به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

موضوع پروژه:

استاندارد جوشکاری خطوط لوله و تأسیسات وابسته

API 1104

STANDARD FOR WELDING PIPE AND RELATED FACILITIES

همراه با ارائه POWER POINT های رادیو گرافی صنعتی(RT)

استاد راهنما:

جناب دکتر پورپاشا

تهیه کنند گان:

حجت عیش آبادی(شماره دانشجویی ۸۷۳۶۰۹۲۳۳۴۷)

جواد قره گوزلو(شماره دانشجویی ۸۷۳۶۰۹۲۳۳۱۱)

تابستان ۱۳۸۹

wwww.iran-mavad.com

مرجع علمی مهندسی مواد

تقدیر و تشکر

در پایان از کلیه زحمات و راهنمایی استاد عزیزمان جناب آقای دکتر پورپاشا که در پیشبرد و تهیه این پروژه ما را یاری نمودند کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

فهرست مندرجات

صفحه

آشنایی با استانداردها ۱

بخش ۱- کلیات

۱-۱- دامنه کاربرد این استاندارد ۱۵

۱-۲- تعریف اصطلاحات ۱۶

۱-۲-۱- کلیات ۱۶

۱-۲-۲- تعاریف ۱۶

۱-۳- تجهیزات ۱۸

۱-۴- مواد ۱۸

۱-۴-۱- لوله و اتصالات pipe and fittings ۱۸

۱-۴-۲- فلز پرکننده (FILLER METAL) ۱۸

۱-۴-۳- گازهای محافظ shielding Gases ۱۹

بخش ۲- خصوصیات دستورالعمل‌های جوشکاری

۲-۱- خصوصیات دستورالعمل ۲۰

۲-۲- ثبت گزارشات ۲۰

۲-۳- مشخصات دستورالعمل ۲۰

۲-۴- متغیرهای اساسی ۲۳

۲-۵- جوشکاری اتصالات آزمایش ۲۴

۲-۶ آزمایش اتصالات جوشکاری شده- جوش‌های لب به لب ۲۵

۲-۶-۱- تهیه نمونه‌های آزمایشی ۲۵

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۶-۲- مقاومت کششی ۲۵
۲-۶-۳- آزمایش شکست شکافی (فاق) ۲۷
۲-۶-۴- آزمایش خمش سطحی و ریشه‌ای ۳۱
۲-۶-۵- آزمایش خمش جانبی ۳۳
۲-۷- جوشکاری اتصالات آزمایشی- جوش‌های نواری (گوشه‌ای) ۳۴
۲-۸- آزمایش اتصالات جوشکاری شده- جوش‌های نواری (گوشه‌ای) ۳۴
۲-۸-۱- تهیه نمونه‌های آزمایشی ۳۴
۲-۸-۲- روش ۳۴
۲-۸-۳- مقررات ۳۴

بخش ۳- خصوصیات جوشکار

۳-۱- صلاحیت خاص ۳۶
۳-۱-۱- حوزه عمل صلاحیت خاص ۳۷
۳-۲- صلاحیت عمومی ۳۸
۳-۲-۱- حوزه عمل صلاحیت عمومی ۳۹
۳-۳- آزمایش چشمی ۳۹
۳-۴- تعیین صلاحیت جوشکار به کمک آزمایش‌های تخریبی (DESTRUCTIVE TEST) ۴۱
۳-۴-۱- نمونه‌برداری از جوش‌های آزمایشی- جوش‌های لب به لب ۴۱
۳-۴-۲- دستورالعمل آزمایش‌های کششی، شکست شکافی، خمش جوش‌ها (جوش‌های لب به لب) ۴۱
۳-۴-۳- مقررات آزمایش کشش- جوش‌های لب به لب ۴۱
۳-۴-۴- مقررات آزمایش شکست شکافی- جوش‌های لب به لب ۴۱
۳-۴-۵- مقررات آزمایش خمش- جوش‌های لب به لب ۴۲
۳-۴-۶- نمونه‌برداری از جوش‌های آزمایشی- جوش‌های نواری (گوشه‌ای) ۴۲
۳-۴-۷- روش آزمایش و مقررات- جوش‌های نواری (گوشه‌ای) ۴۲

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۵- تعیین صلاحیت جوشکاری به کمک پرتونگاری- فقط جوش‌های لب به لب ۴۳
۳-۵-۱- بازرسی جوش‌های آزمایشی به کمک پرتونگاری ۴۳
۳-۶- آزمایش مجدد ۴۳
۳-۷- کارنامه جوشکار با صلاحیت ۴۳

بخش ۴- طرح و آماده‌سازی یک اتصال جهت جوشکاری

۴-۱- کلیات ۴۴
۴-۲- همطرازی (ALIGNMENT) ۴۴
۴-۳- استفاده از گیره‌های همطرازی- جوش‌های لب به لب ۴۴
۴-۴- پخ زدن ۴۵
۴-۴-۱- پخ زدن با فرز (BEVEL) ۴۵
۴-۴-۲- پخ زدن در محل جوشکاری ۴۵
۴-۵- شرایط جوی ۴۵
۴-۶- فاصله با زمین (CLEARANCE) ۴۵
۴-۷- تمیزکاری بین لایه‌ها ۴۵
۴-۸- جوشکاری ساکن یا موضعی (POSITION WELDING) ۴۶
۴-۸-۱- دستورالعمل جوشکاری ۴۶
۴-۸-۲- فلز پرکننده و لایه‌های تکمیلی جوش ۴۶
۴-۹- جوشکاری گردان (ROLL WELDING) ۴۶
۴-۹-۱- همطرازی ۴۶
۴-۹-۲- فلز پرکننده و لایه‌های تکمیلی (FINISH BEADS) ۴۷
۴-۱۰- کیفیت جوش‌ها (IDENTIFICATION OF WELDS) ۴۷
۴-۱۱- عملیات حرارتی قبل و پس از جوشکاری (PREHEAT AND POSTHEAT) ۴۷

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بخش ۵- بازرسی و آزمایش جوشکاری

