube1" BWG 12) = 2.76 mm, OD= 1 inch, ID=0.782 inch

بنابراین در قطر یکسان یک تیوب، با افزایش شماره گیج، قطرداخلی افزایش می‌یابد

روش سختی سنجی برینل

روش سختی سنجی برینل تقریبا بیشترین کاربرد را در پالایشگاه و پتروشیمی‌دارد لذا روش برینل بطور مفصل توضیح داده می‌شود گرچه روش‌های سختی سنجی ویکرز، راکول(خصوصا HRC) نیز در صنعت نفت و گاز استفاده می‌گردند در برخی صنایع قطعات سنگین با سختی بالا، عموما از HRC استفاده می‌شود در قطعات ظریف و حساس از روش ویکرز ویا نوپ استفاده می‌شود

بطور کلی بسته به نحوه اجرای آزمایش سختی، می توان آزمون‌های سختی موجود را به سه دسته کلی تقسیم بندی نمود:

1- آزمون سختی الاستیک (Elastic Hardness Test) : سختی برگشت یا انعکاس 2- آزمون سختی خراش Scratch Hardness Test که شامل تست خراش یا Mohs Testو File Test می‌باشد که بررسی مقاومت در برابر برش یا سایش می‌باشد 3- (آزمون سختی فرورفتگی Penetration Hardness:) Test مقاومت در برابر فرورفتگی که شامل روش‌های راکول، برینل، ویکرز، نوپ می‌باشد

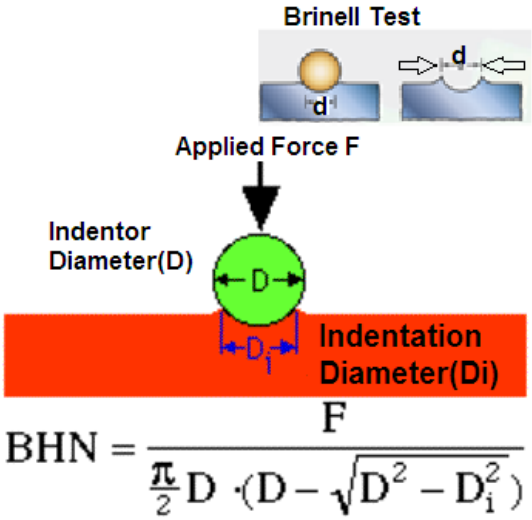
عدد سختی برینل(HB) مساوی است با نسبت بار بر حسب کیلو گرم به سطح اثر(سطح داخل فرورفتگی) بر حسب میلیمتر مربع که از رابطه زیر محاسبه می شود نیروی وارد بر گلوله یا ساچمه فولادی یا ساچمه کاربید تنگستن باعث نفوذ بر روی سطح نمونه می‌گردد عددسختی برینل بصورت نیرو تقسیم بر مساحت داخل فرورفتگی محاسبه می‌شود سطحی که فرورفتگی روی آن ایجاد می‌شود باید نسبتا" صاف و بدون جرم و گردو غبار باشد (از ساچمه های تنگستنی ویا فولادی در سختی به روش برینل استفاده می‌گردد که ساچمه بعنوان Indentor (نفوذ کننده) می‌باشد در روش برینل ،Indentor بصورت ساچمه می‌باشد)

شکل زیر قطر ساچمه (Indentor) و قطر ایجاد شده برروی نمونه نشان داده شده است همچنین فرمول محاسبه سختی به روش برینل نشان داده شده است

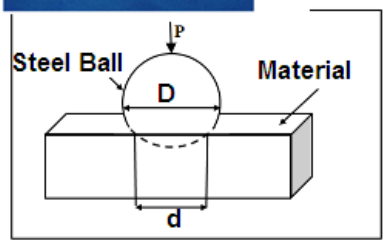
روش سختی سنجی برینل

در زیر فرمول محاسبه سختی به روش برینل نشان داده شده است

همچنین بلوک‌های کالیبره جهت کالیبره نمودن دستگاه جهت تست سختی سنجی برینل نشان داده شده است

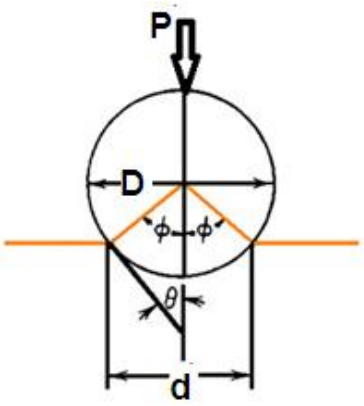


$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi}{2} D \cdot (D - \sqrt{D^2 - D_i^2})}$$



سختی برینل

$$BHN = \frac{P}{\left(\frac{\pi D}{2}\right)(D - \sqrt{D^2 - d^2}} = \frac{P}{\pi D t}$$

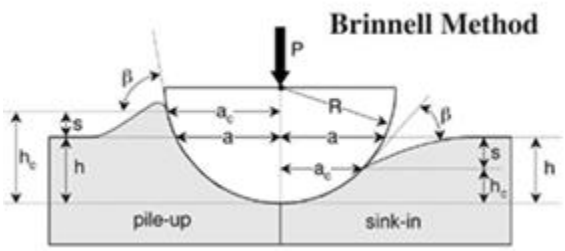


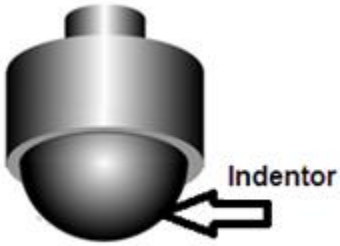
روش سختی سنجی برینل

P بار وارد شده بر حسب کیلوگرم، D قطر گلوله بر حسب میلی متر. d قطر فرورفتگی بر حسب میلی متر.

t عمق اثر بر حسب میلی متر. ،واحد عدد سختی برینل کیلوگرم بر میلی متر مربع است

در شکل زیرعیب برآمده شدن(Pile up)و فرورفتن(Sink in) در تست برینل برروی سطح قطعه نشان داده شده است که ایجاد عیوب فوق تابعی از نسبت استحکام تسلیم به ضریب الاستیسیته متریال، وهمچنین مقدار Strain Hardening(n) وابسته است که مقادیر S:Pile up Depth,Hc:Contact Depth,h:Indentation Depth at Max Load





روش سختی سنجی برینل

برینل از ساچمه برای اندازه گیری سختی متریال استفاده می‌گردد برای سختی‌های بالا، برای جلوگیری از Deformation یا تغییر شکل در ساچمه، از ساچمه‌های تنگستنی(HBW:Hardness Brinel Tungesten)

استفاده می‌شود بنابراین ساچمه‌های فولادی برای سختی‌های پایین و ساچمه‌های تنگستنی برای سختی‌های بالا استفاده می‌شوند چنانچه ساچمه دچار تغییر فرم گردد عدد سختی بدست آمده، بهیچوجه صحیح نخواهد بود

در روش برینل وقتی بار (نیرو)زیاد باشد عمق اثر زیاد خواهد بود برای فلزات خیلی سخت از ساچمه‌های کاربید تنگستن (WC) استفاده می‌شود تا از ایجاد Deformation ساچمه جلوگیری بعمل آید

خصوصیت اصلی تست برینل، بزرگ بودن قطر اثر فرورفتگی می‌باشد در قطعات کوچک، فرورفتگی میتواند باعث ایجاد تنش و حتی شکست در قطعات کوچک (نازک)گردد

نیرو:در روش برینل از نیروهای 500Kg,1500Kg,3000Kg بطور معمول استفاده می‌شود

3000 kg	For hard metal
1500 kg	For metal of intermediate hardness
500 kg	For soft metals

نیروی 500Kg برای متریالی که سختی کمتری دارند استفاده می‌شود ونیروهای بالاتر برای متریال با سختی بیشتر استفاده می‌شود بنابراین برای فلزاتی نظیر مس(Cu)و الومینیوم(Al) از نیروی 500Kg برای تست با روش برینل استفاده می‌شود برای فلزات نرمتر از نیروهای 250 و 125 و یا 100 کیلوگرمی نیز استفاده می‌شود

عیب سختی سنجی برینل

برای متریال خیلی سخت مناسب نمی‌باشد چون ساچمه تغییر فرم میدهد و همچنین برای قطعات نازک، بعلت بزرگ بودن اثر نفوذ کننده، مناسب نیست و چون عمق ایجاد شده برای قطعات نازک، زیاد می‌باشد ممکن است این تست باعث ایجاد ترک در قطعات نازک گردد

جنس ساچمه

در تست با روش برینل از دونوع ساچمه استفاده می‌شود برای سختی‌های کمتر از 450HB از ساچمه‌های فولادی استفاده می‌شود و برای سختی 650 ≥HBW> 450 از ساچمه‌های کاربید تنگستنی استفاده می‌شود(کاربید تنگستنWC در برابر تغییر شکل در سختی‌های بالاتر و نیروی بیشتر،بعلت سختی بالاترمقاوم تر می‌باشد)

HBS حرف S:یعنی Steel یعنی ساچمه فولادی برای سختی‌های کمتر از450HB استفاده می‌گردد

HBS≤450 و HB:Hardness Brinnell می‌باشد

HBWحرف W:یعنی تنگستن (ولفرام) که برای سختی‌های بالاتر از ساچمه کاربید تنگستن استفاده می‌گردد(650≥HBW >450)

براساس استاندارد ASTM E10(5.2.2) روش برینل برای متریالی که سختی بالاتر از 650HB دارند توصیه نمی‌شود و بهتر است از این روش استفاده نشود

آنالیز شیمیایی ساچمه با جنس کاربید تنگستن در استاندارد ASTM E10 بصورت زیر می‌باشد

Tungsten Carbide (WC)	Balance
Cobalt (Co)	5.0 to 7.0 %
Total other Carbides	2.0 % max

قطر ساچمه (Indentor) در تست برینل

قطر ساچمه برای تست برینل 10mmبوده ولی در استاندارد ASTME10 قطرهای دیگری من جمله 5mm,4mm,2.5mm,2mm,1mm نیز استفاده می‌شوند که در جدول زیر مقدار تلورانس قطر ساچمه نشان داده شده است مثال،چنانچه قطر ساچمه نفوذکننده 10mm باشد مقدار0.005mm ± میتواند تلورانس داشته باشد بعبارتی محدوده قطر ساچمه 10+0.005mm,10-0.005mm می‌باشد

قطر نفوذ کننده در تست سختی سنجی برینل براساس استاندارد ASTM

قطر نفوذ کننده در تست برینل

Ball Diameter,mm	Tolerance,mm
10	±0.005
5	±0.004
2.5	±0.003
2	±0.003
1	±0.003

بر اساس استاندارد ASTM E10 فاصله از مرکز نفوذکننده(Indentor) تا لبه نمونه ویا لبه Indentor دیگر باید حداقل 2-1/2 برابر قطر نفوذ کننده باشد

با انجام تست به روش برینل، خواص مکانیکی نظیر استحکام، انعطاف پذیری و مقاومت سایشی قابل دسترسی می‌باشد بعبارتی وقتی سختی برینل یک متریال تعیین گردد برخی از خواص مکانیکی نیز مشخص می‌گردد مثلا استحکام کششیUTS برای فولاد بصورت تقریبی

TS(Mpa)=3.45×HB یا TS(Psi)=500×HB می‌باشد که البته در شکل زیر برای محدوده سختی HB≤175,HB>175 بطور دقیق تر نشان داده شده است

$$TS\ (MPa) = \begin{cases} 3.55 \cdot HB & (HB \le 175) \\ 3.38 \cdot HB & (HB > 175) \end{cases}$$

$$TS\ (psi) = \begin{cases} 515 \cdot HB & (HB \le 175) \\ 490 \cdot HB & (HB > 175) \end{cases}$$

بعنوان مثال،برای مقادیر سختی بیشتر از 175 HB،استحکام کششی فولاد بطور تقریبی TS=3.38HB بر اساس Mpa می‌باشد

واحد سختی سنجی در ASME B31.3 براساس برینل (HB)بوده که براساس استاندارد ASTM E140، واحدهای سختی قابل تبدیل به یکدیگر می‌باشند

براساس استاندارد (331.1.7) Asme B31.3 عملیات سختی سنجی برروی جوش، Hot Bend وHot Formed بدین جهت انجام میگیرد که اطمینان حاصل گردد عملیات حرارتی بطور رضایت بخشی انجام شده است برای سختی سنجی ناحیه HAZتا آنجا که امکان دارد به فلز جوش نزدیک باشد

بنابراین وقتی شکل دهی گرم ویا خمش گرم برروی متریال انجام میگیرد سختی سنجی باید بر اساس B31.3(331.1.7) انجام گیرد

براساس ASME B31.3(Table 331.1.1) برای برخی متریال‌ها محدوده سختی سنجی مشخص گردیده است وبرای برخی مشخص نشده است متریال هایی که محدوده سختی سنجی در Table331.1.1 مشخص گردیده است چنانچه تنش زدایی این متریال‌ها بصورت موضعی(Locally) باشد عملیات سختی سنجی باید 100%اعمال شود و همه نمونه‌ها باید سختی سنجی شوند در صورتیکه نمونه‌ها در کوره عملیات حرارتی شده اند باید 10% نمونه‌ها سختی سنجی گردند(آیا این شرایط برای خطوط High Pressure نیز اعمال می‌گردد بلی براساس B31.3(K331.1.7)موارد B31.3(331.1.7) عینا برای خطوط High Pressure اعمال می‌گردد

مثال:تعداد20 لوله جوش شده با ضخامت 15mm ازمتریال با(Pno:4(Ano:3 درکوره تنش زدایی گردیده است دراینحالت تعداد لوله هایی که سختی سنجی می‌گردند براساس B31.3 برابر با دو لوله (رعایت10% سختی سنجی نمونه‌ها) می‌باشند ولیکن چنانچه هریک ازاین لوله‌ها بصورت جداگانه وبصورت موضعی یا (Locally) تنش زدایی گردند همه لوله‌ها باید سختی سنجی گردند

مثال:براساس Asme B31.3(Table 331.1.1)، محدوده سختی برای متریال‌های Pno:4(Ano:3) حداکثر 225HB می‌باشد چنانچه متریال Pno:4 بعد ازاتمام جوشکاری درکوره عملیات تنش‌زدایی گردند10% نمونه هاتست سختی سنجی شده و حداکثر سختی باید225HB باشد چنانچه هر سرجوشی جداگانه و بصورت موضعی تنش زدایی گردد همه سرجوش‌ها باید سختی سنجی شده و حداکثر سختی برای متریال فوق، 225HB می‌باشد(عدد225HB سختی سنجی ازنواحی جوش و ناحیهHAZ می‌باشد)

Table 331.1.1 Requirements for Heat Treatment

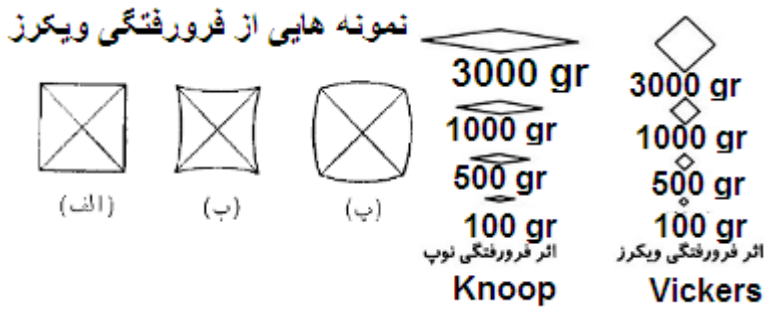
Base Metal P-No or S-No(1)	Weld Metal Analysis A-Number (note2)	Base Metal Group	Nominal Wall Thickness mm	Nominal Wall Thickness in	Specified Min Tensile Strength Base Metal Mpa	Specified Min Tensile Strength Base Metal Ksi	Metal Temperature Range ℃	Metal Temperature Range °F	Holding Time Nominal Wall [Note (3)] min/mm	Holding Time Nominal Wall [Note (3)] hr/in	Holding Time Min Time, hr	Brinell Hardness Max [Note (4)]
4 [Note (5)]	3	Alloy Steel 1/2%<Cr≤2%	≤13	≤1/2	≤490	≤71	None	None	...	...	...	...
			>13	>1/2	All	All	704-746	1300-1375	2.4	1	2	225
			All	All	>490	>71	704-746	1300-1375	2.4	1	2	225

برای متریال های با (Pno:4(Ano:3،چنانچه حداقل استحکام کششی متریال بیشتر از490Mpa باشد همه ضخامت ها باید تنش زدایی شده و سپس سختی سنجی گردیده و حداکثر سختی،225HB می‌باشد ولیکن برای متریال های با (Pno:4(Ano:3 وقتی حداقل استحکام کششی کوچکتر مساوی 490Mpa باشد برای ضخامت های Thk≤13mm،قطعه جوش شده نیاز به عملیات تنش زدایی و سختی سنجی ندارد

وقتی دو متریال مختلف بوسیله جوشکاری بهم جوش شوند محدوده سختی برای قسمت فلز پایه ومتریال جوش هر متریال باید براساس جدول B31. 3 (331.1.1) باشد

روش سختی سنجی نوپ(Knoop)

این روش در ایالات متحده امریکا ابداع شد. در این روش از یک هرم الماسی استفاده می‌شود که قطر بزرگ حفره ایجاد شده توسط آن هفت برابر قطر کوچکش و در حدود سی برابر عمق آن است. امتیاز این نوع فرو رونده در مقایسه با فرو رونده آزمون ریزسختی ویکرز (که فرورفتگی تقریبا مربعی ایجاد می‌کند) در این است که طول فرورفتگی نوپ حدودا سه برابر قطر فرورفتگی ویکرز است و می‌تواند با دقت بیشتری اندازه گیری شود



روش سختی سنجی ویکرز

روش ویکرز از یک هرم مربع القاعده از جنس الماس به عنوان سمبه (نازل فرورونده)استفاده می‌شود، زاویه بین وجوه مقابل هرم 136 درجه است

عدد سختی ویکرز برابر است با نیرو تقسیم بر مساحت فرورفتگی

البته گرچه روش دقیقی می‌باشد ولیکن بعلت سرعت کم، تمیزکاری زیاد سطح، تعیین دقیق طول قطر سبب می‌گردد این روش کمتر در صنعت استفاده گردد البته در مواردی در صنایع نفت وگاز با نیروهای 5Kg,10Kg استفاده می‌گردد

مثال:440HV30که عدد440 نشان دهنده سختی ویکرز می‌باشد و30 نشان دهنده نیرو می‌باشد

مثال:440HV30/20 عدد 20 نشان دهنده زمان تست سختی ویکرز می‌باشد440 سختی ویکرز و30 مقدار نیرو بر حسب Kgf می‌باشد

ویکرز نسبت به برینل دارای نقطه اثر کوچکتری می‌باشد ولذا برای قطعات کوچکتر و حساس تر استفاده می‌گردد

دقت این تست به مقدار زیادی به Surface Finish,Flatness (صافی سطح نهایی)سطح مورد تست بستگی دارد لذا صاف و تمیز بودن سطح بسیار مهم است

سختی ویکرز برابر است با نیروی اعمالی برحسب کیلوگرم تقسیم بر مساحت سطح فرورفتگی و نهایتا مقدار سختی ویکرز از رابطه

$VHN(VPH)=1.854P/D^2$که D میانگین طول قطرها وP نیروی اعمالی می‌باشد

$$DPH=\frac{2P\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2}=\frac{1.854\,P}{L^2}$$

P نیروی اعمالی وL میانگین طول قطرهای اثر وØ زاویه میان وجوه مقابل 136 Deg می‌باشد

آثار فرورفتگی آزمون ویکرز

آزمون سختی الاستیک

(HS:Hardness Shore Scleroscope or Elastic Hardness Test)

این روش برای قطعاتی که بزرگ و غیر قابل حمل هستند و باید در محل (نصب یا کار) تست شوند(چرخ دنده‌های بزرگ، غلطک‌ها وقالب و. . .) وبرای این منظور چکشی از ارتفاع مشخصی رها شده و میزان بازگشت چکش محاسبه می‌گردد (چکش با نوک الماس داخل شیشه مدرج قرار دارد)وبدین طریق سختی قطعه بدست می‌آید هرچه بازگشت چکش بیشتر باشد به مفهوم سخت تر بودن ماده می‌باشد چون متریال نرم، ضربه چکش را گرفته و ارتفاع برگشت چکش زیاد نمی‌باشد

دستگاه سختی سنجی اسکلروسکوپ در سال 1907 توسط A. F. Shore اختراع گردید لذا با نام Shore Scleroscopeنیز نامیده می‌شود اساس این تست رفتار الاستیکی مواد است لذا در بعضی مواقع با نام Elastic Test نیز نامیده می‌شود ولی روش‌های دیگر سختی سنجی از نفوذ کننده ها، برپایه Plastic. Deformation استفاده می‌گردد

این تست که بصورت دینامیکی انجام می‌گیرد یک چکش با نوک الماس از ارتفاع معین از محفظه شیشه ای بر روی قطعه افتاده و ارتفاع اولین برگشت مبنای سختی متریال می‌باشد هرچه ارتفاع برگشت بیشتر باشد ماده سخت تر می‌باشد لذا معیار سختی ارتفاع اولین برگشت که توسط دستگاه اسکلروسکوپ انجام می‌شود می‌باشد این دستگاه ممکن است عدد سختی را بصورت دیجیتالی ویا با استفاده ازیک عقربه مدرج نشان دهد

سختی سنجی راکول

در این روش نفوذ کننده که Indentor نامیده می‌شود به دو شکل ساچمه ای و مخروط الماسه موجود است

راکول دارای مقیاس‌های زیادی همچون

HRA,HRB,HRC,HRD,HRE,HRF,HRG,HRH,HRL,HRM,HRN, HRP,HRR,HRS,HRV

می‌باشد نفوذ کننده در HRA,HRC,HRD بصورت مخروط الماسه می‌باشند ومقیاس‌های راکول B,E,F,G,H,K,L,M,P,R,S,V از ساچمه بعنوان نفوذ کننده، استفاده می‌گردد که مقدار نیرو و قطر ساچمه‌ها متفاوت می‌باشد

در روش راکول ابتدا حروفHR:Hardness Rockwell و سپس نوع مقیاس ذکر می‌گردد مقیاس‌های HRA,HRB,HRC عموما از استفاده بیشتری در صنعت برخوردارند

راکول : A که نیروی 60Kg کیلوگرم را اعمال می‌کند نیروی اولیه 10 کیلوگرم می‌باشد راکول A بصورت Rockwell Scale A(HRA) بیان می‌گردد

راکول B که نیروی 100Kg کیلوگرم را اعمال می‌کند نیروی اولیه 10 کیلوگرم می‌باشد راکول B بصورت Rockwell Scale B(HRB) بیان می‌شود

راکول C که نیروی 150Kg کیلوگرم را اعمال می‌کند نیروی اولیه 10 کیلوگرم می‌باشد بنابراین راکول سی بصورتRockwell Scale C(HRC) بیان می‌شود

همچنین راکول D بصورت Rockwell Scale D(HRD) بیان می‌شود

تست راکول از لحاظ دسته بندی شامل دو گروه Rockwell Hardness که شامل مقیاس هاScale:A,B,C,D,E,F,G,H,K,M,P,R,S,V می‌باشد و گروه دوم شامل Superficial Rockwell شامل

مقیاس‌هایScale:45N,30N,15N,45T,30T,15T,45W,30W,15W,45X,30X,15X,45Y,30Y,15Y می‌باشد اعدادی که درجلوی حروف انگلیسی قرار دارد نشان دهنده حداکثر نیروی اعمالی می‌باشد(مثال:Scale:45N عدد45 نشان دهنده حداکثر نیروی اعمالی بر حسب Kgf است و حروف انگلیسی نشان دهنده نوع نفوذ کننده(ساچمه و هرم الماسه) می‌باشد Scale:T,W,X,Y از نفوذ کننده ساچمه با قطرهای مختلف استفاده می‌گردد

Scale:T(Superficial) ازنفوذ کننده الماسه استفاده می‌گردد که در جدول زیر نشان داده شده است

Super Ficial Rockwell برای قطعات خیلی نازک و کوچک استفاده می‌گردند نفوذ کننده‌های گرد (Ball Indentor) برای متریال نرم و نفوذ کننده هرمی شکل برای متریال سخت استفاده می‌گردند

نیروی اولیه در Superficial برابر با 3kgf و نیروی حداکثر شامل 15,30,45 kgf می‌باشد

T(Ball Dia:1/16”),W(Ball Dia):1/8”,X(Ball Dia):1/4”,Y(Ball Dia:1/2”) می‌باشد

Scale:N در این حالت،نفوذ کننده مخروط الماسه با Vertex Angle:120° که شعاع نوک مخروط الماسه 0.2mm می‌باشد لذا نفوذ کننده بصورت مخروی کروی با زاویه 120° می‌باشد

تست Eddy Current (ET) (جریان‌های گردابی، جریان‌های فوکو یا جریان‌های سرگردان)

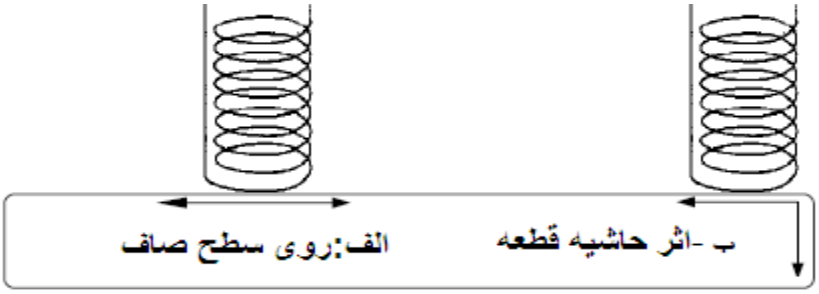
تست ET برروی متریال‌های Metals,Alloys,Electroconductors استفاده می‌شود ومتریال هایی که هادی جریان الکتریکی باشند تست Eddy Current به صورت EC Conventional و یا ECA(Eddy Current Array) دسته بندی می‌گردد روش‌های ACFM,ACPD,RFI از متدهای این تست می‌باشند

این تست برروی متریال هایی که خاصیت مغناطیسی ندارند انجام می‌گردد بعبارتی شرط انجام این تست، متریال هادی جریان الکتریکی باشد در حالیکه در تست MT متریال باید خاصیت مغناطیسی داشته باشد وجاذب آهن ربا باشد بهمین دلیل برروی متریال استنلس آستنیتی، تست MT قابل انجام نمی‌باشد درحالیکه تست ET انجام می‌گردد

روش ET عمدتا سطحی و زیرسطحی است وبرای عیب یابی تمام ضخامت قطعه کارآیی ندارد (حداکثر نفوذ برای مس،7mm می‌باشد) این تست نیاز به ماده واسط ندارد غیرتماسی بوده و فقط متریال های هادی جریان الکتریسیته قابلیت این تست را دارند

بر اساس شکل زیر،یک سیم پیچ که جریان متناوب(AC) از آن عبور میکند در اثر عبور جریان، میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ ایجاد می‌گردد حال اگر این سیم پیچ به قطعه ای که هادی جریان الکتریسیته است نزدیک گردد یک جریان گردابی بصورت دوایر(همانند گردابی که در آب ایجاد میشود) در قطعه القا می شود جریان گردابی بوجود آمده سبب ایجاد میدان مغناطیسی در قطعه می‌گردد این میدان مغناطیسی تحت عنوان میدان مغناطیسی ثانویه نامیده می‌شود چون میدان مغناطیسی اولیه در اطراف سیم پیچ ایجاد می‌گردد که جهت این میدان در خلاف جهت میدان ایجاد شده در سیم پیچ می‌باشد (بعبارتی این میدان با میدان اطراف سیم پیچ در تضاد می‌باشد بعبارتی این میدان با عامل بوجود آورنده خود(سیم پیچ) مقابله میکند) در تست ET از پزوبهایی که بصورت سیم پیچ بوده استفاده می‌گردند که به سطح قطعه نزدیک می‌شوند این روش برای بررسی و کشف عیوب سطحی کاربرد دارداگر ماده ای دارای ناپیوستگی(عیوب) باشد توزیع جریان های گردابی و همچنین اندازه آنها در نواحی نزدیک به ناپیوستگی یا عیوب تغییر کرده و نتیجتاً میدان مغناطیسی حاصل از این جریان ها و به همراه آن مقاومت ظاهری سیم پیچ نیز تغییر خواهد کرد بعبارتی وجود عیب در قطعه سبب تغییر در جریان گردابی و تغییر در مقاومت ظاهری کویل(سیم پیچ) خواهد گردید حال وقتی سیم پیچ با مقاومت ظاهری معینی به سطح قطعه نزدیک می‌شود مقدار مقاومت ظاهری سیم پیچ تحت اثر میدان بازدارنده تغییر نموده و از طریق محاسبه تغییرات مقامت ظاهری برخی از ویژگی های درون فلز شناسایی می‌گردد

در این روش انحراف جریان ET در لبه های قطعه ایجاد می‌شود در شکل زیر جریان گردابی در حالت الف:بصورت یکنواخت منتشر می‌شود در حالیکه در کناره قطعه جریان در هردو جهت پراکنده شده و اثر دیواره قطعه بسیار شدید بوده و مانند یک عیب در صفحه نمایش دیده می‌شود این پدیده اثر لبه ای Edge Effect نامیده می‌شود

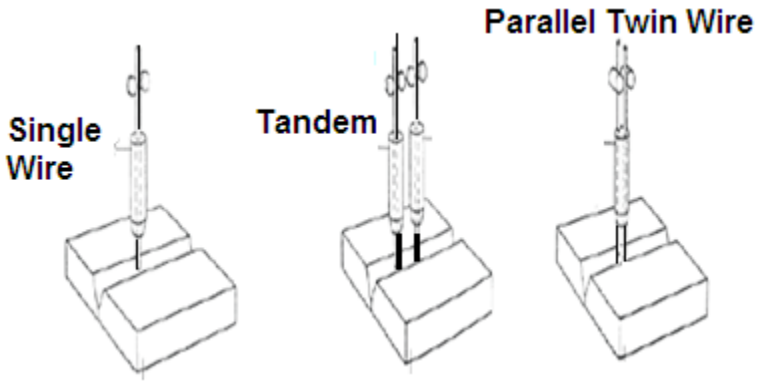


وقتی در قطعه عیوبی نباشد مقاومت ظاهری سیم پیچ در تمام نقاط سطح یکسان خواهد بود ولیکن اگر عیوبی در قطعه باشد مقاومت ظاهری سیم پیچ در تمان نقاط سطح قطعه یکسان نمی‌باشد ومقاومت ظاهری سیم پیچ تغییر می‌کند

Multiple Electrode

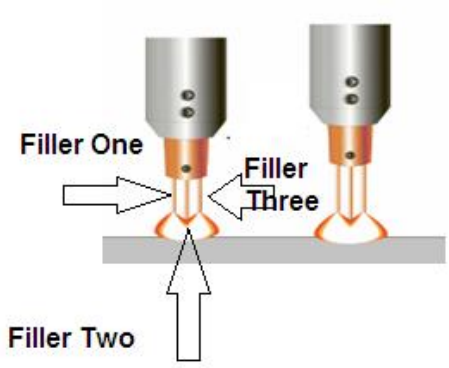
Parallel Electrode عبارت است از دو الکترود که بصورت موازی به یک منبع تغذیه متصل می‌شوند ودر جوشکاری زیرپودری(SAW) استفاده می‌شوند Parallel Electrode که دو الکترود به فاصله تقریبی "1/4-1/2 بصورت موازی و به یک منبع تغذیه متصل می‌گردند لذا سرعت جوشکاری در این روش بیشتر از Single Arc بوده این روش در جوشکاری زیرپودری استفاده می‌گردد و مقدار حرارت ورودی

(Heat Input) عبارت است از مجموع حرارت ورودی(Heat Input) دو الکترود می‌باشد و دو الکترود درکنار یکدیگر با فاصله مشخص بصورت موازی جوشکاری می‌نمایند



روش‌های جوشکاری Tandem Wire,Twin Wire,Single Wire

در شکل زیر سه فیلر به یک منبع جوشکاری متصل میشوند

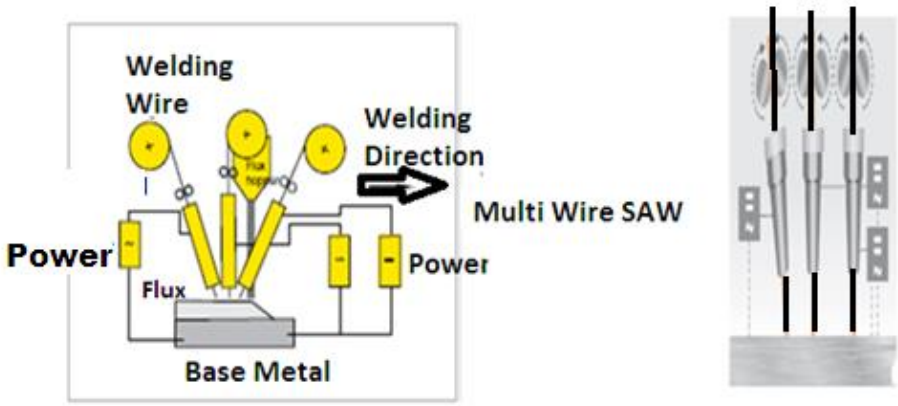


جوشکاری با سه فیلر ویک منبع جوشکاری

Multiple Electrode در اینحالت دو ویا الکترودهای بیشتر الف: بصورت موازی واز یک منبع تغذیه استفاده مینمایند و عمل جوشکاری انجام می‌گردد بعبارتی وایرهایا سیم جوش موازی می‌باشند و یا ب:الکترودهابصورت Arc Series می‌باشندکه از دوسیم جوش یا بیشتر با دو و منابع تغذیه متفاوت استفاده می‌شود جوشکاری در حالت Multiple ممکن است از چند Power یا منبع جوشکاری استفاده گردد که تحت عنوان Multiple Power Multiple Electrode نامیده می‌شود بنابراین روش جوشکاری زیرپودری بصورت Single Wire/Multiple Wire انجام می‌گیرد

شکل زیر استفاده همزمان ازسه، پنج فیلر با منبع جوشکاری جداگانه برای جوشکاری SAW استفاده می‌شود اینحالت تحت عنوان Multiple Wire نامیده می‌شود

Tandem Weldingنیز Multi Wire محسوب می‌گردد



جوشکاری با استفاده از Multiple Electrode

Tandem Welding/Tandem Wire

Tandemبه معنی پشت سرهم می‌باشد دراینحالت دو الکترود با فاصله مشخصی بصورت مجزا پشت سر همدیگر حرکت و جوشکاری می‌کنند دو منبع و دو تورچ جداگانه برای جوشکاری تاندوم استفاده می‌شود

در Tandem Wire، وایرها(فیلرهای جوشکاری) کاملا ازیکدیگر مجزا بوده و هریک از وایرها(فیلرها) با قطر وشدت جریان متفاوتی نسبت به وایر(فیلر) دیگرجوشکاری را انجام می‌دهد در اینحالت دو منبع تغذیه جداگانه نیاز می‌باشد

Tandem Welding دراین روش از دوفیلر حوشکاری برای افزایش نرخ رسوب استفاده می‌گردد هریک ازتورچ ها(گان) به منبع جداگانه متصل می‌شود شکل زیر روش Tandem Electrode(Tandem Wire) با روش جوشکاری زیرپودری(SAW) نشان داده شده است روش‌های جوشکاری SAW,MIG,... ممکن است بصورت Tandem Welding استفاده گرددر روش Tandem دو الکترود یکی در پشت دیگری با فاصله تقریبی "1/4-1/2 جوشکاری را انجام می‌دهند دو فیلر هیچگونه تماس الکتریکی بایکدیگر نداشته و فیلرها از لحاظ الکتریکی کاملا ایزوله می‌باشند همچنین دو منبع یا مدار کاملا مجزا نیاز بوده ودو منبع مستقل می‌باشند این روش نسبت به Single Arc سرعت بیشتری دارد دراین حالت با ایجاد دو قوس جداگانه برروی یک اتصال، جوشکاری انجام میگیرد و منبع تغذیه جوشکاری(Power) مجزا می‌باشند دراینحالت Lead Wire و Trail Wireبا زاویه مشخصی استفاده می‌گردند در روش Tandem Welding فیلر اولی بعنوان Lead Wire که برای کنترل نفوذ جوش می‌باشد و فیلر دومی‌بعنوان Trail Wire برای کنترل ظاهر جوش استفاده می‌شوند این فیلرها درجهت جوش حرکت می‌کنند استفاده از روش Tandemمقدار نرخ رسوب جوش بمراتب بیشتر از Single Wire می‌باشد

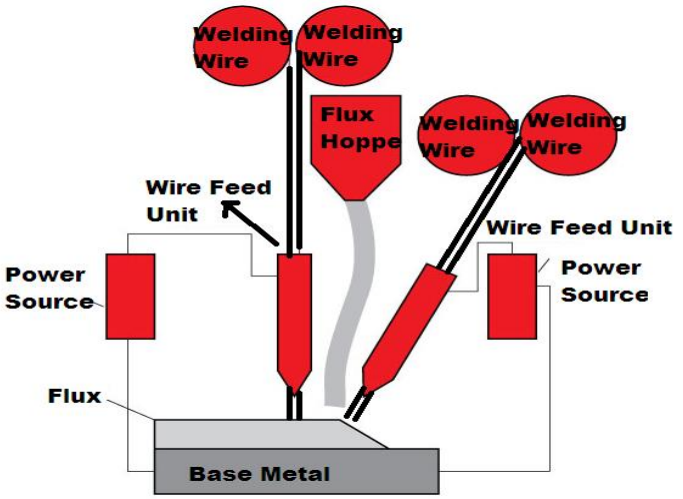
بنابراین(Lead Arc (Lead Wire با آمپر بیشترو ولتاژ کمتر سبب ایجاد نفوذ جوش می‌گردد دراینحالت جوشکاری با جریانDCRP انجام میگیرد در حالیکه Trail Arc(Trail Wire) فقط برای ظاهر جوش بوده ولذا باشدت جریان کمتری جوشکاری را انجام میدهد وبرای اینکه وزش قوس ایجاد نگردد از جریان AC استفاده می‌شود دراینحالت قوس‌ها بصورت مجزا ازیکدیگر و دریک جهت می‌باشند

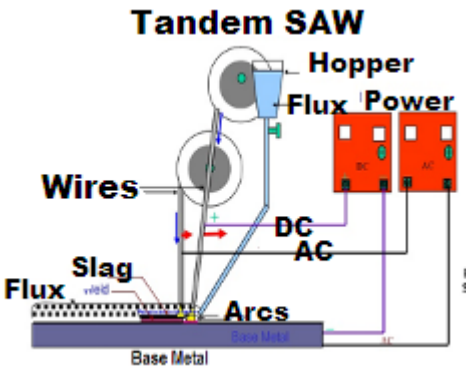
منابع جوشکاری زیرپودری شامل ترانسفورمر(AC)،رکتی فایر(DC)،ژنراتور(DC) و Thyrister(DC) می‌باشد

الکترودهایSingle Electrode,Multiple Electrode ممکن است درجوشکاری زیرپودری استفاده گردد

فاکتورهای مهم درجوشکاری زیرپودری شامل،نوع جریان و پلاریته،ولتاژ جوشکاری،سرعت جوشکاری ESO:Electrode Stick out، or CTTW:Contact Tip to Work وWire Feed Speed می‌باشد البته فاکتورهای دیگری همچون عمق و پهنای فلاکس مورد استفاده،نوع وکلاس فلاکس،قطر الکترود، استفاده ازSingle or Multiple Electrode فاکتورهای مهم درجوشکاری روش زیرپودری می باشند

در شکل زیر روش جوشکاری (Tandem Welding) نشان داده شده است همچنین روش Tandem Twin Weldingکه در اینحالت دو تورچ جدا گانه و هر تورچی به یک منبع جوشکاری متصل می‌گردد داخل هر تورچ، دو فیلر وایر (Twin Wire) استفاده می‌گردد دو فیلر داخل تورچ به یک منبع جوشکاری متصل می باشند





شکل 7-11:جوشکاری Tandem Welding به روش زیرپودری

Duty Cycleیا سیکل کاری

سیکل کاری مدت زمانی است که یک دستگاه جوشکاری در حداکثرشدت جریان خروجی بدون آسیب دیدن استفاده می‌شود بعبارتی چه مدت زمانی در یک آمپر مشخص می‌توان با دستگاه جوشکاری نمود، بدون آن که دستگاه آسیب ببیند. این مدت زمان معمولاً بر مبنای ده دقیقه می‌باشد. بعنوان مثال وقتی دستگاه جوشکاری دارای خروجی 500آمپر می‌باشد، بصورت مداوم با 500 آمپر نمیتوان جوشکاری نمود زیرا باعث داغ شدن و سوختن سیم‌پیچ‌ها و مدارات داخلی دستگاه می‌گردد. بنابراین برای دستگاه‌ها سیکل‌کاری تعریف شده است. و سیکل‌کاری در 30% و 60% و 100% در پلاک مشخصه روی دستگاه قیدمی‌گردد برای مثال وقتی گفته می‌شود سیکل کاری دستگاه در 500 آمپر 30 درصد است یعنی باید 3 دقیقه با 500 آمپر جوشکاری انجام شده و بمدت 7 دقیقه دستگاه روشن بوده ولی جوشکاری انجام نگیرد تا دستگاه خنک شود. مثال، سیکل کاری در 300 آمپر 60 درصد است یعنی باید با 300 آمپر بمدت 6دقیقه جوشکاری

نموده و 4 دقیقه به دستگاه برای خنک شدن استراحت داد. مثال سوم: سیکل کاری در 200آمپر 100درصد است یعنی تا 200 آمپر بطور مداوم با دستگاه، جوشکاری انجام میگیرد بدون آن که دستگاه صدمه ببیند. سیکل‌کاری برای دستگاه‌هایی نظیر جوشکاریSAW، جوشکاری MIG/MAGو FCAW که در خطوط تولید بطور مداوم مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید مورد توجه قرار گیرد

در دستگاههای تأمین قدرت (ترانسفورماتورها، رکتیفایرها و دینامهای جوشکاری)در زمان جوشکاری داخل دستگاه گرما ایجاد می‌شود و علاوه بر اینکه توسط فن‌های خود دستگاه خنک میشوند، باز هم زمان استراحت برای خنک شدن سیم پیچهای داخل دستگاه الزامی‌است وبراساس سیکل کاری تعریف شده، دستگاه استراحت می‌کند

$$\text{Allowable Cycle (\%)} = \left[\frac{\text{Rated Welding Current (A)}}{\text{Max Welding Current of Usage(A)}}\right]^2 \times \text{Rated Duty Cycle (\%)}$$

For Example:
When a power source of a rated output 350A and a rated duty cycle 60% is used at 300A, the allowable duty cycle is given as below.

$$\text{Allowable Cycle (\%)} = \left[\frac{350(A)}{300\ (A)}\right]^2 \times 60(\%) = 82\%$$

مثال:سیکل کاری دستگاهی در 300 آمپر 60درصد است در370 آمپر، سیکل کاری چند درصد است:

$$\text{سیکل کاری مشخص} \times \frac{(\text{آمپری که سیکل آن مشخص است})^2}{(\text{آمپر مورد نظر})^2} = \text{سیکل کاری مورد نظر}$$

$$\text{سیکل کاری مورد نظر} = \frac{350^2}{370^2} \times 60 = \%40$$

پاس‌های جوشکاریRoot Pass/Hot Pass/Cover Pass

1- Root Pass ,2- Hot Pass ,3- Filling(Filler)Pass ,4- Cover Pass ،

Cover Pass پاسی که بالاتر از سطح فلز و برای پایان اتصال می‌باشد. پاسی که فورا بعد از پاس ریشه انجام گردد Hot Pass نامیده می‌شودو پاس بعد از Hot را Filling یاپاس پرکنی می‌نامند بنابراین پاس اول جوشکاری Root Pass یا Initial Pass یا پاس ابتدایی (اولیه)نامیده می‌شود و پاس بعدی Second Passیا Hot Pass، سپس Filling(Filler,Intermediate Pass) و نهایتا Cover Pass می‌باشد Cover Pass نیز باید ظاهری تمیز و مقدار تحدب آن براساس استاندارد رعایت گردد

Single pass شامل فقط یک مهره یا Bead جوش می‌باشد

Hot Pass پاس جوشکاری که بعد از پاس ریشه با آمپربالاتری انجام می‌گردد که باعث شکل دهی پاس ریشه و همچنین خروج Slag می‌گردد بنابراین روش هایی چون Grinding، Hot Pass باعث تمیزشدن سطح پاس ریشه می‌گردد HotPass باعث یکنواخت شدن سطح پاس ریشه شده و همچنین سبب خروج سرباره‌های حبس شده درپاس ریشه می‌گردد Hot Pass با استفاده از آمپر بالا برای بیرون کشیدن Slag می‌باشد البته اگر آمپر خیلی زیاد باشد باعث ایجاد عیب Burn Through می‌گردد بنابراین درHot Pass آمپر بالاتر می‌باشد تا اگر گل جوشی باقی مانده با حرارت جوشکاری ذوب و به بیرون رانده شود، همچنین چون آمپر بالاست باعث ایجاد سطحی یکنواخت می‌گردد

اگر برای شروع پاس بعدی، دمای Interpass(پاس میانی) کمتر از دمای Preheat(پیشگرم) باشد عملیات پیشگرم جهت ادامه جوشکاری الزامی‌است(حداقل دمای بین پاسی،دمای پیشگرم می‌باشد) بعنوان مثال:یک جوشکار بخشی ازجوشکاری را انجام داده و سپس جوشکاری با یک تاخیر زمانی ادامه می‌یابدبرای ادامه جوشکاری، اگرقطعه نیاز به پیشگرم داشته باشد چنانچه دمای قطعه کمتر ازدمای پیشگرم گردد جوشکار باید مجددا عملیات پیشگرم را برروی قطعه انجام دهد وسپس جوشکاری ادامه یابد