۵-۱- حقوق بازرسی ۴۷

۵-۲- روش‌های بازرسی ۴۷

۵-۳- خصوصیات بازرس جوشکاری ۴۸

بخش ۶- استانداردهای قبولی جوش‌ها- آزمایش‌های غیرتخریبی

۶-۱- مقدمه ۴۸

۶-۲- حقوق رد کردن جوش ۴۸

۶-۳- نفوذ ناقص و ذوب ناقص ۴۹

۶-۳-۱- نفوذ ناقص در ریشه جوش ۴۹

۶-۳-۲- نفوذ ناقص در اثر بالا- پایینی جوش ۴۹

۶-۳-۳- فرورفتگی داخلی (INTERNAT CONCAVITY) ۴۹

۶-۳-۴- ذوب ناقص ۵۰

۶-۳-۵- ذوب ناقص در اثر سرد بودن لایه‌ها (COLD LAP) ۵۰

۶-۴- سوختگی درون لوله‌ها (BURN THROUGH) ۵۰

۶-۴-۱- لوله‌های با قطر خارجی $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ و بزرگتر ۵۰

۶-۴-۲- لوله‌های با قطر خارجی کوچکتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ و بزرگتر ۵۱

۶-۵- سرباره‌های باقیمانده در جوش (SLAG INCLUSION) ۵۱

۶-۵-۱- سرباره‌های باقیمانده در جوش با طول زیاد (راه‌آهنی WAGON TRACKS) ۵۳

۶-۵-۲- سرباره‌های باقیمانده در جوش به صورت مجزا ۵۳

۶-۶- تخلخل یا حفره گازی ۵۴

۶-۶-۱- تخلخل کروی ۵۴

۶-۶-۲- تخلخل خوشه‌ای ۵۴

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۶-۶- تخلخل لوله یا سوراخ کرمی (WORMHOLE) ۵۴
۴-۶-۶- لایه تو خالی خط جوش (HOLLOW BEAD) ۵۵
۷-۶- ترک‌ها ۵۵
۸-۶- طول کل گسیختگی (انقطاع) ۵۵
۹-۶- شیار کنار جوش (UNDERCUTTING) ۵۶
۱۰-۶- نقایص لوله‌ها ۵۶

بخش ۷- ترمیم یا عیب‌زدایی

۱-۷- اجازه ترمیم معایب بجز ترک‌ها ۵۹
۲-۷- برداشتن جوش و تدارک ترمیم معایب ۵۹
۳-۷- آزمون تعمیرات ۵۹
۴-۷- اجازه و دستورالعمل ترمیم ترک‌ها ۵۹

بخش ۸- دستورالعمل پرتونگاری

۱-۸- مقدمه ۶۰
۲-۸- جزئیات دستورالعمل پرتونگاری ۶۱
۳-۸- هندسه نوردهی (EXPOSURE GEOMETRY) ۶۱
۴-۸- نفوذسنج‌ها (PENTE RAMETER) ۶۲
۱-۴-۸- انتخاب نفوذسنج ۶۲
۲-۴-۸- نصب نفوذسنج ۶۵
۵-۸- پرتونگاری جوش ۶۶
۶-۸- تشخیص فیلم‌ها ۶۶
۷-۸- خصوصیات پرتونگاران ۶۶
۱-۷-۸- دستورالعمل تعیین صلاحیت پرتونگاران ۶۶
۲-۷-۸- کارنامه پرتونگاران با صلاحیت ۶۶

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۸-۸- انبار کردن فیلم ۶۶
۸-۹- دانسیته فیلم ۶۷
۸-۱۰- ظهور فیلم ۶۷
۸-۱۱- تاریک‌خانه ۶۷
۸-۱۲- حفاظت در مقابل تشعشع ۶۷

بخش ۹- جوشکاری اتوماتیک

۹-۱- عملیات قابل قبول ۶۷
۹-۲- خصوصیات دستورالعمل ۶۸
۹-۳- ثبت گزارشات ۶۸
۹-۴- مشخصات دستورالعمل ۶۸
۹-۵- متغیرهای اساسی ۶۹
۹-۶- تجهیزات جوشکاری و خصوصیات اپراتور ۷۱
۹-۷- کارنامه اپراتور با صلاحیت ۷۱
۹-۸- بازرسی و آزمایش جوشکاری ۷۲
۹-۹- استاندارد قبولی جوش- آزمایش‌های غیرتخریبی ۷۲
۹-۱۰- تعمیر و عیب‌زدایی ۷۲
۹-۱۱- دستورالعمل پرتونگاری ۷۲
- فرم ضمیمه "A" ۷۳
- فرم ضمیمه "B" ۷۵
- فرم ضمیمه "C" ۷۸

بخش ۱۰- آشنایی با عملیات پرتو نگاری صنعتی ۷۹

- لغت‌نامه اصطلاحات جوشکاری ۸۶
- تصاویر مربوط به رادیو گرافی ۹۴

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استانداردهای بین‌المللی INTENATIONAL STANDARD

جائیکه پل و ساختمان یا مخازن تحت فشار و لوله‌های حامل گاز و مایعات و همچنین وسایط نقلیه که در روی جاده‌ها حرکت می‌کنند نیاز به جوشکاری دارند،لازم و ضروری است که بین سازندگان و پیمانکاران و خریداران یا سفارش‌دهندگان این نوع مواد ساخته شده و تولیدی توافقی که شامل روش جوشکاری و ضخامت فلز جوشکاری شده (BASE METAL) و الکترودها اعم از روپوشدار و بدون روپوش و پیش گرمایش (PREHEAT) تنش‌زدائی (POST. WELD. HEAT. TREATMENT) و سایر تغییراتی که در خواص مکانیکی فلزجوش تأثیرگذار است باشد، بعمل آید. این توافق نیز شامل آزمایش جوشکارانی که کار را با کیفیت خوب انجام می‌دهند، می‌باشد. توافق بین سازندگان و پیمانکاران و خریداران و کارفرما در قالب فرمها به صورت نظام‌نامه و مشخصات فنی (RULES & SPECIFICATION) انجام می‌شود. این توافقات مطابق استانداردهای معروف پذیرفته شده و عملیات آنها به اجرا گذاشته می‌شود. در مورد جوشکاری باید روش جوشکاری(WELDING PROCEDURE SPECIFICATION) به نام W.P.S (PRUCEDURE QUALIFICATION RECORD) P.Q.R که پشتیبان روش جوشکاری است نوشته شود. لازم به توضیح است که در P.Q.R قطعه فلز مورد جوشکاری را انتخاب کرده و آنرا جوشکاری می‌نمایند. پس از انجام جوشکاری که تمام اعمال از قبیل آمپر ولتاژ و نوع الکترود و ضخامت قید می‌شود، نمونه‌های کشش، ضربه ، متالوگرافی و شیمیایی را تهیه نموده و آزمایش کرده و نتایج آزمایش مورد تأیید در جدولی ثبت شده و پس از تأیید، جوشکاری مطابق روش تهیه شده انجام می‌گردد. تعریف کد (CODE) و مشخصات فنی (SPECIFICATION) که علامت اختصاری آن SPEC است و استاندارد و قانون بشرح زیر می‌باشد که پس از تعریف آنها استانداردهای بین‌المللی و سپس استانداردهای مورد قبول بین‌المللی بطور مفصل شرح داده می‌شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

کد- CODE:

در اصطلاح لغوی به نام نظام‌نامه بوده که این نظام‌نامه بوسیله ارگان‌های رسمی پذیرفته می‌شود که کد مشخص کننده شماره نقشه طراحی می‌باشد.

مشخصات فنی- SPECIFICATION:

مشخصات فنی که به آن بطور اختصار اسپک (SPEC) نیز گفته می‌شود تمام مشخصات تأسیس و ساخت پالایشگاه پتروشیمی از قبیل ساختمان بتونی و تجهیزات مورد نصب ، جوشکاری ، عملیات رادیوگرافی و بطور کلی N.D.T و رفع عیوب و جنس مواد فلزی بکار رفته در آن قید می‌شود که اینها نیز مطابق استاندارد مورد پذیرش می‌باشد. اسپک مورد تعریف بصورت کتاب تهیه و تنظیم می‌گردد.

استاندارد- STANDARD:

مواردی که در ساخت با اجازه رسمی و رضایت کامل سازمان‌ها معتبر که از طرف دولت نیز تأیید می‌گردد در نمونه یا طرح‌هایی پی‌ریزی می‌شود که در ساخت جهت تولید با کیفیت خوب مورد استفاده قرار می‌گیرد استاندارد نامیده می‌شود.

قانون- RULE:

روش پذیرفته شده رسمی منظم بر روی اصول و پایه صحیح می‌باشد. هدف از بیان مطالب فوق استفاده از استانداردهای پذیرفته شده رعایت اصول ایمنی و مصون ماندن انسان‌ها در مقابل تولیدات و فرآورده‌های جوشکاری می‌باشد و همچنین جلوگیری از ضرر و زیان‌های اقتصادی نیز است و در زیر استانداردهای کشورهای بنام بطور فهرست‌وار بیان شده و سپس به شرح استانداردهای بین‌المللی که مورد پذیرش تمام دنیا در مورد پتروشیمی می‌باشد پرداخته می‌شود. نظر به اینکه در پتروشیمی از تجهیزات مختلف فلزی مانند لوله ، مخازن تحت فشار و دیگ‌های بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد ، پس از بیان استانداردهای کشورهای مختلف به استاندارد مربوط به پالایشگاه‌ها و پتروشیمی بطور جداگانه بحث خواهد شد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استانداردهای کشورهای مختلف به شرح زیر است:

۱- **استانداردهای آمریکائی A.S.T.MوA.W.S و ANSI و A.S.M.E** و غیره که بطور مفصل بحث خواهد شد.

۲- استاندارد BSI که استاندارد انگلیسی بنام BRITISH STANDARD INSTITUTE می‌باشد ، که این استاندارد با شماره نشان داده می‌شود که استاندارد شماره BS5500 جهت مخازن تحت فشار (Pressure Vessel) و BS2654 در مورد مخازن با فشار اتمسفر یک که بنام STORAGE TANK نیز است ، جهت پالایشگاه‌ها و پتروشیمی استفاده می‌شود در مورد انتخاب جنس ، نحوه جوشکاری آنها و نحوه آزمون‌های فشار جهت تأیید اعمال ساخت بر روی این مخازن در استانداردهای مذکور قید گردیده است.

شماره استاندارد BS1719 جهت طبقه‌بندی الکترودهای روپوش‌دار بوده و مقدار حرارت مورد لازم در جوشکاری قوس الکتریکی در استاندارد شماره BS5135 می‌باشد. بطور کلی استاندارد انگلیسی جهت آزمایش مواد از قبیل آزمایشات شیمیایی و مکانیکی و همچنین اعمال رنگ در استاندارد B.S قید گردیده است و رادیوگرافی و عملیات مربوط به رادیوگرافی و آلتراسونیک و بطور کلی جهت N.D.T در این استاندارد نشان داده شده است که شماره استاندارد مربوط به رادیوگرافی BS2737 قطعات ریخته‌گری و شماره BS2597 مربوط به رادیوگرافی قطعات جوشکاری می‌باشد. در جوشکاری قطعات فولادی جهت رعایت اصول متالوژیکی یعنی ساختار میکروسکوپی و جلوگیری از شکستگی جوش مطابق BS5135 می‌باشد که فرمول کربن معادل از رابطه:

$$C.E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

که در فرمول فوق C.E کربن معادل (Carbon Eq Valent) و C یعنی کربن (Carbon) و Mn یعنی منگنز (Manganese) و Cr مقدار درصد کروم (Chromium) و Mo یعنی مولیبدن (Molibdenium)و V یعنی وانادیوم (Vanadium) و(Ni) نیکل ، (Cu)درصد مقدار مس (Copper) می‌باشند . یعنی در حقیقت ترکیب شیمیایی فولاد مورد جوشکاری از کربن ، منگنز ، کروم ، وانادیوم ، مولیبدن ، مس و نیکل می‌باشد.