سوال:برای جوشکاری متریال کربن استیل،براساسWPS دمای پیشگرم باید 79°C باشد قبل از شروع جوشکاری،عملیات پیشگرم برروی قطعه انجام گردیده است وسپس جوشکاری آغاز گردیده است بعد از اتمام دو پاس،جوشکار ادامه جوشکاری را متوقف نموده است و بعد از گذشت چند ساعت،شروع به جوشکاری می نماید آیا انجام پیشگرم برای ادامه جوشکاری نیاز است وقتی دمای جوش واطراف جوش به کمتر از دمای پیشگرم رسیده باشد عملیات پیشگرم تا دمای79°Cباید انجام گردد(براساس ASME B31.3 محدوده ”1 از هرطرف جوش باید حداقل دمای پیشگرم را دارا باشد)

سوال:حداقل دمای بین پاسی:حداقل دمای بین پاسی برابر با دمای پیشگرم است چنانچه WPS نیاز به دمای پیشگرم نداشته باشد حداقل دمای بین پاسی،دمای محیط است درWPS حداکثر دمای بین پاسی باید مشخص گردد چنانچه دمای بین پاسی درجوشکاری بیشتر از حداکثر دمای بین پاسی مشخص شده درWPS گردد، کاهش تافنس و کاهش خواص مکانیکی در متریال اتفاق می‌افتد

CTWD:Contact Tube Work Distance

در شکل زیر پارامترهای CTWD,Electrode Extension(EE) همچنین Nozzle to Work و طول قوس (Arc Length) وESO نشان داده شده است کهCTWD عبارت است ازفاصله نوک یا انتهای Contact Tip تا قطعه کار می‌باشد وقتی ازConsumable Electrode(پروسه‌های جوشکاری که الکترودها مصرف شدنی می‌باشد)درجوشکاری با پروسه های SAW/GMAW/FCAW استفاده می‌شود هدف از تغییرCTWD بهبود شروع و پایان جوش می‌باشد با افزایش CTWD، مقاومت دربرابرجریان الکتریسیته یا عبورجریان افزایش می‌یابد چون طول الکترود/فیلر افزایش می‌یابد که افزایش طول سبب افزایش مقاومت می‌گردد ولذا افزایش مقاومت الکتریکی سبب افزایش دما وحرارت می‌گردد بنابراین با افزایش CTWD جریان جوشکاری کاهش می‌یابد چون حرارت به مقدار کافی بالا بوده تا فیلر ذوب گردد بنابراین افزایش CTWD سبب افزایش مقاومت و سبب کاهش جریان جوشکاری و نفوذ کمتر می‌گردد(با کاهش جریان،نفوذ جوش کاهش می یابد)

بنابراین وقتی قطر فیلرمتال کوچکتر می‌گردد حساسیت به CTWD بیشتر می‌شود چون با کاهش قطر فیلرمتال، مقاومت الکتریکی، افزایش می‌یابد

مقایسه جریان DC,AC

پایداری جریان DC (پایداری قوس) نسبت به جریان AC بیشترمی‌باشد، بنابراین درجریان DCپاشش جرقه کمتر و قوس آرام تر بوده و خطر شوک الکتریکی کمترمی‌باشد جریان AC در آمپرهای پایین قوس، دچار قطع و وصل می‌شود همچنین پایداری جریان AC کمتر است وزش یا انحراف قوس ندارد درجریان AC چون هر لحظه جهت جریان عوض می‌شود حرارت در قطعه کارو الکترود بصورت یکسان توزیع می‌شود

جریان DC قابلیت ترکنندگی بهتری در مقایسه با جریان AC دارد، برای قطعات نازک تر استفاده از جریان DC بهتر است جوشکاری عمودی وOverhead استفاده از جریان DC با قوس کوتاه ارجح است

در جوشکاری DC مشکلArc Blow یا وزش قوس ایجاد می‌شود در حالیکه با جریان AC این مشکل برطرف می‌شود

تعیین Elongation

مثال:تعیین Elongation آلیاژبرنج 70/30، اگر طول اولیه

Gage Length(Lo)=56mmو طول نهایی یا Gage Length Final(Lu)=92.5mmباشد مقدارElongation را تعیین کنید

جهت تست کشش ابتدا مقدارGage Length اولیه مشخص میگردد دراثر کشش مقدار تغییر طول ایجاد شده را اندازه گیری نموده و مقدارElongation مشخص میگردد

$$\text{Elongation \%} = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100 \quad = \frac{95.2 - 56}{56} \times 100 \ = 70\,\%$$

تست کشش براساس ASME IX

Reduced Section-Plate(QW-151.1)
Reduced Section-Pipe(QW-151.2)
Turned Specimen(QW-151.3)
Full Section Specimen for Pipe(QW-151.4)

تست کشش بر روی پلیت یا لوله های با ضخامت بیشتر از 1" ممکن است بصورت Multiple Specimen ویا Full Thickness Specimen انجام گیرد

در حالت Multiple کل ضخامت نمونه بصورت مکانیکی به تعدادی Strip قابل تست با دستگاه بریده میشود وتست می‌گردد

Turned Specimen Tensile Test

این تست بر روی پلیت یا لوله انجام میگردد ولیکن سطح مقطع باید بصورت دایره باشد

در تست کشش(ASME IX)Turned Specimen وقتی ضخامت قطعه بیشتر از یک اینچ می باشد از Multiple Test Specimen استفاده میشود در اینحالت مراکز نمونه های (Specimen) مجاور با سطح فلز نباید بیشتر از 16mmباشدمرکز نمونه تا سطح نباید بیشتر از 16mm باشد

Jack Screw

بولت هایی تحت عنوان Jack Screw که جهت جداکردن فلنج‌ها برای بازرسی یا جایگزینی پلیت اریفیس بعد از مدتی کارکرد استفاده می‌گردند فلنج ها، بدلایل مختلفی اعم از زنگ زدگی، محکم شدن فلنج‌ها به یکدیگر،بعد از مدتی کارکرد فلنج در سرویس، جداکردن فلنج‌ها ازیکدیگربرای تعویض، سرویس، و... کاری سخت و مشکل می‌باشد استفاده از Jack Screw برای جدا کردن راحت فلنج از یکدیگر بوده بطوریکه با ضربه زدن یا پیچاندن بر روی Jack Screw، فلنج‌ها شل شده و براحتی از یکدیگر جدا می‌شوند در فلنج اریفیس دو عدد Jack Screw استفاده می‌شود

تولید لوله جوشی از ورق

همانطور که در جدول زیر مشخص شده است بطور مثال: لوله SA-672 Gr C55 ازرول کردن
ورق A515 Gr 55 و سپس جوشکاری ورق رول شده باروش EFW:Electro Fusion Welding، تولید می‌شود. لذا لوله فوق،Welded می‌باشد لذا ترکیب شیمیایی و UNS no:K01800 وPno:1 دو متریال یکسان می باشند
مثال:لوله SA-672 Gr L70 بارول کردن و جوشکاری ورقA204 Gr B تولید می‌گردد بعد از رول کردن ورق و با استفاده از روش جوشکاری Electric (Fusion Welding)EFW، لوله فوق حاصل می‌شود لذا لوله فوق،Welded می‌باشد لذا ترکیب شیمیایی و UNS no:K12020 وPno:3 دو متریال یکسان می‌باشند
(بنابراین برای تعیین اینکه یک لوله جوشی از کدام ورق تولید می‌شود استانداردهای ASTM,ASME B31.3 Table A-1 استفاده می‌گردد)
مشخصات گریدهای متریال SA-672

SA-672 Plate Specification

Pipe Grade	Type of Steel	ASTM Specification No.	Grade
A 45	plain carbon	A 285	A
A 50	plain carbon	A 285	B
A 55	plain carbon	A 285	C
B 55	plain carbon, killed	A 515	55
B 60	plain carbon, killed	A 515	60
B 65	plain carbon, killed	A 515	65
B 70	plain carbon, killed	A 515	70
C 55	plain carbon, killed, fine grain	A 516	55
C 60	plain carbon, killed, fine grain	A 516	60
C 65	plain carbon, killed, fine grain	A 516	65
C 70	plain carbon, killed, fine grain	A 516	70
D 70	manganese-silicon—normalized	A 537	1
D 80	manganese-silicon—Q&T[A]	A 537	2
E 55	plain carbon	A 442	55
E 60	plain carbon	A 442	60
H 75	manganese-molybdenum—normalized	A 302	A
H 80	manganese-molybdenum—normalized	A 302	B, C or D
J 80	manganese-molybdenum—Q&T[A]	A 533	Cl-1[B]
J 90	manganese-molybdenum—Q&T[A]	A 533	Cl-2[B]
J 100	manganese-molybdenum—Q&T[A]	A 533	Cl-3[B]
K 75	chromium-manganese-silicon	A 202	A
K 85	chromium-manganese-silicon	A 202	B
L 65	molybdenum	A 204	A
L 70	molybdenum	A 204	B
L 75	molybdenum	A 204	C
N 75	manganese-silicon	A 299	...

[A] Q&T = quenched and tempered.
[B] Any grade may be furnished.

متریال‌های با گرید F بر اساس ASTM ,ASME

مثال:فولاد ASTM A694 Grade F42,F65 که F:Forging و اعداد بعد از F بیانگر حداقل استحکام تسلیم

این فولاد می‌باشد فولاد A694 Grade F42 حداقل استحکام تسلیم این فولاد که بصورت فورجینگ

تولید می‌شود، 42Ksi می‌باشد

متریال‌های با گرید CW براساس ASTM ,ASME

مثال:متریال A108 Gr 1020 CW که حروف CW:Cold Worked می‌باشد

متریال UNS:G10200, A108 Gr1020 CW که معادل متریال AISI/SAE:1020UNS:G10200 می‌باشد(متریال AISI 1020 می‌تواند

بصورتCold Worked(CW),Hot Worked(HW) تولید گردد

البته متریال A108 Gr 1020CW با متریال(A513 Gr 1020CW(UNS:G10200

و متریال‌های A830 Gr 1020CW,A519 Gr 1020CW ومتریال AISI/SAE:1020

دارای ترکیب شیمیایی وUNS یکسان می‌باشند

متریال‌های با گرید WPHY براساس ASTM ,ASME

مثال: متریال MSS-SP-75 Grade WPHY 42 این متریال دارای Yield Strength:42Ksi می‌باشد

متریال MSS-SP-75 Grade WPHY 60 دارای Yield Strength:60Ksi می‌باشد

MSS: بیانگر Manufacturer Standardization Society of the Valve and Fitting Industry

در واقع انجمن استاندارد سازی سازندگان صنایع شیر آلات و اتصالات می‌باشد

WPHY:Wrought Pipe Fitting High Yield Strength، عبارت است ازPipe Fitting های کارپذیر(Wrought) با استحکام تسلیم بالا

استفاده از حروف P,T,TP در نامگذاری متریال ASTM ,ASME

P:Pipe ، T:Tube، حرفTP:Pipe/Tube(TP شامل لوله و تیوب می‌باشد) وF:Forging می‌باشد

بنابراینTP ممکن است تیوب یا پایپ(لوله) باشد

مثال: متریال ASTM A213/A213M Grade T22,T5C,T2 گرید T بیانگر تیوب می‌باشد

این متریال ها بصورت تیوب می‌باشند

مثال: متریال SA-312 TP 304L که TP بیانگر لوله(P) یا تیوب(T) بوده که این متریال لوله Welded(جوشی) می‌باشد

متریال‌های با گریدF

مثال: متریال ASTM A336/A336M Grade F1,F11 Class1,F11 Class 2,F9 که حرف F:Forging

می‌باشد (البته حرف F بهمراه شماره ذکر می‌گردد)متریال فوق بصورت فورج تولید شده است

متریال‌های با گریدF

مثال: متریال ASTM A336/A336M Grade F1,F11 Class1,F11 Class 2,F9 که حرف F:Forging

می‌باشد (البته حرف F بهمراه شماره ذکر می‌گردد)متریال فوق بصورت فورج تولید شده است

گریدLF ,CP,LC

ASTM A350 LF2 که بیانگرLF: Low Temperature Forging(Fitting) می‌باشند متریال(فیتینگ‌های) تولید شده به روش فورجینگ که برای دماهای پایین استفاده می‌شود که درASME IX(QW-422) و جدول زیر نشان داده شده است

مثال: ASTM SA-451Grade CPF8 که CP:Centrifugal Casting Pipe می‌باشد

تولید این لوله به روش ریخته گری سانتریفیوژ می‌باشد که درASME IX(QW-422) نشان داده شده است

مشخصات برخی فولادها با گریدCP

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS (CONT'D)
Grouping of Base Metals for Qualification

Ferrous (CONT'D)									
Spec No	Type/ Grade	UNS	Min Specified Tensile ksi (MPa)	Welding P-No.	Welding Group No.	Brazing P-No.	ISO 15608 Group	Nomonal Composition	Product Form
SA-451	CPF8	J92600	70(485)	8	1	102	8.1	18Cr-8Ni	Centrifugal Cast Pipe
SA-426	CP5	J42045	90(620)	5B	1	102	5.3	5Cr-0.5Mo	
SA-451	CPF8C	J92710	70(485)	8	1	102	8.1	18Cr-10Ni-Cb	

گریدهای CMSH

مثال:متریال ASTM A691Grade CMSH-80,Grade CMSH-70، این فولاد

CMSH-70:Carbon-Manganese-Silicon Steel (Normalized)(شامل عناصر C-Mn-Si بوده و H:Heat Treatment (عملیات حرارتی)می‌باشد و شماره‌های 70,80نوع عملیات حرارتی را مشخص می‌کنند)

CMSH-80:Carbon –Manganese-Silicon-Steel(Quenched&Temper)

اعداد 70,80 بیانگر نوع عملیات حرارتی می‌باشد که CMSH-80 شامل عناصر کربن،منگنزو سیلیسیوم بوده و فولاد تحت عملیات Quench and Temper قرار میگیرد

سوال:متریال های استنلس 304 DDQ &304 EDQ بیانگر

DDQ:Deep Drawing Quality,

EDQ(EDD): Extra Deep Drawing,EDDQ:Extra Deep Drawing Quality می باشند

همچنین CQ:Commercial Quality می‌باشد

مثال:متریال A381 Y50 حداقل استحکام تسلیم این فولاد، 50Ksi است در این فولاد

Y:Yield Strength ، استحکام تسلیم فولاد می‌باشد

مثال: ASTM SA-352 Grade LCA,LCB که LC:Low Temperature Casting متریالی که بصورت ریخته گری تولید شده و برای دماهای پایین استفاده می‌گردند که در(ASME IX(QW-422 نشان داده شده است

مثال:متریال SA-369 Grade FP5,FP21 که FP:Forged Pipe می‌باشد لوله هایی که به روش فورجینگ تولید شده اند که در(ASME IX(QW-422 وجدول زیر نشان داده شده است

متریال‌های با گرید CW براساس ASME, ASTM

مثال:متریال A108 Gr 1020 CW که حروف CW:Cold Worked می‌باشد

متریال UNS:G10200, A108 Gr1020 CW که معادل متریال AISI/SAE:1020UNS:G10200 می‌باشد(متریال AISI 1020 می‌تواند بصورت(Cold Worked(CW),Hot Worked(HW تولید گردد

Stud Weld(PQR,Operator Performance)

PQR(Stud Weld):

براساس QW-202.5 جهت انجام PQR(Stud Weld)، پنج نمونه تست Bend بعلاوه پنج نمونه تستTorque Test واگرامکان تست Torque Test وجود ندارد پنج نمونه تست کشش باید انجام گردد همچنین برای متریال‌های بغیر ازPno:1 ،پنج نمونه تست ماکرو نیز انجام گیرد برای متریال هایی بغیر ازPno:1(وقتی Stud بر روی متریال هایی بغیر ازPno:1 جوش می‌گردند) جهت PQR(Procedure Qualification) پنج نمونه ازجوش Stud باید دربزرگنمایی 10X تست ماکرو گردند ونواحی جوش وHAZ باید عاری ازهرگونه ترک درتست ماکرو باشند البته Stud یا زائده هایی که برای سطوح حرارتی(No Load) استفاده می‌شوند نیاز به تست ماکرو ندارند(Stud هایی که نیرو حمل نمی کنند بعنوان مثال پین هایی که برای نصب عایق استفاده می‌گردند تست ماکرو برای انجام PQR برای متریال هایی غیر ازPno:1 نیاز نمی باشد همچنین تست ماکرو برای PQR متریال باPno: 1 اصلا نیاز نمی باشد)

درجوشکاری Stud : Stud یا زائده به متریال پایه جوش می‌شود

سوال:تعداد و نوع تست ها جهت Qualify متریال با Pno:3 وقتی زائده ها تحت نیرو نمی باشند:در اینحالت

Torque Test 5+Bend Test 5 بر روی PQR انجام می‌گردد اگر تست Torque Test امکان پذیر نیست پنج نمونه تست کشش جایگزین Torque Test می‌گردد تست ماکرو نیاز نمی باشد چون زائده ها تحت نیرو نمی باشند

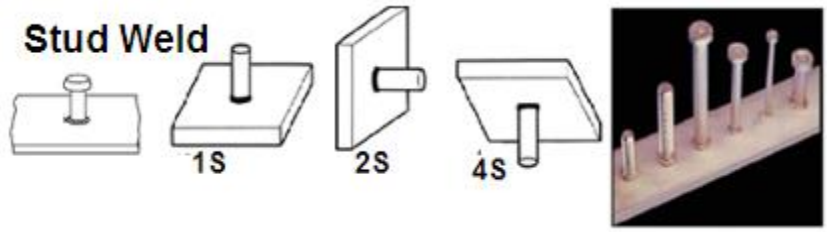
براساسQW-141.5, QW-192,QW-202.5 ، برروی جوش‌های Stud Weld، پنج تست ماکرو برای متریال بغیر ازPno:1 زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی 10Xانجام میگیرد البته تحت شرایط حرارتی بدون اعمال بار، تست ماکرو نیاز نمی‌باشد) جهت PQR Qualification انجام گیرد دراینحالت ناحیه جوش وناحیهHAZ باید عاری از هرگونه ترک باشند بعبارتی وقتی زائده‌ها (Stud) به متریال هایی بغیر ازPno:1 جوش گردند تست ماکرو با بزرگنمایی 10X انجام می‌گردد ووقتی زائده ها تحت شرایط حرارتی بدون اعمال بار باشند تست ماکرو نیاز نمی‌باشد بنابراین جهت انجام PQR(Stud Weld) همواره پنج نمونه تست خمش+پنج نمونه تست Torqueباید انجام گردد اگر امکان Torque Test نمی باشد پنج نمونه تست کشش باید جایگزین Torque Test گردد لذا جهت انجام PQR همواره Tension Test 5+Bend Test 5 نیاز می‌باشد و پنج نمونه تست ماکرو برای متزیال هایی بغیر ازPno:1 وقتی Stud تحت نیرو میباشد نیاز می‌باشد

Stud Weld یا جوشکاری زائده ای یا جوشکاری گل میخکوب

Stud Welding یا جوشکاری Stud Arc Welding نیزنامیده می‌شود

درAsme IX، شرایط PQR/Welder Test پنج نوع جوش Groove Weld,Fillet Weld,Stud Weld,Corrosion Resistance Weld Metal Overlay,Hardfacing Weld Metal Overlay بحث می‌شود البته شرایط تست PQR,Operator جوش های ,EBW,LBW,Flash Welding Resistance Welding,Tube to Tubesheet Welding,Temper Bead Welding نیز بحث می‌شود عملیات باترینگ نیز در ASME IX بحث می‌گردد

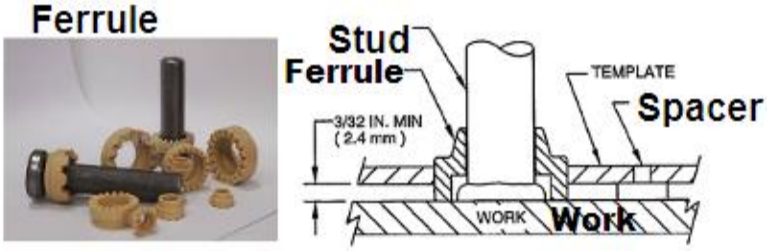
در ASME IX جوش‌های Stud Weld(جوش‌های زائده ای) با حرف S و با Position:1S,2S,4S نشان داده می‌شوند Stud Weld جوش زائده ای که بر سطح پلیت/لوله عمود می‌باشند جوش های فیلت با حرف F و جوش های نفوذی یا Groove با حرف G نمایش داده میشوند



نمونه‌های جوش زائده ای (Stud Weld)

بطور کلی اتصال زائده ای (میله، پیچ و...) به سطح قطعه کاربا روش‌های مختلفی همچون روش‌های مقاومتی، روش اصطکاکی و روش‌های قوسی انجام می‌شوددراین روش، زائده (میخ، پیچ و. . . دردرون تپانچه(تفنگی) با استفاده ازجریان و فشار برروی سطح، جوش می‌شود دراین روش الکترود استفاده نمی‌شود وجوشکاری درزمان خیلی کوتاه انجام میگیرداز Ferrule که یک ماده سرامیکی بوده جهت حفاظت حوضچه مذاب استفاده می‌گردد بعد ازاتمام جوشکاری، Ferrule توسط جوشکار شکسته می‌شود دراین روش با استفاده ازقوس الکتریکی، Stud (زائده)بهمراه بخشی از سطح فلز پایه ذوب شده وسپس با استفاده ازفشارتفنگی، باعث چسبیدن Stud به قطعه می‌گردد آمپر جوشکاری دراین روش بالا می‌باشد بسته به نوع متریال، پلاریته تغییر می‌کند

شکل زیر استفاده ازFerrule جهت حفاظت حوضچه مذاب درجوشکاری Stud Welding را نشان می‌دهد



استفاده ازFerrule در جوش زائده ای (Stud Weld)

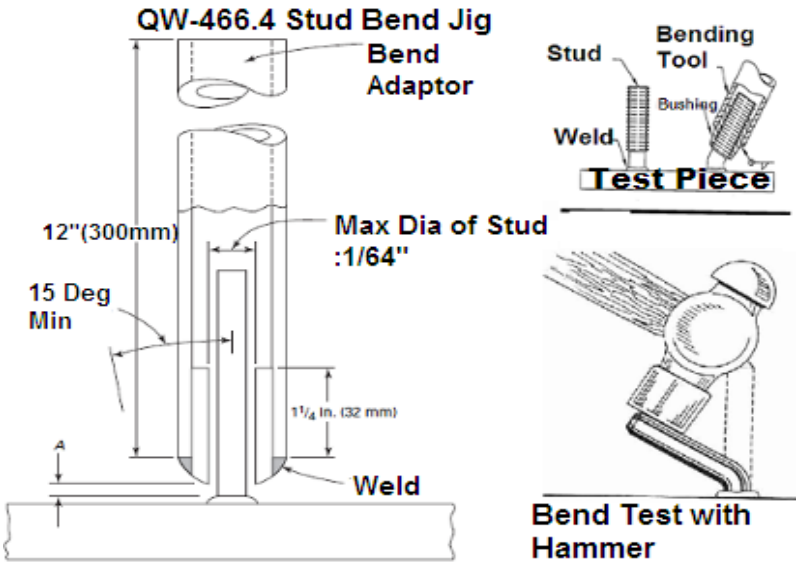
Operator Stud Weld(تست اپراتور)

براساس QW-192.2 پنج نمونه جوش شده Stud(زائده)جهت تست اپراتور جوشکاری زائده‌ای

(Stud Welding) نیاز می‌باشداپراتور ابتدا 5 جوش زائده ای در Position تعیین شده جوشکاری می‌نماید تست اپراتور باید براساس WPS تایید شده باشد این تست بصورت اتوماتیک بوده بجز برای شروع

(که با روشن نمودن دکمه بصورت دستی) بقیه جوشکاری بصورت اتوماتیک انجام می‌گیرد

بعد از اتمام جوشکاری پنج نمونه جوش Stud، نمونه‌ها با استفاده ازروش ضربه زدن با چکش (Hammering)که به نمونه با چکش ضربه وارده شده به اندازه ای که بیشتر از 1/4 طول Stud برروی Test Piece بصورت تخت درآیدویا با استفاده از روش Bending، (روش خمکاری) نمونه‌های جوش زائده ای(Stud) را تا زاویه °15درجه خم کرده و سپس به حالت اولیه برگشت داده می‌شود با انجام این تست، ناحیه HAZ و جوش Stud در پروسه خم کردن و یا Hammering دچار شکست نگردد و همچنین جدایش قابل رویت نیزدر نمونه‌ها ایجاد نگردد. در شکل زیر دستگاه مورد نیاز جهت خم کردن نمونه جوشStud نشان داده شده است این دستگاه تحت عنوانTest Jig یا Bend Jig نامیده می‌شود مقدار دهانه این دستگاه، که Stud داخل آن قرار میگیرد برابر با Max Diameter of Stud+1/64” می‌باشد



حوه تست خمش برروی نمونه هایی که به روش Stud Weld جوشکاری گردیده اند

شرایط پذیرش تست‌های Hammering,Bending بر اساس QW-192.2.2 جهت Qualify نمودن اپراتور جوش زائده ای :شرایط پذیرش، ناحیه HAZ و جوش Stud در پروسه خم کردن و یا Hammering دچار شکست نگردد و همچنین جدایش قابل رویت نیزدر 5 نمونه ایجاد نگردد.