لازم به ذکر است که جوشکاری در استاندارد BS از قوانین IIW تعبیت می‌نماید.

منظور از IIW یعنیINTERNATIONAL INSTITUTE WELDING است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳- استاندارد ISO:

این استاندارد، استاندارد بین‌المللی است. بیشتر در مورد رعایت اصول کیفیت تولید و همچنین مدیریت و مدارک‌نویسی می‌باشد. همچنین در مورد خصوصیات مواد نیز از این استاندارد استفاده می‌نمایند.

۴- استاندارد روسی:

این استاندارد بنام GOST که با علائم ΓOCT نشان داده می‌شود که Γ علامت دولتی و O علامت بخش و C علامت استاندارد و T علامت تکنیک یا فن می‌باشد. در این استاندارد طبقه‌بندی فولاد و نحوه آزمایش مواد و معیار پذیرش آنها و همچنین تلورانس سازه‌های فلزی قید گردیده است. امروزه جهت ساخت و تجهیزات پتروشیمی و پالایشگاه‌ها از کشور اوکراین و روسیه فولادهای مختلفی نظیر ورق و میلگرد وارد کشورمان می‌شود.

۵- DIN آلمان:

دین آلمان معروفترین استاندارد می‌باشد که در این استاندارد ساخت تجهیزات مانند مخازن تحت فشار ذخیره ، سازه‌های فلزی و آزمایشات مربوطه نظیر شیمیایی و N.D.Tو D.T و جوشکاری قید گردیده است. D علامت کشور آلمان DUTSCH و I به معنای INSTITVTE و N به معنای نرم NORM می‌باشد.

۶- E.N استاندارد اروپایی که به نام EUROPIAN NORM می‌باشد:

در این استاندارد نحوه جوشکاری ، تولید مواد، شماره‌بندی آنها و همچنین ساخت و تولید تلورانس‌ها ، قید گردیده است و معمولاً اروپا از این استاندارد استفاده می‌نماید.

۷- استاندارد فرانسوی بنام AFNOR.NF:

با شماره مشخص که در طرف چپ شماره عدد A نوشته شده و برای آزمایشات N.D.Tو D.T و مواد جوشکاری شماره‌های خاصی دارد.

استانداردهای بین‌المللی:

استانداردی که به عنوان بین‌المللی شناخته شده است و در مورد پتروشیمی و تأسیسات نفتی مورد پذیرش جهان قرار گرفته است، استانداردهای آمریکایی می‌باشد که این استانداردها بشرح زیر می‌باشد:

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استاندارد ASTM:

این استاندارد بنام انجمن آزمایشات مواد آمریکا بنامAMRICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS می‌باشد که در مورد طبقه‌بندی فولاد به صورت SA بیان گردیده است که پس از حروف A عددهای دو رقمی و سه رقمی گذاشته شده است مانند SA53 و SA106 که از هر دو به عنوان فولاد لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد در مورد فولاد ضدزنگ اوستنیتی بصورت SA312 و تیپ‌های 304 و یا 308 و 316 و غیره بیان می‌شود که در بعضی SA312 TP304L و A312 TP316L نشان داده می‌شود که منظور از L یعنی با کربن پایین‌تر از C ≤0.05و بعضی وقتها با C≤0.02 از L در این 308EL یعنی به کربن خیلی پایین EXTRALOW CARBON نشان می‌دهند.

شماره E142 از A.S.T.M جهت کنترل کیفیت مواد رادیوگرافی شده شماره E164 جهت آزمایشات آلتراسونیک و شماره E165 جهت آزمایشات مایعات نافذ یعنیLiqmid Penetrant Inspection test و E709 جهت آزمایشات ذرات مغناطیسی یعنی Magnetic particle testing می‌باشد. بطور خلاصه علائم اختصاری این آزمایشات R.T به معنای رادیوگرافی و M.T به معنای مغناطیسی و P.T علامت اختصاری آزمون با مایعات نافذ U.T علامت اختصاری آزمایش با دستگاه آلتراسونیک می‌باشد.

ASTM با شماره 03-01 جهت آزمایشات مکانیکی در درجه حرارت‌های بالا و پایین می‌باشد که این استاندارد شامل E10 آزمایش سختی مواد فلزی با سختی سنج برینل و E8 جهت آزمایش کشش مواد فلزی و E18 روش تست مواد فلزی با سختی‌سنج راکول (Roekwell) E25 جهت آزمایشات استحکام ضربه‌ای می‌باشد که بطور کلی شماره استاندارد ASTM جهت آزمایشات مکانیکی A370 بوده در این استاندارد نوع ماشین‌های کشش و خمش و ضربه و نوع سختی‌ها نوشته شده است. انتخاب اندازه نمونه‌های مکانیکی در مورد اجسام تخت، گرد و انحرافات مجاز قید گردیده است.

طول نمونه‌های کشش:

طول نمونه‌های تحت کشش در استاندارد ASTM 2" گرفته می‌شود و طول تحت کشش را با LO=2" و طول کلی نمونه را 8" با دقت 0.01 و برای طول تحت کشش که آن را LO=gauge length نیز می‌نامند برابر 0.005 اینچ است که ضخامت نمونه و شعاع قسمت گلوئی نمونه و اندازه قسمت نمونه در داخل گیره قرار می‌گیرد

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

باز در این استاندارد نوشته می‌شود. نمونه استاندارد را پس از آنکه تحت کشش قرار دارند محاسبات بر روی "2 انجام شده و از رابطه $EL\% = \frac{L1 - L0}{-L0} \times 100$ که L0 طول تحت کشش برابر "2 یا ۵۰ میلی‌متر و L1 طول ۵۰ میلی‌متر پس از پارگی است و سطح مقطع S0 قبل از پارگی S1 مقطع نمونه پس از پارگی است که درصد کاهش نسبی سطح روی فرمول: $\Psi = R.A\% = \frac{S0 - S1}{S0} \times 100$ حساب می‌گردد نیروهای وارد در نقطه تسلیم بر جسم مورد آزمایش از روی دستگاه قرائت شده و سپس نیرو بر سطح مقطع تقسیم شده و بصورت تنش تسلیمی و $V.T.S = \frac{F}{S0}$ که F در حالت دوم مقدار نیرو در ماکزیمم نقطه می‌باشد و در این حالت استحکام نهایی بر حسب Mpa یا نیوتن بر میلی‌متر مربع حساب می‌گردد. درصد کاهش نسبی برای فولادهای ساختمانی مانند تیرآهن ، میلگرد و آرماتور محاسبه نمی‌شود. در ضمن بایستی هنگام کشش نمودار تنش و کشش نیز جهت ثبت در پرونده رسم شده باشد. همچنین برای بدست آوردن مقادیر تنش در صورت اشتباه از این دیاگرام استفاده می‌نمایند. لازم به توضیح است که کالیبره شدن جهت درست نشان دادن مقادیر نیروهای اعمال شده در نقطه تسلیم و ماکزیمم نقطه نیز در این استانداردها توصیه شده است.

آزمایش خمش:

آزمایش خمش برای تولیدات و فرآورده‌های نوردی و همچنین جهت نمونه‌های جوشکاری بکار برده می‌شود. طول نمونه‌های خمش مطابق استاندارد ASTM و عرض آن نیز مطابق همان استاندارد می‌باشد و تعداد خمش طبق استاندارد مذکور دو نمونه بوده و نمونه‌های بصورت U شکل خمش شده و زاویه خم مطابق همین استاندارد برابر ۱۸۰ درجه است. در این آزمایش هدف تعیین انعطاف‌پذیری (Ductility) و همچنین جهت اطمینان از عدم وجود عیوبی مانند ترک ، تخلخل و سرباره می‌باشد.

آزمایش ضربه(Impact test):

در استاندارد ASTM روش آزمایشات ضربه‌ای و همچنین ابعاد نمونه‌های ضربه و تعداد نمونه مورد آزمایش و صافی سطح نمونه بیان شده است که در هر آزمایش سه نمونه ضربه‌ای با ابعاد $55^{mm} \times 10^{mm} \times 10^{mm}$ و زاویه فاق (Notch) برابر $45^{\circ} \neq 1^{\circ}$و ارتفاع شیار یا فاق ۲ میلی‌متر انتخاب می‌شود. در صورت کم بودن ضخامت نمونه

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

های ضربه‌ای نمونه‌های فرعی با ضخامت ۵ میلی‌متر انتخاب شده و ابعاد نمونه‌ها 55mm×10 mm×5mm میلی متر و ارتفاع شیار یا فاق برابر ۲ میلی‌متر و زاویه آن $^{\circ}$ ۴۵ می‌باشد. نتایج بدست آمده بر حسب ژول و بستگی به خواص و نوع فولاد دارد. این آزمایش جهت تعیین حالت تردی و عدم تردی مورد استفاده قرار می‌گیرد و Thoughness فولاد بدین طریق تعیین می‌گردد.

استاندارد API:

این استاندارد یعنی AMERICAN PETROLEUM INSTITUE انجمن نفتی آمریکا یا انستیتوی نفتی آمریکا است که در ساخت و تأسیس پالایشگاه‌های نفتی ، گاز و پتروشیمی و همچنین جهت انتقال خطوط لوله گاز و نفت مورد استفاده قرار می‌گیرد که این استانداردها بشرح زیر می‌باشد:

استاندارد API.5L

این استاندارد جهت ساخت خطوط انتقال نفتی بکار برده می‌شود که در این استاندارد نحوه تولید و ساخت لوله و عملیات مورد لزوم جهت بهبود و کیفیت لوله‌های تولید ، ضخامت بدنه لوله و طول آنها نوشته شده است. وزن لوله‌های تولیدی و انحرافات مجاز جهت وزن و ابعاد نیز در این استاندارد بیان گردیده است. بطور کلی آزمایشات کشش و خمش و سختی و آزمایشات هیدروتست جهت تأیید کیفیت آنها در این استاندارد وجود دارد. گرید لوله‌های فولادی API5L بر حسب تنش تسلیمی درجه‌بندی شده است که این گروه‌ها API5LGrB و API5LX42 و API5L46 و API5LX52 و API5LX56 و API5LX60 و API5LX65 و API5LX70 می‌باشد که پایین‌ترین گرید این لوله‌ها API5LA25 با استحکام نهایی 45000PSI و API5LA با استحکام نهایی 48000 می‌باشد.

X42 و X46 و غیره منظور استحکام تسلیمی لوله‌های فولاد برای این گروه یعنی 42000PSI و 46000PSI و 52000PSI و 56000PSI الی آخر می‌باشد که PSI نیز پوند بر اینچ مربع می‌باشد. لوله‌های با گرید API5LX56 و 65 و 70 جزو فولادهای کم آلیاژی بوده و الکترود مصرفی آنها جهت جوشکاری با استحکام‌های بالا طبق همین استانداردها می‌باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استاندارد API 1104:

این استاندارد در مورد جوشکاری ذوبی جهت جوشکاری لب به لب و گلوئی و جوش ساکت (پریزی) در پالایشگاه و تلمبه‌خانه‌ها و پتروشیمی مورد استفاده قرار گیرد. در استاندارد فوق‌الذکر نحوه آزمایش جوشکاران و همچنین عملیات رادیوگرافی و نمونه‌برداری جهت آزمایشات مکانیکی برای تعیین کیفیت جوش بیان گردیده است و لوله‌های مربوطه API5L با لوله‌های ASTM مطابقت کامل دارد. روش جوشکاری لوله‌ها و عملیات تنش‌زدایی نیز در این استاندارد قید گردیده است. تفسیر فیلم‌های رادیوگرافی و مقدار عیوب مانند سرباره و عدم نفوذ و تخلخل (Porosity) جهت پذیرش در این استاندارد شرح داده شده است.

استاندارد API 650:

این استاندارد جهت ذخیره مواد نفتی بوده و در این استاندارد نوع متریال مورد استفاده و روش جوشکاری و عملیات حرارتی (شامل پیش‌گرمائی و تنش‌زدائی) ، الکترود ، فلنج‌ها ، طرح‌اتصال جوش و آزمایشات بکار رفته در کنترل جوش و بازرسی در این استاندارد می‌باشد.605 API استاندارد فلنج‌هایی است که قطر اسمی (Nominal pipe size) لوله بیشتر از "24 باشد. نوع فولادهایی که جهت ساخت مخازن مذکور کاملاً بیان گردیده است.