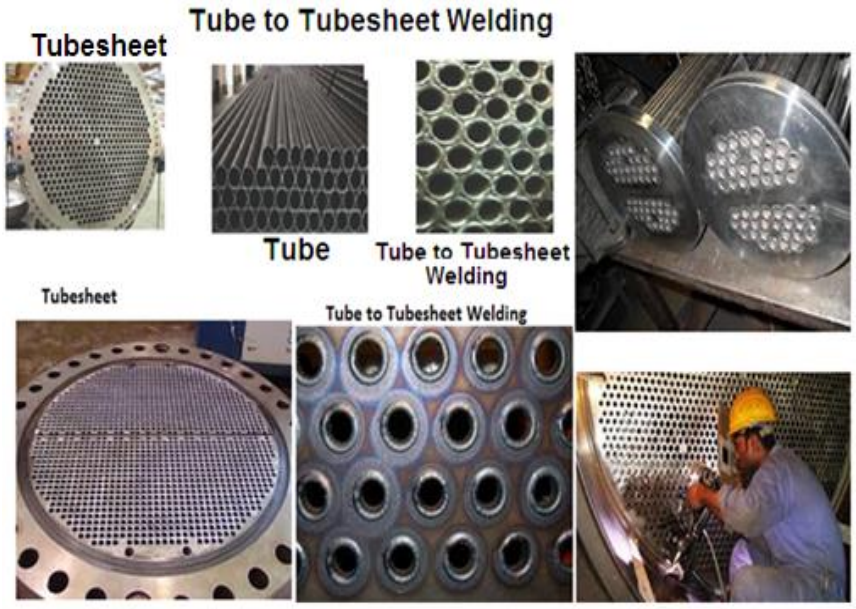
وقتی روش خم کردن بر روی نمونه های جوش زائده ای انجام می‌گردد نمونه توسط دستگاه Bend Jig به مقدار 15Deg خم شده و سپس بحالت اولیه برمی‌گردد(البته زاویه های ..,°60,° 30 بر اساس مشخصات فنی ،ممکن است در تست خمش استفاده گردد) ،وقتی نمونه توسط Hammering تست می‌گردند نمونه‌ها با استفاده ازروش ضربه زدن با چکش (Hammering) که به نمونه با چکش ضربه وارده شده به اندازه ای که بیشتر از 1/4 طول Stud برروی Test Piece بصورت تخت درآید نمونه ها نباید شکسته گردند جدایش قابل رویت نیز ایجاد نگردد

Operator Stud Weld→5 Specimen Stud Weld(Equipment:
Full Automatic)→Hammering(1/4 Flat)or Bending(15°)

جوشکاری Tube to Tubesheet جهت انجام PQR با استفاده از Mock up

براساس QW-193.1.3 انجام تست ماکرو برروی نمونه‌های Mock up جوش Tube to Tubesheet جهت انجام PQR (وقتی جوشکاری Tube to Tube Sheet جهت انجام PQR برروی نمونه Mockup انجام گرفت یکی از تست ها، تست ماکرو برروی نمونه Mockup می‌باشد که در بزرگنمایی 10Xتا بزرگنمایی 20X انجام می‌گردد) وهمچنین براساس QW-193.2 انجام تست ماکرو برروی نمونه‌های Mock up جوش Tube to Tubesheet جهت تعیین صلاحیت جوشکارنیز انجام می‌گیرد

شکل زیر اتصال Tube-Tube Sheet نشان داده شده است(نمونه ای از این اتصال Heat Exchanger یا مبدل‌های حرارتی می‌باشد داخل مبدل حرارتی تعداد زیادی تیوب با سایز کوچک قرار دارند که داخل این تیوب‌ها سیال گرم یا سرد وجود داردوبسته به نوع مبدل، سیال گرم یا سرد می‌باشداین تیوب‌ها با جوشکاری به Tubesheet نگه داشته میشوندکه در شکل زیر جوشکاری تیوب‌های مبدل به Tubesheet نشان داده شده است هریک از تیوب‌ها درسوراخ Tubesheet قرار گرفته وبه آن جوش می‌شود بنابراین برای جوشکاری Tube to Tubesheet، جوشکار وPQR باید تست داده، جوشکاری نموده وQualifyگردند وقتی تست برروی قطعه یا نمونه مشابه نمونه اصلی انجام گردد نمونه Mockup نامیده می‌شود



جوشکاری اتصالات Tube to Tubesheet

جوشکاری Tube to Tubesheetممکن است بصورت Manual,Semiautomatic و توسط جوشکار و یا بصورت اتوماتیک وماشینی توسط اپراتور انجام گیرد عموما ازپروسه های SMAW,GTAW,PAW,GMAW,Explosion Welding بر اساس ASME IX جهت جوشکاریTube to Tubesheet استفاده می‌گردد جوش هایTube to Tubesheet ممکن است بصورت فیلت ویا بصورت نفوذی باشند

جوشکاری Tube to Tubesheet ممکن است در وضعیت‌های مختلفی همچون Vertival(Up,Down)، زیرسقفی،Horz و Flat انجام گیرد

شرایط تست،معیارپذیرش تست جوشکار/اپراتور Tube to Tubesheet بر اساس ASME IX QW-193.2

براساس ASME IX QW-193.2 تعداد پنج نمونه جوش Mockup، برای Welder/Operator Performance جوشکاری Tube to Tubesheet لازم می‌باشد در جوشکاری Tube to Tubesheet جوشکاری ممکن است بصورت دستی،نیمه اتوماتیک،اتوماتیک ویا ماشینی انجام گردد لذا از واژه جوشکار و اپراتور برای جوشکاری Tube to Tubesheet استفاده می‌شود تست هایVT,PT,Macro Test برای تست جوشکار/اپراتور در جوشکاری Tube to Tubesheet نیاز است ودر تست VT ،ترک و پروسیتی نباشد ذوب کامل انجام گیرد و مدرکی دال بر سوختگی دیواره ها نباشد در تست VT نیازی به Magnification(بزرگنمایی) نمی باشد همه جوش ها تست VT می‌گردند چهار نمونه تست ماکرو می‌گردد تست ماکرو در بزگنمایی 10X-20X انجام می‌گیرد وتست PT نیز بر روی نمونه های جوش Mockup انجام میگیرد معیار پذیرش تست PT برای تست جوشکار/اپراتور،همانند معیار پذیرش تست PT بر روی PQR(Tube to Tubesheet) است

سوال:آیا تستTear Test برای اتصالات PQR/Performance(Tube to Tubesheet) بر اساس ASME IX نیاز می‌باشد :خیرمگر اینکه در مشخصات فنی ذکر گردد

سوال:تعداد نمونه Mock up جهت تست PQR(Tube to Tubesheet) براساس ASME IX QW-193 شامل:ده (10) نمونه جوش Mock up می‌باشد و بر روی نمونه ها بعد از اتمام جوشکاری، تستVT,PT و چهارنمونه تست ماکرو در بزرگنمایی 10X-20X انجام می‌گردد

سوال:تعداد نمونه Mockup جهت تست جوشکار/اپراتور

Welder/Operator Performance(Tube to Tubesheet) بر اساس QW-193.2: تعداد پنج نمونه جوش Mockup باید توسط هر جوشکاری انجام گردد ونمونه ها تست PT,VT گردند و چهار نمونه در بزرگنمایی 10X-20X تست ماکرو گردد

Reinforcing Pad

Reinforce Pad جهت تقویت انشعابات خصوصا در فشارهای بالا، وبرای اینکه انشعاب تحمل فشار را داشته باشد ازReinforce Pad استفاده می‌شود حداکثر ضخامت پد برابر با ضخامتHeaderمی‌باشد

برای جوشکاری پد، ابتدا برنج به هدر جوشکاری می‌گردد سپس تست‌های مربوطه برروی برنج انجام می‌شود و سپس پد آماده شده برروی هدر جوشکاری می‌گردد قطر داخلی پد برابر با قطر خارجی برنج بعلاوه مقدار گپ جوشکاری می‌باشد

سوال:آیا تست هیدرواستاتیک بعد از جوشکاری پد انجام میگیرد:بلی بعد از جوشکاری و بعد از اتمام تست پد(Pad Test)

قبل ازانجام هیدروتست و یا تست نیوماتیک، Reinforce Pad، باید جهت بررسی نشتی تست گردد ودرصورت نشتی، تعمیر شده و سپس تست هیدروتست انجام گردد عموما فشار گیج تستPad در حدود 0.5 Bar می‌باشد

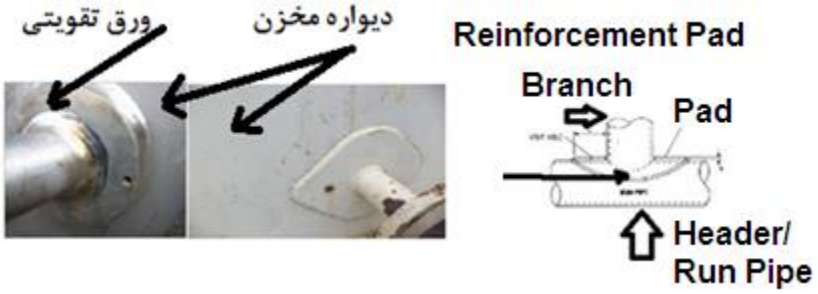
سوراخ موجود درپد تحت عنوان Vent Hole,Tale Tail که جهت تست پد می‌باشد

براساسASME B31. 3(328.5.4g) درمواردی که پدها دوتکه می‌باشند ازدو سوراخ باید استفاده گردد سوراخ‌ها قبل ازنصب پد ایجاد می‌گردند همچنین Vent Hole نباید در Crotch(لبه ها)ایجاد گردد

قبل از قرار دادن پد برروی سطح فلز پایه، سطح بیرونی فلزپایه، و سطح پد که برروی Header می‌نشیند از زنگ، ذرات اکسید و. . . تمیز گردد

بعد از اتمام تست پد، وبعد از اتمام هیدروتست، برروی سوراخ پد گریس زده شده تا رطوبت وارد پد نشده و خوردگی ایجاد نگردد بعبارتی سوراخ ایجاد شده باید بعد ازاتمام تست، Sealگردد

استفاده از کف صابون برای چک کردن سرجوش‌ها در تست Pad Test استفاده می‌گردد



شکلReinforcepad:13-124

براساسAPI 650(7.3.4)بعد ازاینکه ساخت تانک(مخزن ذخیره) تکیمل شد قبل از آبگیری مخزن جهت هیدروتست، پدهای تقویت کننده باید توسط سازنده با فشار100Kpa تست گردد(فشار هوا بین دیواره تانک وورق‌های تقویتی در هر دریچه (Opening) بوسیله سوراخ هایی که تحت عنوانVent Hole ایجاد شده است اعمال می‌گردد وقتی پد بر روی نازل قرار میگیرد پد به نازل و دیواره مخزن جوش می‌گردد وهوا توسط سوراخی که در پد تعبیه شده وارد فضای بین پد می‌گردد)وقتی فضای بین بدنه و ورق‌های تقویتی تحت فشار قرار میگیردیک لایه نازک کف صابون، روغن برزک و. . . که برای آشکار سازی نشتی مناسب است باید به تمام متعلقات جوش در محیط‌های ورق‌های تقویت کننده ازهردو طرف(هم ازداخل، هم از بیرون مخزن) اعمال گردد

قبل از تست، سوراخ Tell Tale Hole به قطر 6mm ایجاد می‌گردد

از Soap Test هم قسمت بیرونی و هم قسمت داخلی چک می‌گردد قسمت بیرونی که جوش های پد قرار دارد جوش ها با کف صابون بررسی می‌گردد و قسمت داخلی مخزن نیز باید چک گردد تا مشخص گردد در اثر جوشکاری پد،نشتی در دیواره مخزن وجود ندارد در موقعیتی که پد به مخزن جوش شده است نقطه مقابل آن در داخل مخزن جهت بررسی نشتی،چک می‌شود

درخطوط لوله نیز، این سوراخ قبل از قرار دادن پد برروی هدر جهت جلوگیری از آسیب رساندن هدر، ایجاد می‌شود

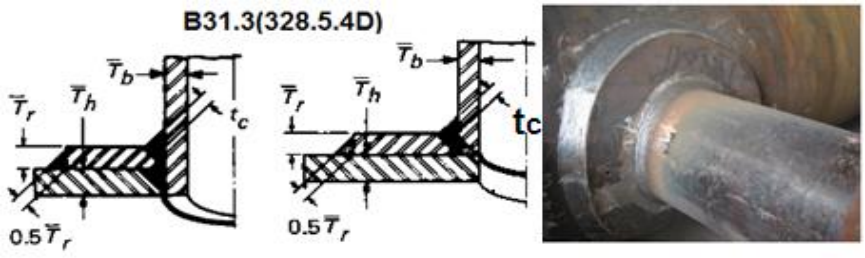
برای خطوط لوله با سایز پایین، فقط قسمت جوش بیرونی قابل تست با کف صابون می‌باشد لوله‌های با قطر یزرگ، جوش داخلی پد نیز در زمان تست، بازرسی می‌گردد تا نشتی نداشته باشد

براساس API 650 (5-7-2-10)، برای Shell Opening وقتی از Reinforcement. Pad استفاده می‌گردد یا وقتی که پدها بصورت یک تکه نباشند (Padچند تکه باشد)باید سوراخی با قطر 6mm بعنوان Telltale Hole برروی هر تکه ایجاد گردد چنین سوراخ هایی در محور مرکزی Horz قرار می‌گیرند(مرکز این سوراخ‌ها از مرکز انشعاب می‌گذرد(حالت افقی)) این سوراخ‌ها بصورت Open to Atmospher می‌باشند

چنانچه پد دو تکه باشد یک سوراخ برروی هر تکه ایجاد شده و هرتکه بصورت مجزا تست می‌گردد

براساسAS0ME B31.3(328.5.4h) وقتی برنج به هدر(لوله اصلی یا Run Pipe) جوش گردید وتست‌های مورد نیاز برروی جوش برنج انجام گردید چنانچه جوش برنج نیاز به تعمیر دارد قبل ازقرار دادن Reinforce Pad، جوش برنج تعمیر شده و سپس پد برروی هدر قرار داده می‌شود

براساس ASME B31.3(328.5.4f) لبه بیرونی پد بصورت جوش فیلت می‌باشد البته مقدار Throat یا گلویی جوش نباید کمتر از0.5T باشد



ابعاد Reinforcepad&Header براساس B31. 3:

سوراخ پد عموما قبل از نصب پد انجام میگیرد درمواردی مشاهده می‌گردد که با استفاده از الکترود جوشکاری وبا آمپر بالا به حدی که الکترود کاملا سرخ شده برروی ورق تقویتی، سوراخ ایجاد میکنند که اصولا کار درستی نبوده و باعث اثرات منفی حرارتی می‌گردد سوراخکاری با دریل قابل انجام است

بعد ازاتمام جوشکاری وتست‌های مربوطه برروی Pad(تست‌های VT,NDT)تست Pad Test جهت بررسی وجود نشتی درپد انجام می‌گردد ابتدا یک نیپل که گیج فشار به آن متصل می‌گردد به سوراخ پد جوش شده(البته روش‌های دیگری همچون اتصال تریدی نیز ممکن است استفاده گردد) و سپس با اعمال فشار هوا به محفظه پد وزمان کافی(این زمان دراستانداردها عموما مشخص نشده است و معمولا 15Min می‌باشد)، جوش پد از لحاظ نشتی، بررسی می‌شود

سطح داخلی پد قبل ازنصب باید ازهرگونه زنگ و اکسید تمیز گشته و سطح خارجی لوله که پد برروی آن قرار میگیرد قبل ازنصب پد باید تمیز و عاری از هرگونه مواد مضر باشد

جوشکاری آلومینیوم به فولاد

آلومینیوم فلزی است که در معرض هوا قرار گیرد سریع اکسید شده و لایه مقاوم به خوردگی وچسبنده AL2O3 برروی آلومینیوم تشکیل می گیرد این لایه سخت و چسبنده بوده و باعث محافظت آلومینیوم می گردد البته این لایه در PH مشخصی پایدار بوده ودربرخی شرایط نیز ممکن است این لایه ازبین برود(تغییر ph و خوردگی Exfoliation در آلومینیوم) با توجه به اینکه نقطه ذوب آلومینیوم 650ºC و نقطه ذوب اکسید آلومینیوم (AL2O3) در حدود 1950-2050ºC می‌باشد و اختلاف فاحشی از لحاظ نقطه ذوب با فلز آلومینیوم دارد لذا در جوشکاری آلومینیوم و اتصال به فلزات دیگر ،برطرف نمودن لایه اکسیدی خیلی مهم می‌باشد نقطه ذوب آلومینیوم و فولاد کاملا متفاوت بوده و همچنین آهن و آلومینیوم در حالت جامد در یکدیگر قابل حل شدن نمی باشند و ایجاد ترکیبات بین فلزی و ترد FeAL2,Fe2AL5,FeAL3 می دهند یکسری فازهایی که در صورت جوشکاری ذوبی آلومینیوم و فولاد بوجود آیند ،خیلی ترد و شکننده هستند همچنین تنش حاصل از جوشکاری آلومینیوم به فولاد خیلی بالاست این بعلت اختلاف زیاد Thermal Expansion وThermal Conductivity وMelting Point بین آلومینیوم و فولاد می‌باشد لذا برای اتصال آلومینیوم به فولاد نیابد از جوش های ذوبی(Fusion Welding) استفاده نمود از جوش های انفجاری،اصطحکاکی والتراسونیک Explosion Welding,Friction Welding,UltrasonicWelding برای جوشکاری آلومینیوم به فولاد باید استفاده نمود یا برروی فولاد، پوششی از روی ،نقره،قلع وآلومینیوم و خصوصا آلومینیوم ایجاد گردد و سپس با استفاده از فیلرهای آلومینیومی جوشکاری انجام گیرد برای ایجادپوشش آلومینیومی برروی فولاد،ابتدا فولاد در دمای 1275-1300ºF درمذاب آلومینیوم قرار میگیرد البته جهت ایجاد پوشش آلومینیومی برروی فولاد از روش آبکاری (Electro plating) نیز ممکن است استفاده گردد بعد از اتمام پوشش دهی، قطعه فولادی تمیزکاری شده وسپس با استفاده از پروسه های جوشکاری قوسی و با فیلر متال هایی از جنس آلومینیوم به قطعه آلومینیومی جوش می گردد البته قوس یا Arc باید نزدیک قطعه آلومینیومی باشد تا از ذوب شدن فولاد نیز جلوگیری گردد بعد از اتمام جوشکاری، دمای سرویس ، فاکتور بسیار مهمی می‌باشد چنانچه دما زیاد باشد نفوذ اتم ها زیاد شده و ترکیبات ترد ایجاد می‌گردد

تاثیر کلر درخوردگی استنلس

کلر نقش اساسی در خوردگی فولاد دارد در کناره‌های ساحل دریا غلظت یون کلر در رطوبت هوا بالاست و هرچه فاصله از ساحل دورترگردد غلظت یون کلر موجود در رطوبت هوا نیز کاسته می‌شود اگر چه جهت باد یکی از فاکتورهای تاثیر گذار جهت افزایش و یا عدم افزایش غلظت یون کلر در رطوبت هوا می‌باشد وبهمین دلیل است که عموما خوردگی در کناره‌های ساحل دریا بیشتر و سریعتر از جاهای دیگر است

فلز کروم عنصر اصلی در استنلس آستنیتی بوده که باعث مقاومت به خوردگی استنلس می‌گردد (البته حداقل 11%Crباید در متریال موجود باشد)

مخرب ترین یون هالوژنی موجود در آب که باعث خوردگی Crevice (خوردگی شیاری) و خوردگی حفره‌ای در فولادهای زنگ نزن می‌گردد یون کلراید است خراش‌های عمیق باعث آسیب رساندن لایه محافظ می‌گردد جوش‌های Butt Weld استنلس باید کاملا Full Penetration(نفوذ کامل)باشد چون Lack of Penetration جوش باعث، ایجاد

Creviece Corrosion یا خوردگی شیاری در استنلس می‌گردد چون مکان هایی که جوش بطور کامل نفوذ ننموده است محیط خورنده درآن مکان،تجمع نموده وسبب بروز خوردگی شیاری می‌گردد

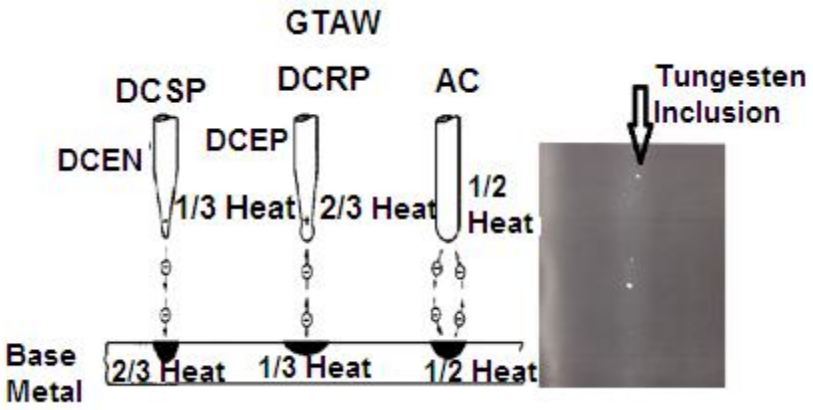
خوردگی ناشی ازهالوژن‌ها خصوصا کلر باعث آسیب رساندن جدی به استنلس و از بین رفتن لایه محافظ و خوردگی‌های متعدد از قبیل خوردگی Pitting,Crevice,Sccو... می‌گردد بنابراین یکی از ضعف های اساسی استنلس استیل (خصوصا استنلس آستنیتی) وجود یون کلراید است که استنلس را شدیدا آسیب پذیر میکند وسبب بروز انواع خوردگی در استنلس می‌گردد

Tungesten Inclusion

یکی از عیوب جوشکاری با روشGTAW، ناخالصی تنگستنی یا Tungesten Inclusion نامیده می‌شود ذرات تنگستن در فلز جوش محبوس می‌گردند که مختص روش جوشکاری قوسی تنگستنی است

آخال تنگستنی بعلت برخورد الکترود تنگستنی به حوضچه مذاب، تشکیل می‌گردد درشکل زیر آخال تنگستنی درفیلم رادیوگرافی بصورت نقاط یا لکه‌های سفید رنگ دیده می‌شود

در شکل زیر تاثیر پلاریته برعمق نفوذ جوش در پروسه GTAW نشان داده شده است در روش GTAW برعکس روش های جوشکاری SAW,GMAW,FCAW،پلاریته DCSP دارای نفوذ بیشتری می‌باشد که این مورد بدلیل استفاده از الکترود غیرمصرف شدنی در پروسه GTAW می‌باشد که نفوذ بیشتر با پلاریته RP حاصل نمی‌شود



عیب آخال تنگستنی درجوشکاریGTAW

سوال:چرا الکترودهای ضخیم ویا الکترودهای با پوشش ضخیم با پلاریته DCRP عموما استفاده می‌گردند:چون این الکترودها حرارت بیشتری برای ذوب نیاز داشته که در روش DCRP حدود 2/3حرارت در الکترود تولید می‌گردد

دلایل دیگر برای ایجاد آخال تنگستنی:

تماس الکترود تنگستنی با حوضچه مذاب، تماس/برخورد مذاب فیلرمتال داغ با الکترود تنگستنی، همچنین وقتی فلوی گاز محافظ کافی نباشد ویا گاز محافظ ناخالص باشد بعلت اکسید شدن نوک الکترود تنگستنی، وعدم استحکام کافی، الکترود تنگستنی دردمای پایین تر ذوب شده ووارد مذاب جوش می‌گردد، چنانچه مقدار جریان جوشکاری خیلی زیاد باشد بعلت ایجاد حرارت زیاد(Over Heat) باعث بالارفتن دمای الکترود تنگستنی و ذوب آن می‌گردد بنابراین یکی ازدلایلی که سبب بروز عیب ناخالصی تنگستنی می‌گردد آمپر(جریان) بالا بیشتر ازمحدوده ای که برای الکترود تنگستنی تعیین گردیده می‌باشدعیوبی همچون ترک و جداشدگی درالکترود تنگستنی نیز سبب بروز این عیب می‌گردند(استفاده از الکترود تنگستن نامرغوب یا ترک دار)، آلوده شدن نوک الکترود تنگستن بوسیله جرقه و پاشش نیز میتواند سبب بروز عیب آخال تنگستنی گردد

یکی از روش‌های اصلی برای ایجاد و شروع قوس درجوشکاری GTAW استفاده از دستگاه جوشکاری GTAW که مجهز به سیستم HF:High Frequency (فرکانس بالا) می‌باشد چنانچه دستگاه GTAW فاقد سیستم HF باشد برای ایجاد قوس الکتریکی جوشکار مجبور به کشیدن الکترود برروی سطح قطعه کار بوده که این مسئله سبب می‌گردد تا جوش توسط تنگستن آلوده گردد(در پروسه GTAW کشیدن الکترود تنگستنی برروی سطح قطعه کار اصلا کار درستی نمی‌باشد)

عیب آخال تنگستنی، این عیب بدلیل سختی بالا، انعطاف پذیری پایین تنگستن، که سبب قطع باندینگ فولاد می‌گردد، سبب کاهش خواص مکانیکی جوش حاصل می‌گردد استفاده از گازهای فعال یا اکسیژن میتواند سبب تشکیل اکسیدتنگستن برروی الکترود تنگستنی گردیده و اکسیدهای تنگستنی تشکیل شده برروی نوک الکترود تنگستنی، تکه تکه شده و در حوضچه مذاب سقوط نماید در زمان جوشکاری چون دما بالا بوده لذا در صورت حضور گازهای فعالی همچون اکسیژن و دی اکسید کربن، الکترود تنگستنی با اکسیژن ترکیب شده و تولید اکسید تنگستن می‌نماید که اکسید تنگستن تشکیل شده، چسبندگی و پایداری لازم را ندارد

این عیب در فیلم رادیوگرافی بصورت لکه‌های سفید دیده می‌شود چون دانسیته تنگستن نسبت به فولاد بیشتر بوده و لذا آن قسمتی که آخال تنگستنی وجود دارد اشعه کمتر عبور کرده واشعه کمتربه فیلم رادیوگرافی برخورد می‌کند اشعه کمتربیانگر یونیزه شدن کمتر برمید نقره روی فیلم، وهرچه برمید نقره کمتر یونیزه شود یعنی فیلم سفیدتر دیده می‌شود ولذا در صورت وجود عیب آخال تنگستنی، فیلم رادیوگرافی بصورت لکه‌های سفید در جوش دیده می‌شود هرچه برمید نقره بیشتری تجزیه شودیعنی اشعه بیشتری به فیلم میرسد و آن ناحیه بصورت سیاه دیده می‌شود (مثال:LOPدر فیلم رادیوگرافی بصورت سیاه دیده می‌شود و Excess Penetrationبصورت مناطق سفید در فیلم رادیوگرافی دیده می‌شود)

Supplementary Requirement

براساس استاندارد ASTMA992، Supplementary Requirement عبارت است از تست‌ها و یا محدودیت‌های اضافی که توسط Purchaser (خریدار)و در درخواست خرید

(Purchase. Order:P. O) نوع تست اصافی بهمراه شماره تست (برای هر متریالی(در استاندارد ASTM بسته به نوع متریال، تست‌های تکمیلی از شماره S1 تا SX مشخص می‌گردد) ذکر میگردد بنابراین تست های اضافی که توسط خریدار درخواست می‌گردد و تولید کننده آن تست‌ها را انجام می‌دهد ودر سرتی فیکیت ارائه شده، نتایج تست‌های اضافی را نیز مشخص می‌کند بنابراین برای یک متریال ممکن است یک یا تست‌های اضافی بیشتری توسط خریدار ودردر خواست خرید ذکر گردد البته درخواست تست ها بر اساس استاندارد می باشد بدین صورت هر تستی که مد نظر خریدار باشد وبراساس استاندارد نباشد انجام نمی گیرد

Supplementary Requirement براساس استاندارد ASTMبا حرف S نمایش داده میشود S1,S2,S3,S4,… که بطور مثال S1 برای متریال A106عبارت است از: S1= Product Analysis، در واقع خریدار از سازنده درخواست می‌نماید که تست Product Analysis برروی متریال A106 انجام گردد (تعداد یا درصد. نوع تست، هزینه و. . . توافق بین خریدار و سازنده است)

مثال: Supplemetary Requirement برای متریال ASTM A106 عبارت است :

S1:Product Analysis,S2:Transverse Tension Test
S3:Flattening TestStandard,S4:Flattening Test Enhanced
S5:Metal Structure and Etching Test S6:Carbon Equivalent,
S7:Heat Treated Specimen,…

در صورت نیاز خریدار به تست‌های اضافی، نوع تست اضافی یا تکمیلی درسفارش خرید PO(Purchase Order)ذکر میگردد

تست‌های تکمیلی و اجباری (Mandatory Test) برای هر متریالی دراستاندارد ASTM مشخص گردیده است بطور مثال نوع تست ها(اضافی، اجباری) برای متریال ASTM A106 کاملا مشخص می‌باشد و هر سازنده ای چنانچه متریال را براساس ASTM,API5L,… تولید می‌نماید باید تست‌های اجباری را براساس استاندارد مربوطه انجام و نتایج آن را گزارش دهد تست‌های اجباری بنابه درخواست خریدار نمی‌باشد و تولید کننده باید این تست‌ها را انجام دهد چنانچه خریدار تست‌های بیشتری را براساس استاندارد برروی متریال A106 تقاضا نماید سازنده باید تست‌های اضافی را انجام داده و به خریدار گزارش دهد این تست‌های اضافی در قسمت Supplementary متریال ASTM A106 بیان می‌گردد

برای هر متریالی تست‌های اضافی(Supplementary Req) ممکن است متفاوت باشد در واقع تست‌های اضافی بسته به نوع و شرایط متریال، متفاوت است

Oil Test مخازن

براساس API650، برای تست جوش Shell to Annular مخزن، که اتصال جوش بصورت فیلت می‌باشد(در مواردی بر اساس API650 ممکن است بخشی از جوش Shell to Annular بصورت نفوذی باشد) بعد ازاتمام پاس اول جوش که از داخل مخزن انجام میگیرد همه Slag ها(گل جوش) باید از روی سطح جوش تمیز شده وکل جوش محیط مخزن قبل از جوشکاری پاس اول از بیرون مخزن، تست گردد البته Tack Weldهای موقتی، استثناء می‌باشند هردو تست VT ویکی از تست‌های مندرج در(API650(7.2.4.1 براساس توافق بین خریدار وManufacture(سازنده) باید برروی جوش مذکورانجام گردد یکی از تست ها، Oil Test می‌باشد که روغن نفوذ کننده با Flash Point بالا(نقطه اشتعال بالا)، در گپ یا فضای بین Shell و Bottom (روغن در گپ واز بیرون ریخته میشود)ریخته شده سپس روغن نفوذ کرده وبا زمان حداقل 4 ساعت، سطح جوش داخل مخزن، از لحاظ عیوب بررسی می‌گردد چنانچه عیوب راه بدر باشند روغن از فضای گپ وبا عبور از جوش، در سطح جوش داخل مخزن مشاهده میگردد(البته در مواردی برای بهبود کنتراست، گچ برروی جوش ریخته میشود تا هرگونه نشتی را نشان دهد) برای ادامه جوشکاری، تمیزکاری برای خارج کردن روغن از آن فضا، انجام می‌گردد البته ممکن است مقداری روغن همواره باقی بماند ولذا باید کاملا مواد باقی مانده از فضای گپ تمیز گردد البته ممکن است تست‌های دیگری چون MT/Vacuum Test، یا استفاده از Solvent Liquid Penetration(مایعات نافد قابل شستشو با حلال بعبارتی مایعات نفوذ کننده که با حلال مناسب، قابل شستشو و تمیز شدن می‌باشند) که Solvent Liquid Penetration برروی سطح جوش اعمال میگردد واز Developer (آشکارساز)در ناحیه گپ بین Shell وBottom استفاده میگردد مدت

زمان مورد نیاز این تست یک ساعت بوده که جهت نشان دادن عیوب، استفاده می‌گردد روش دیگر که میتواند جایگزین Oil Test گردد استفاده از یک مایع نافذ که در آب حل میشود(بعبارتی مایع نافذ Water Soluble می‌باشد) در یک طرف و استفاده ازماده Developer (آشکارساز) درجهت دیگر (مثال: اگر مایع نافذ برروی جوش اعمال گردد ماده آشکارساز باید در فضای گپ Sheell to Bottom قرار گیرد و برعکس) مدت زمان مورد نیاز این تست یک ساعت بوده که جهت نشان دادن عیوب، استفاده می‌گردد

نواحی که عیوب در آن دیده شده است باید تعمیر و مجددا تست گردند تا دیگر هیچگونه مدرکی دال برعیوب نباشد

ظاهر کننده (Developer) پودری بارنگ سفید که عموماردگپ (Shell to Annular) اسپری میگردد ظاهر کننده باعث میشود مایع نافذ از ترکها وعیوب راه بدر بیرون کشیده شده و محل عیب مشخص میگردد

زمان انجام تست Oil Test براساس API 650حداقل 4 ساعت می‌باشد

بنابراین درOil Test، روغن ازگپ Shell to Annular وازبیرون مخزن ریخته میشود وبازرسی از جوش داخل مخزن انجام میگیرد

درمواردی از گچ برای ایجاد کنتراست بهتر برروی جوش‌ها استفاده میگردد

Defect و Discontinuity,Imperfection

Discontinuity ،ضرورتا بعنوان یک Defect محسوب نمی شود Discontinuity عبارت است از یک نقص در خواص مکانیکی ،فیزیکی و یا خواص متالورژیکی که ممکن یک Defect باشد که باید تعمیر شود و یا ممکن است بعنوان Defect در نظر گرفته نشود (در محدوه پذیرش باشد) چنانچه مقدار Discontinuity بیشتر از حد مجاز (معیار پذیرش) باشد به عنوان عیب (Defect) محسوب می شود

بنابراین Discontinuity عبارت است ازهر گونه ناپیوستگی در ساختار فلز (جوش/فلز پایه) یا ناهمگنی در خواص مکانیکی، فیزیکی و متالورژیکی فلز است ترم Defect بعنوان Reject بیان می گردد بنابراین هر Defect یک Discontinuity محسوب میشود ولی هر Discontinuity یک Defect محسوب نمی شود یک Defectممکن است طبیعتا بصورت تجمعی ویا بصورت Individual یا انفرادی قابل قبول نباشند

PFD:Process Flow Diagram(SDF:System Flow Diagram)

PFD بیانگر فرآیند سایت ویا کارخانه می‌باشد که فرآیندهای تجهیزات اصلی و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر بوسیله لوله ها، داکت ها، نقاله‌ها را نشان می‌دهد درPFD تعداد تجهیزات، دبی جریان، فشار عملکرد و دمای تجهیزات مختلف را نشان می‌دهد بنابراین درPFD، ماکزیمم/مینیم دما، فشار و فلو و ترکیب سیال مشخص می‌گردد تجهیزات اصلی(Major Equipment) و مشخصات آنها درPFDنشان داده میشود

طرح کلی جریان مواد شیمیایی و دبی و دما و فشار و سایر مشخصات آنها درPFDتعیین میشود واحدهای فرایندی در مسیر فرآوری، ذخیره و انتقال آنها براساس PFDیا process flow diagram تعیین میگردند

این نمودار، یک تصویر کلی از واحد فرایندی رانشان میدهد. PFD شامل کلیه تجهیزات و مسیرهای اصلی میباشد و مسیرهای فرعی را شامل نمیشود.

رآکتورها، برجهای جداسازی، مخازن، فیلترها، مبدلهای حرارتی، خشک کنها، هیترها، پمپها و کمپرسورها، تعدادی از مهمترین تجهیزات فرایندی میباشند که در PFD نمایش داده میشوند دراین نمودار چیدمان تجهیزات، خوراک ومحصول مشخص میگردد

درPFD، جنس و کلاس متریال، شماره خط، Safety Valve/Relief Valve، فلنج نشان داده نمی‌شوند البته Bypass اصلی و مهم، ولوهای Control Valve ویا ولوهایی که برعملیات تاثیرگذارند، ترکیب سیال، درPFD مشخص میگردد

تجهیزات اصلی عموما درPDF، نشان داده میشوند

UNS No

UNS هیچگونه مشخصه‌ای در خصوص شکل محصول، نحوه تولید و کیفیت محصول ارائه نمی‌دهد حرفی که درابتدای نامگذاری UNS استفاده می‌شود در خیلی موارد(نه همیشه) بیانگر متریال وآلیاژهای آنها می‌باشد (مثال: حرفC در ابتدای نامگذاری UNS، بیانگر مس(Copper) و آلیاژهای مس می‌باشد، حرف Tفولادهای ابزار(Tool Steel)، P فلزات قیمتی(Precious)، L فلزات با نقطه ذوب پایین Low Melting (Point) می‌باشدو...)

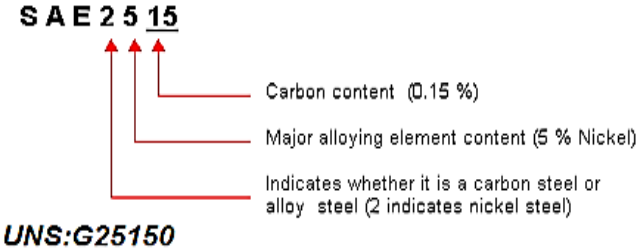
A→Aluminum&Al Alloy,N→Nickel &Ni Alloy,T→Tool Steel,C→Copper&Cu Alloy,L→Low Melting Point Metals,Z→Zn&Zn Alloy,P→Precious,E→Rare Earth,W→Welding Filler Metal,J→Cast Steel,R→Refractory Metals&Alloys,M→Misellaneous Nonferrous Alloy,F→Cast Iron,H→High Alloy Steel,G→Carbon&Alloy Steel

UNS متریال‌های مختلف

Outline of the unified numbering system for metals

UNS Number	Alloy System
Axxxxx	Aluminum and aluminum alloys
Cxxxxx	Copper and copper alloys
Exxxxx	Rare earth and rare element–like metals and alloys
Fxxxxx	Cast irons
Gxxxxx	Former AISI and SAE carbon and alloy steels
Hxxxxx	Former AISI and SAE H-steels
Jxxxxx	Cast steels (except tool steels)
Kxxxxx	Miscellaneous steels and ferrous alloys
Lxxxxx	Low-melting metals and alloys
Mxxxxx	Miscellaneous nonferrous metals and alloys
Nxxxxx	Nickel and nickel alloys
Pxxxxx	Precious metals and alloys
Rxxxxx	Reactive and refractory metals and alloys
Sxxxxx	Heat and corrosion resistant (stainless steels)
Txxxxx	Tool steels, wrought and cast
Zxxxxx	Zinc and zinc alloys

روشUNS سیستمیمتشکل از یک حرف و5 عدد است. این سیستم فقط ترکیب شیمیایی فلز یا آلیاژ را به تنهایی نشان می‌دهد و استاندارد یا مشخصه فلز محسوب نمی‌شود. در اکثر موارد سعی شده است تا سیستمUNS با سایر سیستم های نامگذاری موجود بویژه. AISI/SAE تا حد امکان انطباق داشته باشد.
بعبارتی سه رقم اول آن، معمولا با سیستم نامگذاری AISI/SAE و یا با CDA,AA انطباق داشته باشد (AA:Aluminum Association سیستم نامگذاری آلومینیوم و آلیاژهای آن بر اساس انجمن آلومینیوم آمریکا، CDA:Copper Development Association سیستم نامگذاری مس و آلیاژهای مس بر اساس انجمن(جامعه) توسعه مس می‌باشد
مثال: تعیین UNS (SAE 2515):G25150 استفاده از حرف G در ابتدای UNS، سپس شماره 2515 و نهایتا عدد صفر در انتهای UNS، و حرف G در ابتدای نامگذاری UNS بیانگر فولادهای کربنی و آلیاژی درنامگذاری براساس AISI/SAE می‌باشد



SAE47XX→UNS:G47XX0, SAE 25XX→UNS:G25XX0(فولاد حاوی نیکل، کروم مولیبدون)
SAE50XX→UNS:G50XX0(فولاد کروم دار)
بنابراین UNS فیلرمتال و الکترود الف:با حرف Wشروع می‌گردندب:بسته به نوع فیلرمتال با حروف دیگر (R,T,A,C,N,S) شروع می‌گردند(مثال: UNS(ER Fe-2):T74002,UNS(RBCuZn-B):C68000)
مثال:الکترودهای جوشکاری ENiCrM0-17,ENiCrMo-7,ENiCrMo-4 دارای UNS:W8XXXX می باشند فیلر ER 420 دارای UNS:S42000 می‌باشد همچنین فیلر ER NiCrMo-4 دارای UNS:N10276 می‌باشد فیلرهای ER Ti-7,ER Ti-1,ER Ti-3 دارای UNS:R5XXXX می باشند UNS فیلرها و الکترودهای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن بصورت ER 4009(UNS:A94009),E3003(UNS:A93003),E1100(UNS:A91100) می‌باشند بنابراین فیلرهای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن که بصورت چهار رقمی نشان داده میشوند،UNS آنها بصورت UNS:A9XXXX نمایش داده می‌شوند که XXXX چهار رقم فیلر/الکترود در نامگذاری AWS می‌باشند(ER4145→UNS:94145)

متریال با UNS: MXXXXX

UNS: MXXXXX فلزات و آلیاژهای متفرقه غیر آهنی(Nonferrous) که شامل 12 آیتم آنتیموان، ارسنیک، باریم، کلسیم، پلوتونیوم، منیزیوم، سیلیکون واورانیوم، ژرمانیوم استرونسیوم و... می‌باشد

UNS RXXXXX (آلیاژهای نسوزیا Refractoryو Reactive Metals)

UNS:Rxxxxx (Refractory Alloys&Reactive Metals) فلزاتی که بطور شگفت آوری در برابر حرارت و سایش مقاوم می‌باشند ودارای نقطه ذوب بالایی می‌باشندوشامل فلزات تنگستن، نیوبیوم، تانتالوم، مولیبدون و رنیوم می‌باشند، Reactive Metal (فلزات فعال)شامل Cr,Ti,Zr,Nb, فلزاتی که تشکیل لایه اکسید پایدار میدهند چنانچه این لایه آسیب ببیند مجددا لایه پایدار یا محافظ تشکیل می‌گردد

بنابراین UNS متریال Refractory/Reactive (متریال نسوز یا دیرگداز و متریال فعال) با حرف R شروع می‌شودکه شامل متریال وآلیاژهای زیر می‌باشد بنابراین آلیاژهای این گروه شامل، آلیاژهای مولیبدن، آلیاژهای نایوبیوم/کلومبیوم، آلیاژهای تانتالم، آلیاژهای کبالت، آلیاژهای تیتانیوم، آلیاژهای زیرکونیوم، آلیاژهای وانادیوم، آلیاژهای تنگستن، آلیاژهای کروم، آلیاژهای رنیوم، آلیاژهای بور می‌باشد که درجدول زیر نشان داده شده است