استاندارد ANSI/ASMI:

این استاندارد در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی مورد استفاده فراوانی دارد و احداث کارخانجات مربوط به صنایع مذکور بوسیله استاندارد ASME طراحی ساخته می‌شود و این استاندارد به بخش‌های زیر تقسیم می‌گردد که در تمام ساخت علاوه بر استانداردهای قید شده در فصل‌های گذشته جزئ موارد استفاده است. این استاندارد در این صنایع به بخش‌های زیر تقسیم می‌گردد که در هر بخش کاربردشان بطور اختصار شرح داده می‌شود.

۱- استاندارد: ASME- sec ll partc جهت مشخصات الکترودهای مورد استفاده در صنایع مزبور می‌باشد.

۲- ASME – secll: جزو مواد و متریال بکار رفته در صنایع فوق‌الذکر است.

۳- ASME- secV: در مورد روش استفاده عملیات رادیوگرافی و کاربرد آنها در صنایع پتروشیمی می‌باشد.

۴- ASME- secVIII: جهت ساخت تجهیزات بخصوص مخازن تحت فشار می‌باشد.

۵- ASME-secLX: جهت جوشکاری و روش جوشکاری و مواد مورد استفاده در جوشکاری می‌باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

استاندارد ASME- secII -partc:

در این استاندارد الکترودهای مورد مصرف در ساخت مخازن تحت فشار (PRESSURE VESSELS) و بویلرها (Boiler) است. این استاندارد در مورد کلاسه‌بندی A.W.S بحث نموده است. مشخصات الکترودهای روپوش‌دار فولادهای کربنی در جوشکاری قوس الکتریکی SFA-5.1 است که این الکترودها E6010 و E6011 و E6013 و E6027 و الکترودهای روپوش‌دار E7010 و E7015 و E7016 و E7018 می‌باشد که این الکترودها در چهار حالت جوشکاری مورد استفاده می‌باشد. حالت‌های جوشکاری هم با علامت F.H.V.OH که معنای این حروف به ترتیب از چپ به راست تخت = FLAT و افقی = HORIZONTAL و عمودی = VERTICAL و سقفی و بالاسری = HEAD OVER می‌باشند. الکترودهایی که رقم سمت راست با 60 شروع می‌شود، الکترودهای سری E60 و الکترودهای E7016 و E7015 و E7018 را الکترودهای سری E70 می‌نامند که منظور از E70 و E60 یعنی استحکام نهائی آنها بترتیب 60000PSI یعنی پوند بر اینچ مربع و 70000PSI یعنی پوند بر اینچ مربع است.

پس در این استاندارد ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی الکترودها نیز ثبت شده و از روی آنها می‌توان الکترودهای مذکور جهت جوشکاری فولادهای هم خانواده آنها را انتخاب نمود. همچنین طول الکترودها و قطرشان نیز استاندارد می‌باشد و در این استانداردها قطر ، طول و تلورانس‌های مجاز نیز قید گردیده است. این الکترود طبق همین استاندارد برای جوشکاری گلوئی (Fillet) و جوشکاری(Butt weld)مورد استفاده قرار می‌گیرند. بوسیله عملیات رادیوگرافی می‌توان کیفیت جوش را که بوسیله الکترودهای بالا تولید شده‌اند را تعیین نمود. همچنین نگهداری الکترودهای قلیائی در کوره‌های اصلی و همچنین در کوره های کوچک در درجه حرارت ۱۰۰ تا ۱۲۵ باز از نظر عدم وجود رطوبت و درجه حرارت پخت کاملاً مشخص گردیده است. مجاز بودن پخت در این استاندارد قید گردیده است اما الکترودهای روتیلی و سلولزی طبق توصیه همین استاندارد نیاز به پخت ندارند. در مورد الکترودهای پر کننده (Filler wire) جهت جوشکاری در فرآیندهای TIG، MIG یعنی به عبارت دیگر TIG به معنای Gas tungsten Arc welding و علامت اختصاری G.T.A.W و MIG یعنی استفاده از گاز خنثی (Metal inert Gas)،گاز مورد استفاده آرگون می‌باشد و گاز فضای اطراف جوشکاری را از وجود هوا پاک می‌کند و به نام gas metal arc weldingمعروف است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

مشخصات الکترودها در این فرآیند از نظر خواص مکانیکی و ترکیب شیمیایی کاملاً مشخص است و این الکترودها با ER705-6 و ER805-6 و ER905-6 نشان می‌دهند منظور از 90,80,70 یعنی 90000, 80000, 70000 پوند بر اینچ مربع می‌باشد. این پرکننده‌ها جهت جوشکاری در فرآیند TIG با طول 1.2 متر و قطرهای 0.8, 1.2, 1.6, 2, 2.4 و 3.2 میلی‌متر و قطر سیم‌های پرکننده در روش MIG به همان صورت روش TIG ولی طول آن بصورت کلاف دور قرقره (Reel) و پیچیده شده است. حتی اتصال این سیم‌های پرکننده در این استاندارد به کدام قطب نیز قید گردیده است. فقط در روش TIG که الکترود آن غیر مصرفی و از فلز تنگستن (W) است به قطب منفی متصل می‌شود. در این فرآیند سرعت خروج گاز نیز حد معینی دارد.

الکترودهای استنلس استیل STAINLESS STEELS:

الکترودهای استنلس استیل نیز از نظر طبقه‌بندی یا کلاسه‌بندی AWS در این استاندارد نوشته شده است که الکترودهای روپوش‌دار بصورت سه رقم W308L-16 , W304-15 و غیره می‌باشند که اعداد پانزده به معنای الکترود روپوش‌دار با روپوش آهکی یا قلیایی و عدد ۱۶ نشان دهنده روپوش الکترود از نوع روتیلی می‌باشد و تمام مشخصات این الکترود نیز نوشته شده است.