نامگذاری متریال استنلس استیل آستنیتی در سیستم UNS

یک مهندس یا شخصی که با فولادها سروکار دارد باید نامگذاری فولادها در استانداردهای AISI,SAE,ASTM,ASME IX ,API5L را آگاهی داشته باشد این استانداردها عموما براساس استانداردهای آمریکا می‌باشندبنابراین نامگذاری یک متریال یا فولاد در هریک از این استانداردها متفاوت می‌باشد

فولادهای استنلس آستنیتی/فریتی/مارتنزیتی که در سیستم AISI نامگذاری گردیده اند جهت تعیین UNS این متریال، سه رقم AISIدر ابتدای UNS وبعد از حرف Sقرار می‌گیرند دو رقم آخرUNS در صورتیکه متریال درسیستم نامگذاری AISI پسوندی نداشته باشد صفر می‌باشند

(مثال:فولاد(ASME IX)316L SA-240 TP و فولاد(AISI)316L می‌باشند)

مثال: متریال هایی همچون

201,202,304,304L,305,308,308L,309,309S,310,310S,314 316,321,347316L,348 و... که این متریال‌ها براساس استاندارد AISI (استاندارد آهن وفولاد آمریکا)، فولاد زنگ نزن آستنیتی می‌باشند بنابراین سیستم AISI جهت نامگذاری متریال استنلس از سه رقم با یک یا دو پسوند (304Mo,303Se ،304LN,309LSi,...) استفاده می‌نماید البته برای متریال استنلس داپلکس، از چهار عدد درنامگذاری AISI ممکن است استفاده گردد

نامگذاری متریال استنلس فریتی درسیستم UNS

Ferritic Stainless Steels (4XX or UNS:S4XXXX) این فولادها براساس نامگذاری در سیستم AISI با عدد چهار شروع شده و UNS آنها نیزبصورت(UNS:S4XXXX) که با S4 شروع می‌شود فولادهای این گروه به هردو صورت Wrought/Cast تولید می‌گردند جهت تعیین UNS این متریال، سه رقم AISI در ابتدای UNS وبعد از حرف S قرار می‌گیرند دو رقم آخرUNS در صورتیکه متریال درسیستم نامگذاری AISI پسوندی نداشته باشد صفر می‌باشند

نامگذاری متریال استنلس مارتنزیتی در سیستم UNS

Martensitic Stainless Steels (4XX orUNS: S4XXXX)

استنلس استیل مارتنزیتی شامل ...,AISI:403,410,414,416,420,422,431,440A,B,C می‌باشد جهت تعیین UNS این متریال، سه رقم AISI در ابتدای UNS وبعد از حرف S قرار می‌گیرند دو رقم آخرUNS در صورتیکه متریال درسیستم نامگذاری AISI پسوندی نداشته باشد صفر می‌باشند البته برای متریال هایی که پسوند داشته باشد سه رقم اول آنها در ابتدای UNS قرار گرفته ولی دو رقم آخرممکن است صفر نبوده و اعداد دیگری باشند

نامگذاری متریال داپلکس براساس سیستم UNS

فولادهای استنلس استیل داپلکس شامل,(Supper Duplex)Zeron100,DX2202(LDX),

2404(LDX),2101(LDX),2205(Standard),2507(Super),2304(LDX) و RDN 903(LDX)

و2507Cu می‌باشند

فولاداستنلس داپلکس یا دو گانه (دوفازی) عبارتند از: Super Duples Stainless Steel(SDSS),Lean Duplex Stainless Steel(LDSS). Standard Duplex Stainless Steel

LDSS عبارتند از گریدهای با کروم 21% ومقدار مولیبدون بسیار ناچیز بهمین دلیل Lean Duplex(داپلکس فقیر) نامیده میشوند

Super Duplex که مقدار PREN>40 و درمحدوده 45-40 قراردارد مقدار کروم آنها Cr≥25% وعموما در محدوده 26%-25 می‌باشد

فولادهای با UNS:JXXXXX

این UNS مربوط به فولادهایی که به طریق Casting(ریخته گری)تولید شده اند می‌باشد و تحت عنوان Cast Steel نامیده می‌شود البته شامل فولادهای ابزاریا Tool Steel نمی‌گردد اعداد 0,1,2,3,4,5,8,9 عموما بعد از J قرار می‌گیرند و معمولاUNS این گروه با 0,1,9 شروع می‌گردند

نامگذاری فلزات وآلیاژهای قیمتی براساس سیستم UNS

UNS:PXXXXX شروع نامگذاری این فلزات با حرفP:Preciousیا قیمتی می‌باشد

UNS:Pxxxxx فلزات و آلیاژهای قیمتی شامل 8 آیتم همچون(طلا، نقره، پالادیوم، پلاتین، رادیوم، ایندیوم و...)می‌باشد

UNS آلومینیوم وآلیاژهای آلومینیوم

آلومینیوم و آلیاژهای آن ممکن است بصورت Wrought/Cast تولید گردند در حالت Wrought براساس نامگذاری AA(Aluminum Association) از چهار رقم استفاده می‌شود وبرای نشان دادن عملیات حرارتی، از یک حرف انگلیسی در انتهای اعداد استفاده میشود، آلیاژهای آلومینیوم که بصورت Cast یا ریختگی تولید می‌شوند بصورت XXX. X نشان داده میشوند

نامگذاری UNS آلیاژهای ریخته گری (Casting) آلومینیوم

نامگذاری UNS آلیاژهای ریخته گری (Casting) آلومینیوم، بصورت زیر عمل می‌شود

حرف A در ابتدای UNS قرار میگیرد و سپس رقم اول UNS از اعداد(.0,1,2,) برای بیان حروف استفاده می‌شود اگرآلیاژآلومینیوم ریختگی براساس AA/IADS دارای حروفی نباشد

(مثالAA/IADS:100.1) عدد صفربعد از حرف A بعنوان اولین رقم UNS در نظر گرفته می‌شوند، اگر حرف A در ابتدای نامگذاری آلیاژ ریختگی آلومینیوم براساس AA/IADS باشد (مثال:A206.0) عددیک بعنوان اولین رقم UNS بعد ازحرف A در نظر گرفته میشود، اگر حرف B در ابتدای نامگذاری آلیاژ ریختگی آلومینیوم براساس AA/IADS باشد عدد دو بعنوان اولین رقم UNSوبعد ازحرف A در نظر گرفته می‌شود و الی آخر و چهار رقم بعدی UNS ، براساس نامگذاری AA/IADS مشخص می‌گردند

UNS مس وآلیاژهای مس

حرف C در UNS به معنای Copper (مس)می‌باشد وشامل مس و آلیاژهای مس (Brass، Bronze و...) می‌باشد بطور مثال Copper (CDA)377در سیستم UNS بصورت UNS:C37700 نمایش داده می‌شود

Copper Development Association (CDA)

متریال‌های با UNSیکسان

متریال با شکل‌های ورق، لوله، تسمه، تیوب و. . . ممکن است دارای UNS no یکسان باشند

بنابراین متریال‌های با شکل‌های مختلف ممکن است دارای UNS یکسان باشند در واقع بر روی یک متریال، عملیاتی مختلفی چون Rolling,Extrusion,Forging,Cold Working ,Hot Working,... ویا عملیات حرارتی مختلف انجام گردد ومتریال هایی بشکل لوله، پلیت، سیم، تیوب، Coil و... از همان متریال اولیه تولید گردد لذا ترکیب شیمیایی متریال اولیه یکسان بوده و فقط روش‌های تولید/عملیات حرارتی متفاوت می‌باشد که سبب تولید متریال‌های با خواص مکانیکی وشکل‌های متفاوت ازیک UNS No می‌گردد ولیکن ترکیب شیمیایی همه آنها در UNS یکسان، همواره یکسان می‌باشد ولیکن خواص مکانیکی(استحکام کششی، استحکام تسلیم، استحکام ضربه و...) بعلت عملیات‌های شکل دهی مختلف ویا عملیات‌های حرارتی گوناگون، عموما متفاوت میباشد (در برخی موارد استحکام کششی متریال‌های باUNS یکسان، ممکن است برابر باشد)

بنابراین ممکن است دو، سه و چهار و. . . متریال دارای Uns no یکسان باشند ولیکن شکل محصول، خواص مکانیکی و عملیات حرارتی متفاوت میباشنددرحالیکه ترکیب شیمیایی همه متریال وUNSیکسان می‌باشند در مواردی هم ممکن است برخی از خصوصیات مکانیکی همچون استحکام کششی/استحکام تسلیم، یکسان باشند ولی عموما، خواص مکانیکی متفاوت می‌باشد

مثال:SA-813 TP304L(UNS: S30403 Welded Pipe UTS:Min 70Ksi,18Cr-8Ni,PnO:8 Gr:1)

SA-688 TP 304L(UNS: S30403 Welded Tube,UTS Min 70Ksi,18Cr-8Ni,Pno:8 Gr:1)
SA-240 TP304L(UNS S30403 ,Plate,Sheet,UTS Min 70Ksi,18Cr-8Ni, Pno:8 Gr:1)
SA-182 F304L(UNS S30403 Forging,UTS Min 70Ksi,18Cr-8Ni, Pno:8 Gr:1)

SA-479 TP 304L(UNS S30403 Bar&Shapes,UTS:Min 70Ksi,18Cr-8Ni, Pno:8 Gr:1)

ومتریال (304L(UNS:S30403، متریال 304L براساس سیستم AISI نامگذاری می‌گردد درحالیکه متریال‌های SA براساس ASME IX نامگذاری می‌گردند(مشخصات متریال هایی که باSA,SBشروع می‌گردند در ASME SEC II Part A,B موجود می‌باشد)

جوشکاری کدولد

اجزای جوشکاری کدولد شامل قالب گرافیتی، پودر کدولد(مخلوطی از اکسید آلومینیوم و اکسید مس می‌باشد برندهایی از این پودر شامل اریکو و Tech Weld می‌باشند)، چاشنی انفجار شامل مقداری گوگرد که برروی پودر کدولد ریخته می‌شود، تفنگ احتراق به منظور احتراق چاشنی استفاده می‌شود، کیت تمیزکننده که برای تمیزکردن قالب‌های گرافیتی استفاده می‌شود این جوشکاری براساس IPS-C-TP-820 انجام می‌گردد کدولد یک نوع روش جوشکاری ساده بدون نیازبه هیچ گونه منبع انرزی الکتریکی. مکانیکی وحرارتی خارجی می‌باشد پودرها از نوع Exothermic (گرمازا)می‌باشند اکسید آلومینیوم بعنوان سرباره می‌باشد

در مواردی از خمیر نسوز برای جلوگیری از بیرون ریختن اجزا از قالب استفاده می‌گردد برای مسدود نمودن روزنه‌ها و شکافهای بین سیم و قالب و جلوگیری از بیرون ریختن مواد مذاب و همچنین در مواردی که نمره سیم و الکترود هماهنگ نباشد خمیر نسوز مورد استفاده قرار می‌گیرد

در اینحالت همه اجزا داخل قالب(Mold) قرار داده شده و قالب کاملا بسته می‌شود سپس پودر کدولد و چاشنی انفجار اضافه شده و سپس با تفنگی آتش زده می‌شود و در مدت زمان کوتاهی جوشکاری انجام می‌گیرد

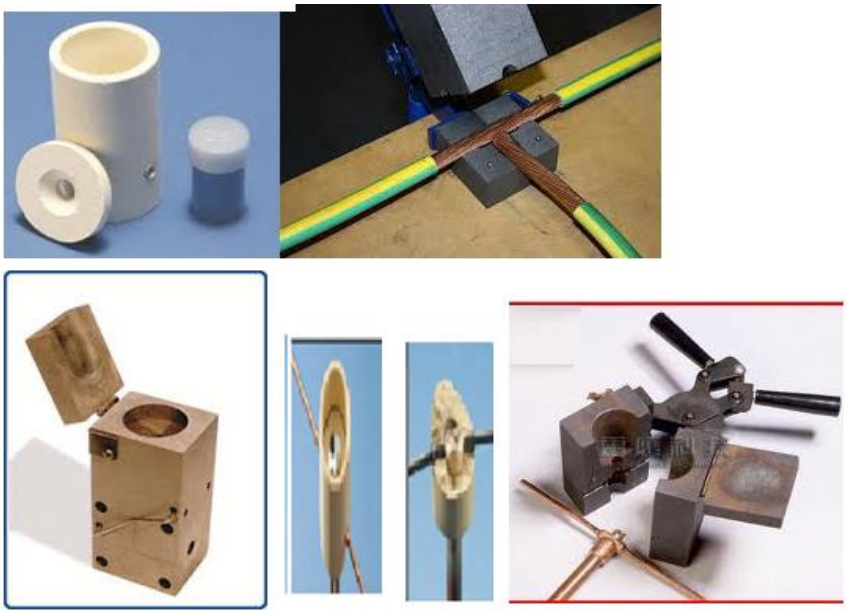
برحسب نوع اتصال (اتصال کدولد سیم به میلگرد، اتصال کدولد سیم به صفحه مسی و...) قالب‌های مختلفی ممکن است استفاده گردد

در شکل زیر قالب جهت اتصال سیم به سیم وRod نشان داده شده است همچنین اتصال سیم مسی به میلگرد، اتصال سه سیم مسی به یکدیگر، اتصال دوسیم مسی به Rod و... با جوش Cad weld نشان داده شده است

جوشکاری Cadweld

جوش احتراقی یا جوش کدولد (CAD WELD) نوعی جوش که برای جوشکاری سیم، لوله، صفحه و میله‌های مسی به یکدیگر استفاده می‌گردد در اثر انفجار با جاری شدن مذاب در مسیرهایی که در قالب تعبیه شده عمل جوشکاری انجام میگیرد

از قالب‌های سرامیکی نیز در کدولد نیز ممکن است استفاده شود Cad Weld روشی اگزوترمیک (گرما زا–حرارت زا) می‌باشد در اثر واکنش حرارت زیادی تولید می‌گردد



جوش کدولد با قالب سرامیکی وگرافیتی

Jacket Pipe

یکی از خطوطی که در پالایشگاه استفاده می‌گردد خطوط لوله Jacket Pipe می‌باشد البته برخی تجهیزات همچون راکتور نیز بصورت جکت ممکن است مورد استفاده قرار گیرند که از سیستم آبگرد برای خنگ نگه داشتن آجرهای نسوز داخل راکتور استفاده می‌گردد لوله های جکت از دو بخش Innerو Outer تشکیل می‌گردد بنابراین سیستم Jacketing,Tracing برای گرم و سرد نمودن سیال داخل خط استفاده می‌گردند البته سیستم جکت در خطوط لوله برای گرم نگه داشتن سیال داخل خط می‌باشد

استیم از یک نازل وارد جکت شده و مقداری از استیم که کندانس می‌گردد توسط خط Drain تخلیه شده و یا برای استفاده مجدد برگشت داده می‌شود لوله خارجی(Outer) ،یا جکت ویا Jacket Pipe نامیده می‌شود

براساس B31.3(345.2.5) تست Leak Test بعد از اتمام قسمت Internal(قسمت داخلی جکت،Inner) و قبل از اینکه قسمت Outer جوشکاری گردد باید انجام گیرد بعبارتی قبل از تکمیل جکت، قسمت داخلی باید Leak Test گردد

استفاده از خطوط Jacket Pipe:وقتی امکان Steam Tracing خطوط وجود نداشته باشد از Jacket Pipe برای سولفور مذاب،سرویس های پلیمری استفاده میشود

سوال: براساس B31.3(M345) سیستم جکت برای خطوط با Cat M,MA ممکن است استفاده گردد ولیکن برای خطوط High Pressure از سیستم جکت استفاده نمی گردد

بنابراین براساس B31.3(A345.2.2) سیستم جکت برای خطوط غیرفلزی نیز استفاده می‌گردد

سوال:براساس B31.3 آیا از نیوماتیک برای تست جکت میتوان استفاده نمود:براساس

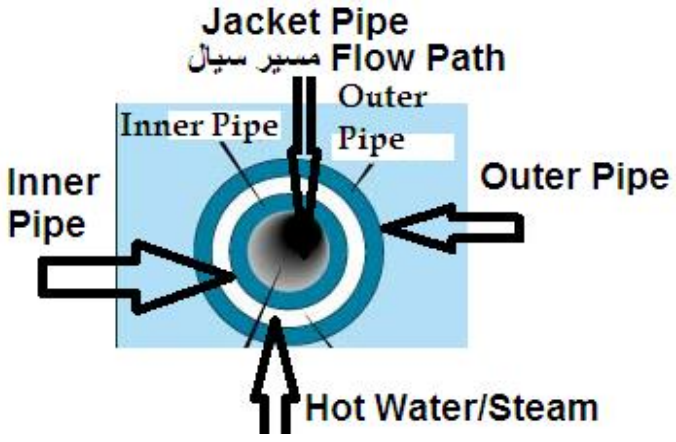
ASME B345.2.5,B345.1، تست هیدرواستاتیک جهت بررسی نشتی باید انجام گیرد ولیکن اگر این تست بر اساس نظر کارفرما امکان پذیر نباشد از ترکیب هیدروتست+نیوماتیک می‌توان استفاده نمود و چنانچه تست نیوماتیک+هیدروتست نیز براساس نظر کارفرما قابل انجام نباشد از تست نیوماتیک میتوان استفاده نمود

Jacket Pipe، دو لوله با سایز مشخص که یکی در داخل دیگری قرار میگیرد لوله داخلی بعنوان Inner یا Core و لوله بیرونی تحت عنوان Outer شناخته می‌شود کل مجموعه تحت عنوان Jacket شناخته می‌شود درمسیر خط لوله، عملیات Jacketing علاوه بر خط لوله،برروی Elbow,Cross,Tee,… نیز انجام میگیرد بنابراین Jacket شامل لوله، البو، Tee,Cross,Reducer می‌باشد

در شکل زیر،جکت بر روی خطوط لوله وفیتینگ نشان داده شده است

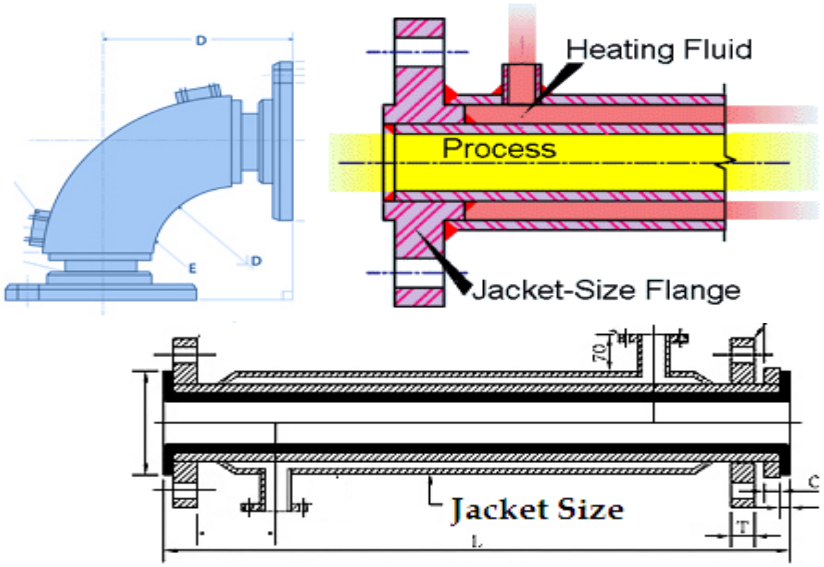
از جکت برای گرم ویا سرد نگه داشتن سیال داخل خط استفاده می‌شود درمواردی نیاز است سیال داخل خط گرم بماند و در مسیر منجمد نشود ویا زمانی نیاز است تا سیال سرد بماند که ممکن است ازJacket Pipe استفاده گردد ولیکن عموما از لوله های جکت برای گرم نگه داشتن سیال داخل خط استفاده می‌گردد

بخش های جکت خطوط لوله در شکل زیر نشان داده شده است Hot Water/Hot Steam بین Inner,Outer قرار دارد

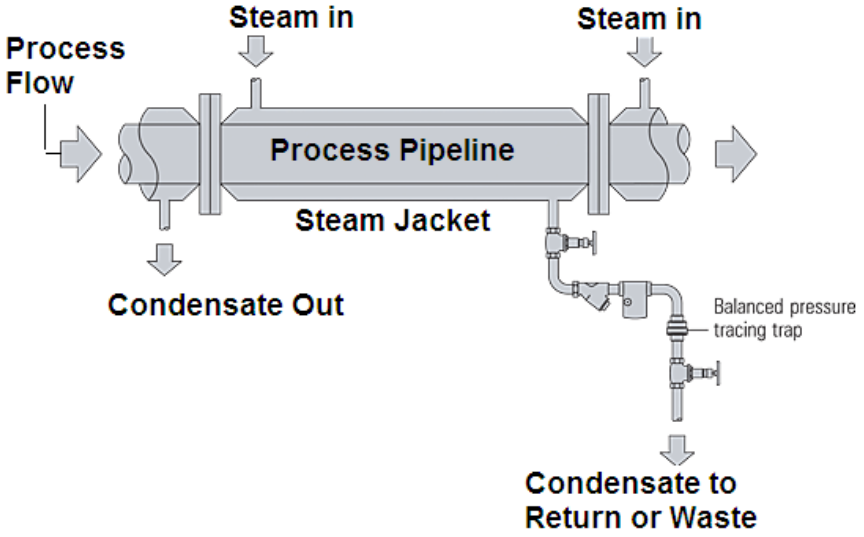


یکی از کاربردهای Jacket Pipe درخطوطی که گوگرد مذاب عبور میکند(وقتی گاز وارد پالایشگاه می‌گردد ابتدا وارد منطقه Slug Catcher شده و کندانس از گاز جدا می‌گردد سپس گاز به قسمت جذب رطوبت،بازیافت گلایکول و شیرین سازی منتقل می‌شود بعد از اینکه H2S از گاز جدا گردید H2S به قسمت تولید گوگرد ارسال می‌گردد گوگرد ابتدا بصورت مذاب و سپس بصورت Granul(دانه دانه) تولید می‌گردد) وقتی گوگرد مذاب از داخل Inner عبور می‌کند Steamیا بخار داغ از فضای بین Inner و Outer عبور می‌کند بعلت حرارت ناشی از Steam(بخار)، گوگرد بصورت مذاب در خط لوله باقی میماند چنانچه گوگرد سرد شود به فازجامد تبدیل شده وباعث مسدود شدن مسیر و مشکلات زیادی می‌گرددبهمین دلیل از سیستم Jacket جهت عبور گوگرد مذاب استفاده می‌شود بنابراین بخار ازیک نازل وارد شده و در فضای بین Inner وOuter سیرکوله شده ومقداری از بخار بدلیل تماس با لوله سرد ویا بعلت فشار بالا، کندانس(مایع) می‌گردد

وکندانس از قسمت زیرین جاکت خارج می‌گردد) بخار سبب گرم نگه داشتن گوگرد مذاب شده و ازجامد شدن آن جلوگیری می‌کند بخاری که در سیستم جکت استفاده می‌گردد از بویلرها وواحد یوتیلیتی تامین می‌گردد هر پالایشگاه دارای واحد یوتیلیتی می‌باشد پتروشیمی ها عموما دارای یوتیلیتی نبوده و چندین پتروشیمی ازیک واحد یوتیلیتی که برای تامین بخار و برق،آبهای تصفیه می‌باشد تغذیه می‌کنند(معمولاچندین پتروشیمی از یک واحد یوتیلیتی،تغذیه می‌کنند)
سیستم خط لوله جکت برای برخی سرویس های پلیمری نیز ساخته می‌شود.



سیستم جکت در شکل زیر نشان داده شده است استیم از یک ورودی یا نازل وارد فضای بین Inner وOuter می‌گردد البته بعد از مدتی استیم حرارت خود را از دست میدهد ولذا سیستم ورود و خروج استیم بصورت پیوسته انجام میگیرد تا همواره استیم داغ در سیستم موجود باشد



سوال:در هیدروتست خطوط جکت، فشار تست Inner و فشار تست Jacket براساس B31.3-345.2.5 عبارت است از: قسمت داخلی یا Inner باید براساس فشار طراحی داخلی (Internal Design Pressure) یا فشار طراحی خارجی (External Design Pressure) هرکدام که بحرانی تر است تست گردد بعد از اتمام هیدروتست Inner، جکت تکمیل می‌گردد وقسمت Outer(فضای بین دو لوله یا فیتینگ) ویا Jacket بر اساس فشار طراحی جکت، تست گردد مگر اینکه در طراحی مهندسی فشار جکت مشخص شده باشد

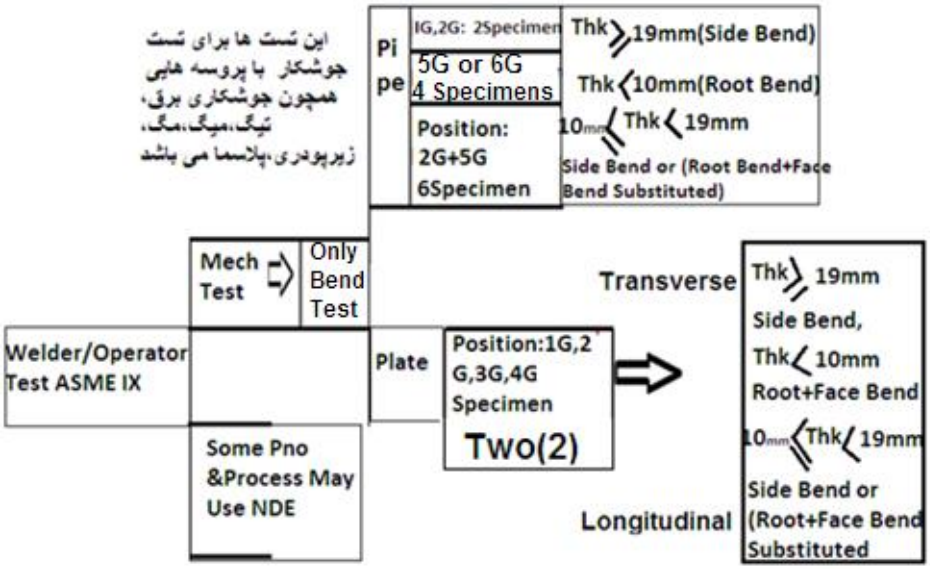
سوال:براساس ASME B31.3 آیا انجام تست NDT قبل از هیدروتست، الزامی است:بلی بر اساس B31.3-345.1 بعد از تکمیل تست NDT، تست هیدرواستاتیک باید انجام گردد بعبارتی تست NDT قبل از انجام هیدروتست باید تکمیل گردد البته موارد Tie in بعد از اتمام هیدروتست،تست NDT می‌گردند

تست ها و تعداد نمونه تست جهت تعیین صلاحیت جوشکار

مثال: تعداد نمونه‌های تست مکانیکی برای تست جوشکار براساس ASME IX را مشخص نمایید

درجدول زیر تست مکانیکی جهت تعیین صلاحیت جوشکار بیان گردیده است

تعداد نمونه‌های تست خمش جهت تست جوشکار بر اساس ASME IX



مثال:تعداد نمونه‌های تست مکانیکی وقتی یک جوشکار برروی لوله با قطر وضخامت Pipe:8",Thk:12mm ودر وضعیت Position:5G با پروسه GTAW تست میدهد عبارت است از:چهار نمونه تست خمش برای تعیین صلاحیت جوشکار نیاز است واما اینکه نوع تست خمش به چه صورت است(Root Bend,Face Bend,Side Bend) براساس QW-452.1a به ضخامت قطعه جوشکاری شده بستگی دارد که برای ضخامت‌های 3/8"(10mm) ≤Thk(Test Coupon)<3/4"(19mm)

چهارنمونه تست خمش Side Bend جهت تعیین صلاحیت جوشکارباید انجام گردد که البته ممکن است دو نمونه Root Bend و دو نمونهFace Bend جانشین(جایگزین) چهار نمونه Side Bend گردد

تست بازرسی VTبرای تعیین صلاحیت جوشکار/اپراتور

مثال:یک جوشکار یا اپراتوری لوله ای را جوشکاری نموده، حال نمونه تست شده توسط بازرس بصورت چشمی‌بازرسی می‌گردد معیار بازرسی چشمی‌چیست:

براساس QW-302.4، برای پلیت‌های جوش شده همه سطوح(بغیر ازقسمت هایی که بریده میشوندو دورانداخته می‌گردند قسمت هایی ازپلیت که دور انداخته می‌شوند نیاز به بازرسی VTندارند)باید کاملا بازرسی گردد برای لوله‌ها باید کل قسمت‌های محیطی داخل وبیرون لوله، بازرسی گردد وبازرسی‌ها براساس QW-194 انجام میگیرد ودربازرسی چشمی‌نمونه جوش شده، نفوذ کامل و ذوب کامل درجوش و فلزپایه ایجاد گردد

مثال:یک جوشکار لوله ای را بصورت Groove با پروسه GTAW براساس ASME IX جوشکاری نموده است در بازرسی چشمی، نمونه بعلت عدم نفوذ کامل توسط بازرس مردود گردیدآیا نظر بازرس صحیح بوده است:بلی برای تست جوشکار در بازرسی چشمی، جوش و فلزپایه Weld Metal and Base (Metal) باید ازنفوذ کامل وذوب کامل برخوردار باشند

تعیین صلاحیت جوشکار

براساس ASME IX، به سه روش، جوشکاریا اپراتور ممکن است تست دهند وQualify گردند، روش اول جوشکار یا اپراتور براساس QW-304.1,QW-305.1 برروی یکTest Coupon تست داده و نمونه جوش شده، تستVolumetric NDE گردد(اینحالت برای برخی متریال وبرخی پروسه های جوشکاری امکان پذیر است)

روش دوم جوشکار یا اپراتور برروی نمونه تست یاTest Coupon جوشکاری نموده و نمونه بعد ازتاییدVT یا بازرسی چشمی،تست مکانیکی خمش گردد

روش سوم اینکه جوشکار یا اپراتور برروی Production تست داده و نمونهProduction، ممکن است تستNDE گردد بعبارتی وقتی جوشکار بر روی لوله Production تست می دهد حداقل "6 از طول جوش اولین Production تست NDE(RT or UT) گردد البته انجام RT/UT باید بر اساس QW-304 (برخی متریال وبرخی پروسه ها تست های RT/UT ممکن است جایگزین تست مکانیکی گردد) انجام گردد

سوال:یک جوشکار بر روی متریال Pno:25(Production) با پروسه GT+SM بصورت Groove جوشکاری نموده است آیا انجام تست های RT or UT برای تعیین صلاحیت جوشکار مجاز است:خیر براساس QW-304.1,QW-304 تست مکانیکی خمش باید انجام گیرد

براساس QW-304.2 وقتی یک جوشکار/اپراتور جهت تعیین صلاحیت برروی لوله Production تست دهد چنانچه در تست‌ها تایید نگردد همه لوله هایی که توسط جوشکار/اپراتور جوشکاری شده است باید کاملا تست گردد و جوش هایی که نیاز به تعمیر دارند توسط جوشکار Qualify ، جوشکاری و تعمیر گردند

QW-302.2 مقداروتست Volumetric NDE اتصالات Groove برای تست جوشکاربرروی Test Coupon

براساس QW-302.2، حداقل "6 ازطول جوش Groove(شیاری) که بوسیله اپراتور/جوشکار،جوشکاری شده است باید تست Volumetric NDE گردد چنانچه نمونه یا Test Coupon لوله باشد کل محیط لوله باید جوشکاری وتستRT or UT گردد(مثال: یک اپراتور لوله با قطر "8 کربن استیل را جوشکاری نموده همانطور که بیان گردید مقدار حداقل"6 طول جوش باید RT or UT گرددبرای لوله، کل محیط لوله باید تست RT or UT گردد بنابراین کل محیط لوله"8 باید تست RT or UT گردد، یک جوشکار لوله ای با قطر "20 را جوشکاری مینماید چنانچه ازVolumetric NDE برای تعیین صلاحیت جوشکار استفاده گردد حداقل"6 طول جوش باید تست RT or UT گردد وچون نمونه تست جوشکار، لوله است کل محیط لوله باید تست RT or UT گردد بعبارتی کل محیط لوله"20 باید تستRT or UT گردد که محیط کل لوله برابر با"3.14*20=62.8 باید تست RT or UT گردد بنابراین سایز لوله که برای تست جوشکار تعیین می‌گردد باید مناسب بوده و حداقل ”6 طول جوش رعایت گردد و در زمان و هزینه نیز صرفه جویی گردد)

تست‌های مکانیکی و تست‌های Volumetric NDE جهت تعیین صلاحیت جوشکار براساس QW-304

وقتی جوشکاری براساسASME IX بصورت Groove تست می‌دهد تست مکانیکی باید برروی نمونه تست جهت تعیین صلاحیت جوشکار انجام می‌گیرد براساس ASME IX QW-300.1، برای Qualify نمودن جوشکار(اتصالات Groove Weld) تست‌های مکانیکی Bend (خمش) جهت تعیین صلاحیت جوشکار/اپراتور برروی نمونه تست انجام می‌گردد همچنین براساس QW-304 ممکن است ازتست‌های Volumetric NDE (RT or UT)نیز برای یکسری از پروسه‌ها و متریال‌ها بعنوان جایگزین تست‌های مکانیکی استفاده نمود

تست‌های Volumetric NDE شامل تست های RT,UT,ET,… می باشند ولیکن براساس ASME IX تست Volumetric NDEشامل تست RT,UT می‌باشد

جدول زیر انجام تست‌های NDE or Mechanical Test برای تست جوشکار اتصالات Groove که با پروسه‌های GT,SM,FC,GM,SAW,PAW ویا ترکیب این پروسه‌ها جوشکاری می‌نماید(وقتی جوشکار باپروسه GMAW(S.C)/FCAW(S.C) تست می‌دهد همواره ازتست مکانیکی برای تعیین صلاحیت جوشکار استفاده می‌شودS.C:Short Circuit یا اتصال کوتاه)

انجام تست مکانیکی ، برای Welder Performance،باید بعد از تایید VT(Visual Test) یا بازرسی چشمی انجام می‌گردد

براساس QW-304 برای تست جوشکار،جوشکارابتدا در تست VT (بازرسی چشمی)باید تایید گردد و سپس نمونه تست در تست مکانیکی مورد تایید قرار گیرد براساس QW-304,QW-142، استفاده از روش Volumetric NDE (UT/RT) بعنوان جایگزین تست مکانیکی برای تست جوشکار (Welder Performance) برای بعضی متریال و بعضی پروسه ها نیز ممکن است استفاده گردد(البته برای متریال‌هایی که از حساسیت بیشتری برخوردار می‌باشند تست های مکانیکی باید انجام گیرد وانجام تست‌های Volumetric NDE بعنوان جایگزین تست های مکانیکی قابل قبول نمی‌باشند)

براساس QW-304 استفاده از روش Volumetric NDE برای تعیین صلاحیت جوشکاربرای اتصالات Groove برای پروسه های SMAW,GTAW,SAW,PAW,و GMAW (بجز اتصال کوتاه Short Circuit) ویا ترکیبی از این پروسه ها، برای متریال هایی بغیر از Pno:21-26,51-53,61-62 تست Volumetric NDE ممکن است جایگزین تست مکانیکی گردد همچنین جهت تست جوشکاربرروی اتصالات Groove، وقتی از روش GTAW استفاده می‌شود بجز Pno:61-62، تست Volumetric NDE ممکن است جایگزین تست مکانیکی برای بقیه Pno گردد

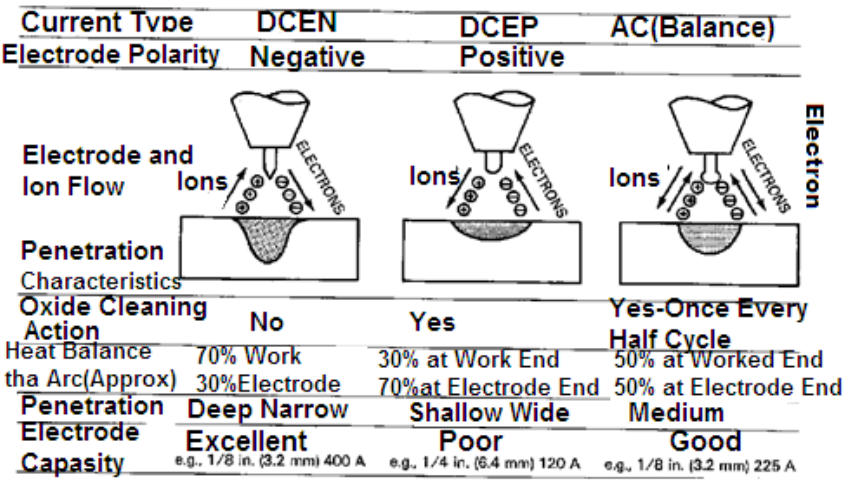
جوشکارانی که با پروسه های GT,SM,SAW,FCAW,PAW,GMAW ویا ترکیب این پروسه ها جوشکاری و تست می دهند چنانچه برروی متریال هایی باPno:2X,5X,6X جوشکاری و تست دهند نمونه ها باید تست مکانیکی گردند چنانچه برروی متریال‌هایی بغیر ازPno:2X,5X,6X تست دهند استفاده از تستVolumetric NDE مجاز می‌باشد جوشکارانی که فقط با پروسه GTAW برروی متریال های باPno:6X جوشکاری و تست می دهند نمونه ها باید تست مکانیکی گردند جوشکارانی که فقط با پروسه GTAW برروی متریال های بغیر ازPno:6X جوشکاری و تست می دهند استفاده از تست Volumetric NDE مجاز می‌باشد

(Polarity)پلاریته

روش DCRP خاصیت Arc Cleaning(پاک کردن توسط قوس)دارد یونهای گازی به قطعه کار برخورد کرده وباعث شکسته شدن اکسیدهای فلزی در محل قوس می‌گردد

پلاریته DCRP نوع جریان DC(Dtrect Current) و نوع پلاریتی RP(Reverse Polarity) یا پلاریته معکوس می‌باشد دراینحالت الکترونها از قطعه جدا می‌گردند

در شکل زیر تاثیر پلاریته DCRP,DCSP درپروسه GTAW برمیزان نفوذ جوش، ظرفیت الکترود، ایجاد حرارت وتمیزکاری اکسیدهای سطحی نشان داده شده است

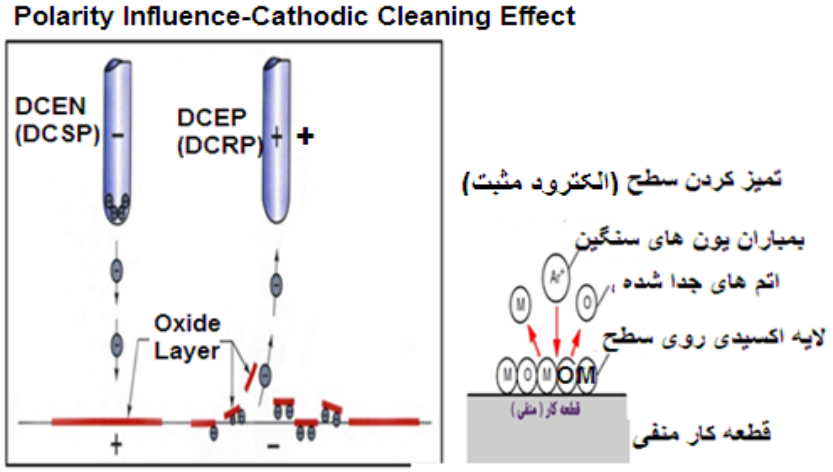


تاثیر پلاریته عیب درجوشکاری GTAW

نکته:عموما درجوشکاری با روش هایی که از الکترود مصرف نشدنی استفاده می‌گردد الکترود قطب منفی و قطعه کار قطب مثبت می‌باشد بعبارتی عموما از روش DCSP استفاده می‌گرددالبته برای برخی متریال نیز از پلاریته DCRP نیز ممکن است استفاده گردد

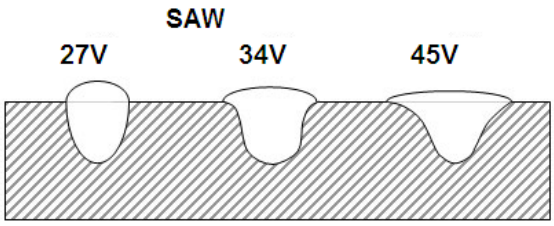
Arc Cleaning

یکی دیگر از ویژگی های قطب معکوس (DCRP) عمل تمیز کاری است قوس الکتریکی اگر بتواند ذرات اکسیدی غیرمذاب را ازروی سطح کار به اطراف پخش کند بیشتر مفید خواهد بود که این پدیده تحت عنوان پاک کردن قوس شناخته می‌شود به دلیل حرکت الکترون‌ها ازقطعه کار و برخورد یون های مثبت از الکترود به قطعه کار در محل تشکیل قوس، باعث شکستن لایهٔ اکسیدی می شود. از این ویژگی در جوشکاری فلزاتی که لایه اکسیدی دارند همانند آلومینیوم به نحو مطلوبی استفاده می شود لذا درDCRP با برخورد و ضربه زدن یون‌های گازی مثبت به سطح قطعه، سبب شکستن و شکافتن لایه اکسیدی روی سطح گردیده وسبب می‌گردند مسیری را برای حرکت جریان ایجاد نمایندگاز ها در حالت عادی قابلیت هدایت الکتریسیته را ندارند ولی اگر تحت تأثیر عوامل خارجی از قبیل حرارت زیاد، حوزه الکتریکی و غیره قرار بگیرند بعضی از اتم ها الکترون از دست داده و بار مثبت پیدا می‌کنند.

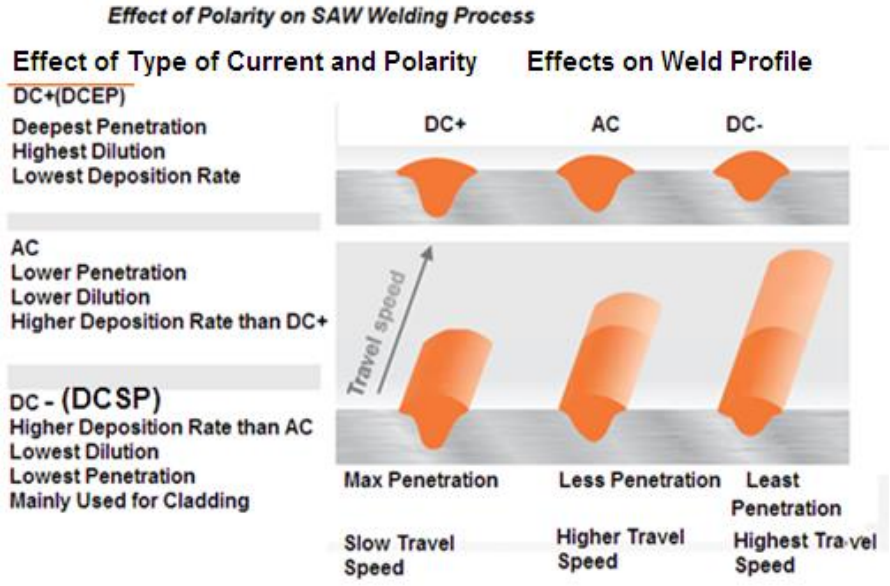


تمیزکاری قوس یا Arc Cleaning درجوشکاری GTAW

سوال:تاثیر افزایش ولتاژ برپهنای جوش در جوشکاری زیرپودری:با افزایش ولتاژ، پهنای جوش زیاد می‌گردد چون ولتاژ با ایجاد نیروی فشاری سبب پخش شدن جوش می‌گردد

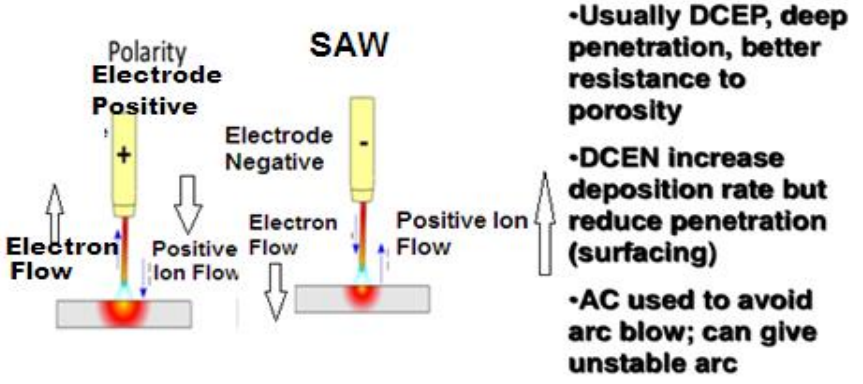


شکل زیر تاثیر پلاریته برنفوذ جوش در جوشکاری زیرپودری(SAW) نشان داده شده است درروش زیرپودری، الکترود مصرف شدنی می‌باشد ولذا DCRP بیشترین نفوذ را دارد البته کمترین نرخ رسوب نیز در پلاریته DCRP می‌باشد درحالیکه درروش جوشکاری GTAW چون الکترود غیرمصرفی می‌باشد لذا پلاریته DCSP بیشترین نفوذ را دارد

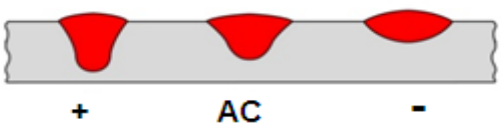


تاثیر پلاریته درجوشکاری زیرپودری

پلاریته درجوشکاری زیرپودری:همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است درDCRP، یون‌های مثبت(Positive Ion) به سطح قطعه برخورد نموده وباعث کنده شدن لایه اکسیدی می‌گردد لذا DCRP خاصیت Arc Cleaning دارد اساس قوس الکتریکی برپایه از دست دادن الکترون‌ها در گاز می‌باشد وقتی گازها الکترون از دست دهند به یون مثبت تبدیل شده و لذا این بارهای مثبت جذب بارهای منفی گردیده لذا در DCRPیون‌های مثبت به سمت قطعه کار حرکت نموده و. با ضربه زدن به قطعه سبب از بین رفتن لایه‌های اکسیدی برروی سطح می‌گردد