استاندارد ASME-Sec8:

این استاندارد جهت ساختن Pressure Vessels یعنی مخازن تحت فشار می‌باشد که در این استاندارد تمام مراحل ساخت از قبیل جوشکاری ، مونتاژ ، عملیات حرارتی ، پیش گرمایش ، نوع الکترودها و ضخامت پلیت‌های مورد مصرف جهت ساخت در این استاندارد بیان می‌شود.

استاندارد ASEMB31.3:

این استاندارد جهت پالایشگاه‌های گاز و پتروشیمی بکار برده می‌شود. B31.3 کلمه ای است که به عنوان کد بکار می رود. B31 شماره کمیته ای است که در آن کمیته این استاندارد نوشته شده و عدد بیان کننده این است که از سه تا پنج سال فعالیت جهت تنظیم این استاندارد زمان بکار رفته است. این استاندارد جهت لوله‌های فشار بالا در پالایشگاه‌های گاز و پتروشیمی می‌باشد و مونتاژ لوله‌های پالایشگاهی موردنظر باید مطابق اصول صحیح

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

باشد و اجرا کننده باید مسئولیت کاملی در قبال اجراء آن ، طبق این استاندارد را داشته باشد. این استاندارد به فصل‌های و ضمائم بشرح زیر تقسیم می‌شود:

۱- فصل اول به نام CHAPTE-1 که در این فصل مراجعه به مشخصات مواد مورد قبول که شامل ابعاد مورد لزوم و فشار و میزان درجه حرارت که با رقم ۳۰۰ شروع می‌گردد.

۲- فصل دوم به نام CHAPTERII که در این فصل نیازهای طراحی و ضمائم آن ، مونتاژ لوله‌ها و ساپورت آنها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. این فصل با عدد ۳۰۱ شروع می‌شود.

۳- فصل سوم به نام CHAPTERIII که شروع این فصل با عدد ۳۲۳ می‌باشد. این فصل در مورد نیازها و اطلاعات مربوط جهت ارزیابی و بررسی و محدودیت‌های تنش عکس‌العمل‌ها ، تغییرات درجه حرارت و نیروهای دیگر بحث می‌نماید.

۴- فصل چهارم به نام CHAPTERIV که با عدد ۳۲۶ آغاز می‌شود راهنما و محدودیت‌ها در انتخاب و کاربرد مواد و متعلقات و متدهای اتصال می‌باشد.

۵- فصل پنجم به نام CHAPTERV در مورد ساخت ، نصب و مونتاژ لوله های مورد استفاده در پتروشیمی می‌باشد و این فصل با عدد ۳۲۷ شروع می‌گردد.

۶- فصل ششم به نام CHAPTERVI است که این فصل در مورد آزمایشات و بازرسی‌های مربوطه (N.D.T) و آزمایشات فشار هیدرواستاتیکی بحث می‌نماید و این فصل با شماره ۳۴۰ آغاز می‌شود.

کمیته شماره B31-3 از استاندارد ASME (AMRICAN SOCIETY MECHANCAL ENGEERING) سازمانی است که تحت نظر و روش‌های انجمن مهندسین آمریکا (ASME) عمل نموده و بوسیله انجمن استانداردهای آمریکا AMRICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE به رسمیت شناخته شده ، مورد تأیید و پشتیبانی می‌باشد. کمیته ، تمام تغییرات و توسعه در مورد ساخت و تجربیات را در کد منظور نموده و پس از ۳ تا ۵ سال با در نظر گرفتن تغییرات و اخذ تجربیات جدید تجدید چاپ می‌شود.

استاندارد ASEM-secLX:

این استاندارد یعنی ASEM-secLX در مورد دستورالعمل جوشکاری و اجرا کیفیت و نیازهای عمومی جوشکاری و اطلاعات مربوط به جوشکاری می‌باشد که در سال ۱۹۹۸ این استاندارد به عنوان مرجع جهت

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

سازندگان مخازن تحت فشار در پالایشگاه‌ها چاپ شده است و آخرین چاپ ، تعویض‌ها و افزودن‌هایی که به آن اضافه شده ، هنوز وارد صنایع ایران نشده است. این استاندارد با کد ASEM-secLX جهت بررسی جوشکاران و اپراتورها از نظر کیفیت کاری و قبولی آنها جهت جوشکاری و همچنین روش‌های مورد قبول بکار می‌رود. ASEM-secLX سند معتبری است که تفسیر کارهای مربوط به جوشکاری و ساخت مخازن تحت فشار بوسیله آن انجام می‌شود.

استفاده‌کنندگان این استاندارد باید مطلع باشند که ASEM-secLX به چند قسمت تقسیم شده است. این استاندارد دارای چهار بخش به نام Arctile یا فصل می‌باشد که این تقسیمات به شرح زیر می‌باشد:

الف) فصل ۱ به نام Arctile می‌باشد که این فصل در مورد جوشکاری بحث می‌نماید که QW-100 شروع می‌گردد که منظور از QW یعنی Qualification Welding می‌باشد که این بخش در شروع در مورد PQR یعنی PROCEDURE QUALIFICATION RECORD بوده که در حقیقت ثبت تمام نتایج جوشکاری که ساپورت یا پشتیبان روش‌های جوشکاری است ، می‌باشد . در واقع هدف تاییدجوش‌هایی است که بعدا" جهت ساخت قطعات مورد استفاده قرار می گیرد و نمونه از ابتدا با همان روش جوشکاری می گردد.. قبل از شروع جوشکاری روش جوشکاری به نام WPS (WELDING PREOCEDVRE Specification) تهیه می شود که جوشکاری مطابق این روش انجام می‌گردد. این روش‌ها بوسیله پیمانکاران نوشته شده ، سپس توسط بازرسین مورد تأیید قرار می‌گیرد. این فصل در مورد تست جوشکاران و حالت‌های جوشکاری پلیت (Plate) که همان 1G, 2G, 3G, 4G و برای لوله‌ها 1G, 2G, 5G, 6G بحث می‌نماید. در مورد جوشکاری گوشه ای حالت‌های جوشکاری 1F, 2F, 3F, 4F می‌باشد. برای قبولی جوشکاران از عملیات رادیوگرافی و یا خمش استفاده می‌نمایند.