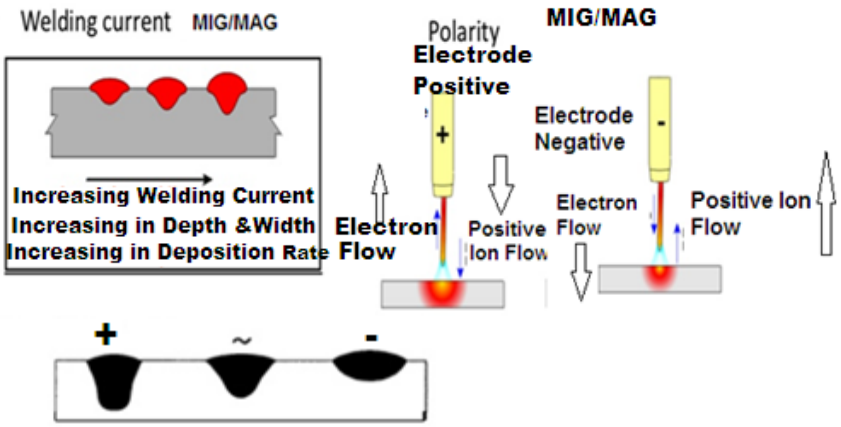
تاثیر پلاریته درجوشکاری زیرپودری



بنابراین در خصوص تاثیر پلاریته برنفوذ جوش، الف :پروسه هایی که جوشکاری با استفاده ازالکترود غیرمصرفی(مثال:GTAW) انجام میگیرد در این روش نفوذ جوش با پلاریته DCRP، کمتر ازDCSP می‌باشد چون در پلاریته (DCRP)، که 2/3 حرارت در الکترود توزیع می‌شود و چون الکترود ذوب نمی‌گردد بنابراین مقدار نفوذ کم می‌باشد ولیکن درپروسه هایی که الکترود مصرفی می‌باشدپلاریته DCRP بیشترین نفوذ را دارد چون2/3 حرارت ایجاد شده برروی الکترود صرف ذوب کردن الکترود می‌گردد ولذا نفوذ افزایش می‌یابدب: درروش‌های جوشکاری با استفاده ازالکترود مصرفی(...,SMAW,FCAW,SAW,GMAW)، درپلاریته مثبت(DCRP)، عمق نفوذ جوش بیشترین مقدار خود را در مقایسه با پلاریته DCSP و جریان AC دارد

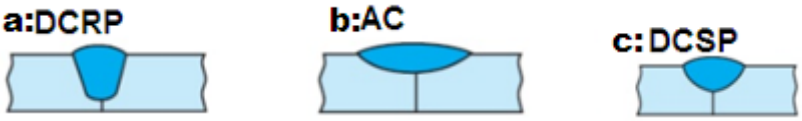
پلاریته برای جریان AC اصلا مفهوم ندارد چون جهت جریان درAC درهرلحظه چندین بار عوض می‌شود بعبارتی در یک لحظه الکترود قطب مثبت و قطعه کار منفی و در لحظه دیگر الکترود قطب منفی و قطعه کار قطب مثبت می‌باشد لذا بر حسب فرکانس در یک ثانیه ممکن است چندین بار جای قطب ها تغییر نماید)وپلاریته فقط برای جریان DC(جریان مستقیم) تعریف می‌گردد

در شکل زیر تاثیر پلاریته جوشکاری وشدت جریان برمقدار نفوذ جوش در جوشکاری MIG/MAG نشان داده شده است این روش‌های جوشکاری، الکترود مصرفی (Consumable Electrode) بوده ولذا درپلاریته DCRP، با تمرکز2/3 حرارت برروی الکترود، سبب افزایش دما وذوب الکترود وافزایش نفوذ جوش در مقایسه با DCSP,AC می‌گردد



تاثیر پلاریته درجوشکاریMIG/MAG

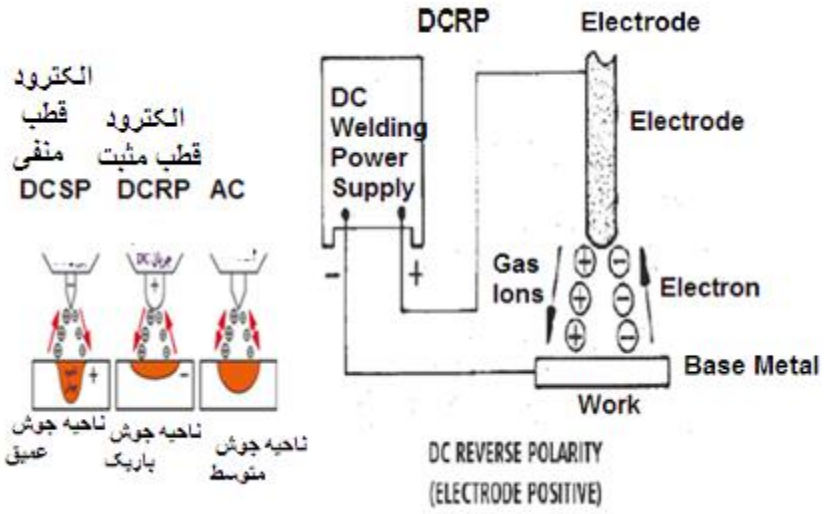
مثال:در شکل زیر(در شرایط یکسان) متریال با پروسه FCAW جوشکاری گردیده است نوع پلاریتی را تعیین نمایید: متریال شکل a بیشترین نفوذ را دارد وشکل bکمترین نفوذ را دارد با توجه به اینکه درجوشکاری FCAW الکترود مصرف شدنی می‌باشد بنابراین پلاریته DCRP بیشترین نفوذ و DCSP کمترین نفوذ،ومقدار نفوذ با استفاده از جریان AC مابین DCRP,DCSP می‌باشد لذا در پروسه های جوشکاری با الکترود مصرف شدنی هموار مقدار نفوذ DCRP(Penetration)>AC>DCSP می‌باشد و مقدار نفوذ در جوشکاری با پروسه های Non Consumable Electrode(مثال:GTAW) بصورت DCSP(Penetration)>AC>DCRP می‌باشد



:تاثیر پلاریته درجوشکاریMIG/MAG,SMAW,FCAWTA

در جوشکاری SMAW چون الکترود مصرف شدنی است لذا پلاریته معکوس(DCRP) دارای بیشترین نفوذ می‌باشد و پلاریته مستقیم دارای کمترین نفوذ می‌باشد

در شکل زیرنوع پلاریته و نحوه اتصال قطب‌ها به موتور جوش با پروسه GTAW نشان داده شده است



تاثیر پلاریته درجوشکاری GTAW

در DCSP در اینحالت الکترود تنگستنی به قطب منفی دستگاه جوش متصل می‌گردد و قطعه کار به قطب مثبت موتور جوش وصل می‌شود ودرDCRP برعکس می‌باشد

پلاریته برای جریان DC استفاده می‌شود برای جریان ACچون جهت جریان درهرلحظه چندین بار عوض می‌شود(بنابراین درلحظه بسیار کوتاهی الکترود تنگستنی قطب منفی است ودرلحظه بسیار کوتاهی قطعه کار قطب منفی است ودر مدت یک ثانیه برحسب مقدار فرکانس، دائما قطب مثبت و منفی تغییر می‌کند)

درپلاریته DCEN چون جهت حرکت الکترونها از قطب منفی(الکترود) به سمت قطب مثبت(قطعه کار) می‌باشد والکترونها با سرعت زیادی به قطعه کار برخورد نموده وبدلیل بمباران الکترونی، گرمای زیادی در قطعه کار بوجود می‌آید

DCRP گرمای بیشتر در الکترود متمرکز شده و سرعت ذوب الکترود زیاد است و بهمین دلیل راندمان افزایش می‌یابد(البته وقتی الکترود مصرف شدنی باشد)

وزش قوس (Arc Blow)

جوشکاری با جریان DC (جریان مستقیم)باعث ایجاد Arc Blow یا وزش قوس می‌گردد(وزش قوس در جوشکاری فلزات مغناطیسی همچون آهن و نیکل بوجود می‌آید) بعبارتی قوس الکتریکی به طرفی کشیده می‌شودکه دلیل این موضوع ایجاد حوزه مغناطیسی می‌باشد که در اثر عبور جریان الکتریکی از جسم هادی(الکترود) بوجود می‌آید که جهت میدان مغناطیسی عمود برالکترودشکل میگیرد (درشکل زیر در اثر عبور جریان از الکترود، میدان مغناطیسی بصورت دایره‌های عمود برجهت جریان در الکترود و قطعه بوجود می‌آید که این میدان مغناطیسی سبب انحراف قوس می‌گردد) بنابراین Arc Blow باعث ایجاد گرده نامنظم می‌گردد چون قوس به یک طرف منحرف می‌گردد پروسیتی افزایش می‌یابد(چون قوس منحرف شده و عمل حفاظت بخوبی انجام نمی‌گیرد) و همچنین باعث افزایش جرقه (Spatter)می‌گردد که با کاهش طول قوس، کاهش آمپر جوشکاری، انجام جوشکاری بطرف قسمتی که قبلا جوشکاری انجام شده است همچنین با قرار دادن قطعه کار در وسط حلقه ای که توسط کابل جوشکاری یا انبر جوشکاری درست شده است(کابل جوشکاری به دور قطعه کار پیچیده می‌شود) مقدار Arc Blow به حداقل می‌رسد وقتی کابل جوشکاری دور قطعه پیچیده گردد میدان مغناطیسی بصورت عمود برجریان بوده و باعث خنثی نمودن میدان مغناطیسی که از الکترود عبور نموده و وارد قطعه می‌گردد می‌شود(در اثر عبور جریان الکتریکی از الکترود،میدان مغناطیسی در الکترود و قطعه بوجود می‌آید حال اگر کابلی بدور قطعه پیچیده گردد در اثر عبور جریان الکتریکی از کابل،میدان مغناطیسی در قطعه بوجود می آید که میدان مغناطیسی بوجود آمده توسط کابل پیچیده شده دور قطعه،میدان مغناطیسی قبلی را خنثی می‌کند)

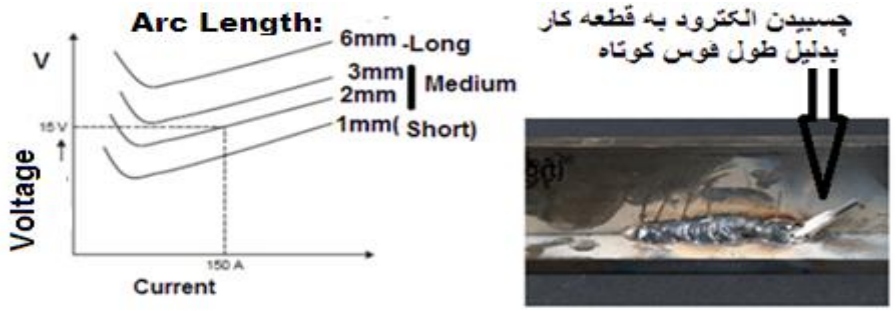
بنابراین Arc Blow مشکلی است که در اکثر روش‌های جوشکاری الکتریکی دیده می‌شود

Arc Length(طول قوس یا Arc Gap)

Arc Length یا طول قوس فاصله بین نوک الکترود با سطح جوش (Base Metal) می‌باشدوقتی طول قوس خیلی کوتاه شود سبب چسبیدن الکترود به قطعه کار می‌شود وقتی مقدار طول قوس خیلی کوتاه شود قطره مذاب در تماس الکترود و فلزپایه بوده و منجمد می‌گردد که این مورد عامل اصلی چسبیدن الکترود به قطعه کار می‌باشد بطور کلی وقتی طول قوس کاهش یابد پهنای ناحیه HAZ کاهش یافته، نفوذ موضعی تر و عمیق تر می‌گرددو اگر طول قوس خیلی زیاد شود ناحیه HAZ بزرگتر شده نفوذ کمتر شده و مقدار Spatter بیشتر می‌شود و دلیل افزایش مقدار جرقه، چون فاصله زیاد می‌باشد و فلز جوش ممکن است در نواحی خارج از جوش منتقل گردند بهمین دلیل جرقه زیاد می‌شود در این حالت پهنای جوش بیشتر می‌باشد یک نکته که درجوشکاری باید در نظر گرفته شود با

پیشرفت جوشکاری، الکترود کوتاه تر شده و لذا جوشکار باید همواره با کاهش طول الکترود، مقدار طول قوس را رعایت نماید بعبارتی همواره الکترود باید پایین تر آورده شود بنابراین با کاهش طول الکترود، مقدار طول قوس ومقدار شدت جریان نیز رعایت گردد هرچه طول الکترود کوتاه تر شود دانسیته جریان بیشتر شده و لذا جوشکار باید جریان را کاهش دهد

در شکل زیر طول قوس خیلی کوتاه بوده که سبب چسبیدن الکترود به قطعه می‌گردد همچنین بازای شدت جریان یکسان، با افزایش طول قوس، ولتاژ افزایش می‌یابد



چسبیدن الکترود به قطعه کار بدلیل کوچک بودن طول قوس

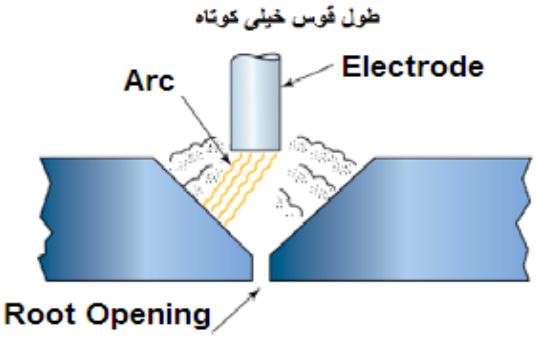
تاثیر حرارت ورودی و اندازه سایز جوش

فرمول زیر رابطه حرارت ورودی و سایز جوش را برای اتصالات فیلت نشان می دهد با افزایش حرارت ورودی،مقدار فیلر بیشتری در واحد زمان ذوب شده و سایز(Leg) جوش افزایش می یابد

$$\omega = \sqrt{\frac{H}{500}}$$

where,
ω = fillet weld leg size (in)
H = heat input (kJ/in)

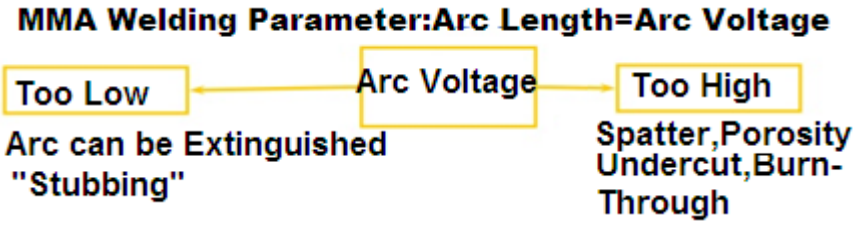
چنانچه طول قوس خیلی کوتاه شود، باعث انحراف قوس بسمت عضو نزدیکتر شده و جوشکاری بخوبی انجام نشده و نفوذی ایجاد نمی‌گردد



انحراف قوس در طول قوس(Arc Length) کوچک

در شکل زیر تاثیر ولتاژ قوس (طول قوس) در جوشکاری دستی نشان داده شده است

تاثیر ولتاژ درجوشکاری درجوشکاری دستی

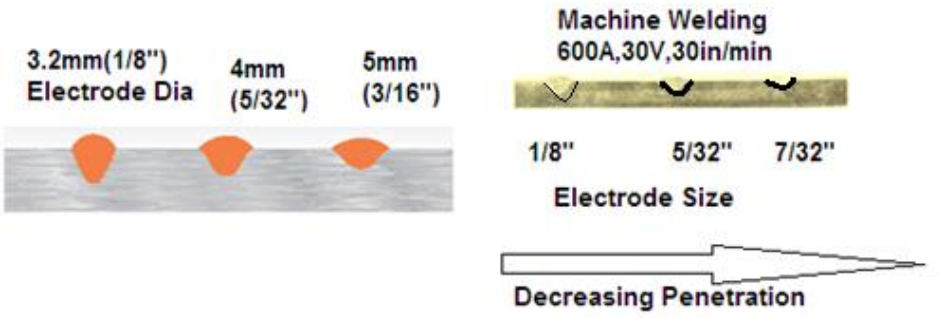


عامل عبور الکترون‌ها در یک هادی، فشار الکتریکی یا پتانسیل است به عبارت دیگراختلاف پتانسیل، فشاری است که موجب راندن الکترون‌ها در مدار می‌شود یا الکترون‌ها را از مقاومت الکتریکی عبور می‌دهد در جریان برق، اختلاف سطح الکترون باعث جاری شدن الکترون‌ها درسیم شده وهرچه این اختلاف سطح الکترون‌ها بیشتر باشد فشار الکتریکی بیشتر است

هرچه ولتاژ بین دو قطب جریان بیشتر باشد تخلیه الکتریکی (جهش الکترون ها)بین دوقطب از فاصله دورترانجام می‌شود هرچه طول قوس بزرگتر، ولتاژ افزایش می‌یابد چون فاصله زیادشده و اختلاف سطح الکترون‌ها افزایش یافته ولذا ولتاژ یا پتانسیل بیشتری برای عبور الکترون‌ها نیاز است

هرچه طول قوس افزایش یابد مقاومت برای عبور جریان بیشتر می‌شود لذا ولتاژ باید افزایش یابد تا تخلیه الکترون‌ها بین دوقطب از فاصله دورتر انجام پذیرد با افزایش قطر الکترود، سطح بیشتری برای عبور جریان وجود دارد ولذا ولتاژ کاهش می‌یابد هرچه قطر الکترود کاهش یابد جریان کمتری در مقایسه با الکترود با سایز بالاتر در واحد زمان عبور می‌کند که باعث اختلاف سطح جریان می‌گردد بعبارتی ولتاژافزایش می‌یابد البته با کاهش قطر الکترود، دانسیته جریان افرایش می‌یابد

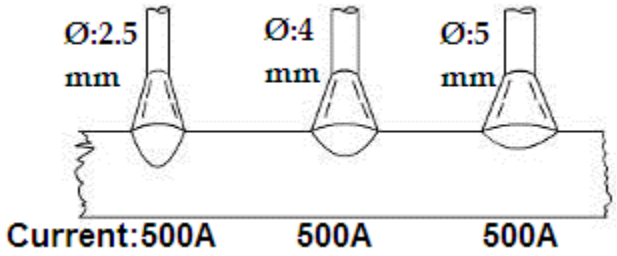
با افزایش قطر الکترود، معمولا پهنای Bead جوش افزایش می‌یابد درجریان ثابت، هرچه قطرالکترود افزایش یابد مقدار نفوذ جوش کاهش می‌یابد چرا:هرچه قطر الکترود افزایش یابد دانسیته جریان کاهش می‌یابد بعبارتی جریان در یک سطح بزرگتر توزیع می‌شود و اثرگذاری جریان کمتر می‌باشد وقتی الکترود با قطر کم استفاده شود دانسیته جریان بیشتر است بعبارتی جریان در سطح کوچکتری متمرکز داشته و باعث نفوذ بیشتر می‌گردد بنابراین با افزایش قطر الکترود، جریان نیز باید افزایش یابد تا نفوذ جوش بیشتر گردد بعنوان مثال، وقتی جوشکاری با یک الکترود با سایز Ø2.4 انجام می‌گردد چنانچه قطر الکترود Ø4.8 باشد ولیکن جریان، همان جریان الکترود Ø2.4 باشد در اینحالت حتی ممکن است الکترود با سایز بالاتر، ذوب نگردد و جوشکاری اصلا انجام نگردد ونفوذ جوش حاصل از الکترود با قطر Ø2.4 بیشتر است ولیکن به تناسب افزایش قطر الکترود،جریان جوشکاری نیز افزایش یابد درآنصورت الکترود با سایز بالاتر دارای نفوذ بیشتراست



تاثیر قطر الکترود برنفوذ جوش

در شرایط یکسان(جریان،سرعت جوشکاری،پلاریته و...)، استفاده از الکترودهای با سایز بالاتر، سبب ایجاد قطرات مذاب درشت تری می‌گردد که قطره مذاب بزرگتر، شانس نفوذ کمتری دارد همچنین با افزایش قطر الکترود، شدت تمرکز و فوکاس برروی ریشه اتصال کاهش یافته و لذا نفوذ جوش کاهش می‌یابد در جوشکاری زیرپودری،پلاریته مثبت(DCRP)، ولتاژبالاو Small Electrode Extension باعث افزایش پهنای Bead (مهره)جوش می‌گردند

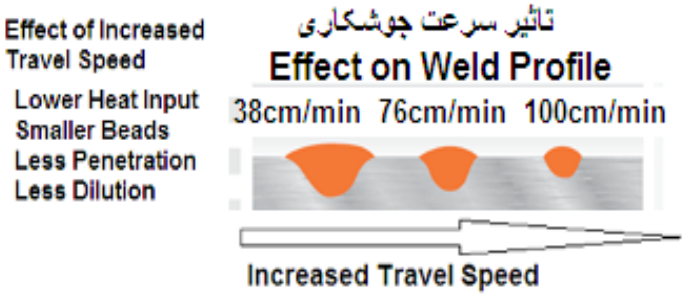
با افزایش ضخامت قطعه کار،قطرالکترود مورد نیاز افزایش می‌یابدبا افزایش قطر الکترود، جریان بیشتری برای جوشکاری نیاز می‌باشد در شکل زیر چون شدت جریان ثابت است با افزایش قطر الکترود، نفوذ جوش کاهش می‌یابد لذا الکترود با قطر Ø2.5 بیشترین نفوذ را دارد ولی اگر به تناسب افزایش قطر الکترود، شدت جریان نیز افزایش یابد الکترود با بزرگترین قطر بیشترین نفوذ را خواهد داشت



تاثیر قطر الکترود برنفوذ جوش درجریان ثابت

با افزایش قطرالکترود، جریان جوشکاری افزایش یابد، مقدار نفوذ جوش افزایش می‌یابد که درعمل نیز چنین است

در شرایط یکسان با افزایش سرعت جوشکاری، پهنای جوش و نفوذ جوش کاهش می‌یابد ومهره‌های جوش کوچک تر می‌گردند وبا افزایش سرعت جوشکاری، مقدار حرارت ورودی کاهش می‌یابد ناحیه HAZ کوچک تر می‌گردد



:تاثیر افزایش سرعت جوشکاری برعمق نفوذ جوش

درشرایط یکسان، با افزایش ولتاژ جوشکاری، پهنای جوش افزایش می‌یابد همچنین افزایش ولتاژ، سبب مسطح شدن جوش می‌گردد (ولتاژ فشاری الکتریکی بوده که باعث پخش شدن مذاب و مسطح شدن آن می‌گردد)ولتاژ خیلی زیاد سبب بریدگی کنار جوش، جرقه و پاشش زیاد و تخلخل می‌گردد

تاثیر افزایش ولتاژ برپهنای جوش