برای PQR که تأیید کننده WPS است آزمایش مکانیکی ، رادیوگرافی ، آنالیز شیمیایی واچ کاری لازم است که باید مطابق این استاندارد در PQR قید شده باشد.

b- فصل دوم به نام ARTICLEII که کیفیت روش جوشکاری با QW-200 آغاز شده که باز روش‌نوشتن WPS و PQR بوده که نوع فرآیندهای بکار رفته در این WPS و PQR تعیین می گردد و همچنین در این استاندارد ، مسئولیت پیمانکارها و نوع آزمایشات استفاده در PQR و نوع جوش(Fillet or Butt Weld)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

، فلز مبنا و P-NO (Parent Metal Number) ، متغیرهای اصلی (ESSENTIAL VARIABLES) ، متغیرهای فرعی ، متمم و غیره بحث می‌نماید.

C- فصل سوم که به نام ARTICLEIII و با شماره QW-300 شروع شده است که در این فصل در مورد جوشکاران باجوش‌های Fillet و Butt و آزمایشات مجدد جوش‌ها و تست مجدد جوشکاران و در مورد جوشکاری فلزات (فولادهای سخت) به نام FACING METAL HARD و روکش ضدزنگ فولادها به نام CLADDING جهت جلوگیری در مقابل خوردگی بحث می‌نماید.

d- فصل چهارم که به نام ARTICLEV که با QW-400 شروع می‌گردد. این فصل در مورد متغیرهای اساسی به نام Essential Variable و متغیرهای غیراساسی non Essential Variable و Supplemental Essential و نحوه اتصال (Joints) و ضخامت لوله و بطور کلی اطلاع مربوط به جوشکاری بحث می‌نماید.

استاندارد ASME-SecV:

این استاندارد در مورد آزمایشات غیرمخرب در جوشکاری مخازن تحت فشار مورد استفاده در پتروشیمی و پالایشگاه‌های گاز و نفت می‌باشد و به نام NON DESTRUCTIVE EXAMINATION می‌باشد که این استاندارد نیز مثل بقیه استانداردها از سه تا پنج سال تغییر پیدا می‌نماید و فعلاً آخرین چاپ آن ۱۹۸۹ می‌باشد. در این استاندارد آزمایشات غیرمخرب به فصل‌هایی تقسیم شده است که این فصل‌ها به شرح زیر می‌باشد:

۱- فصل اول به نام ARTICLEI که با عدد ۱۰۰ شروع می‌شود که در مورد بازرسی و اختیارات بازرسی و روش‌های رادیوگرافی و کیفیت افرادی که با رادیوگرافی کار می‌کنند بحث می‌نماید.

۲- فصل دوم به نام ARTICLE2 در مورد آزمایشات رادیوگرافی بوده که با عدد ۲۱۰ آغاز می‌شود که در این فصل احتیاجات، نیازهای عمومی ، فیلم رادیوگرافی و دانسیته فیلم رادیوگرافی ، پخش اشعه، تصویر و مقدار ضخامتی که برای رادیوگرافی با ایریدیوم و کبالت رادیوگرافی می‌کنند، بحث می‌نماید. همچنین در این فصل کیفیت تصویر رادیوگرافی و سایه و نیم‌سایه و انتخاب طرح شاخص تصویر و نحوه رادیوگرافی لوله های جوشکاری و فاصله چشمه رادیوگرافی از فیلم مورد بحث قرار می‌گیرد و فصل سوم نیز در مورد رادیوگرافی است.

۳- فصل چهارم به نام ARTICLEIV جهت و نحوه کالیبره کرده دستگاه آلتراسونیک مورد کاربرد در مخازن تحت فشار می‌باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۴- فصل پنجم ARTICLEV در مورد آزمایشات آلتراسونیک روی جوشکاری‌های مخازن تحت فشار می‌باشد.

فصل ششم در مورد تست مایعات نافذ و به نام ARTICLEVI میباشد.

فصل هفتم که ARTICLEVII نام دارد جهت آزمایشات ذرات مغناطیسی بر روی مخازن تحت فشار بعد از جوشکاری و بعد از عملیات حرارتی می‌باشد.

این استاندارد به وسیله کمیته هماهنگی متشکل از نمایندگان انستیتو نفت آمریکا (API) ، جامعه گاز آمریکا (AGA) ، جامعه مقاطعه‌کاران خطوط لوله ، انجمن جوشکاران آمریکا (AWS)، انجمن آزمایش‌های غیرتخریبی و نمایندگان سازندگان لوله و سایر مراجع ذیربط تهیه شده است. هدف از تهیه این استاندارد ارائه روش‌های جوشکاری با کیفیت عالی با استفاده از جوشکاری‌های با صلاحیت که با شیوه‌ها، مواد و تجهیزات و وسایل تأیید شده کار می‌کنند، می‌باشد. بعلاوه از دیگر اهداف این استاندارد ارائه روش‌های پرتونگاری مرغوب با استفاده از تکنسین‌های با صلاحیت و تجهیزات تأیید شده به منظور تجزیه و تحلیل صحیح از کیفیت جوش‌ها می‌باشد.

این استاندارد برای جوشکاری با گاز و جوشکاری با قوس الکتریکی لوله‌هایی که در کمپرس، پمپاژ و انتقال نفت خام و فرآورده‌های آن و نیز سوخت‌های گازی شکل و لوله‌هایی که در سیستم‌های توزیع این قبیل مواد بکار می‌رود در نظر گرفته شده است.

این استاندارد نتیجه زحمات عده زیادی از مهندسین می‌باشد که طرح اجراء و بهره‌برداری از خطوط لوله نفت و گاز را عهده دارند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بخش۱ کلیات

۱-۱- دامنه کاربرد این استاندارد:

این استاندارد در مورد جوشکاری با گاز و قوس الکتریکی به طریقه لب به لب یا شکافی- نواری و گلویی جهت لوله های کمپرس- پمپاژ و انتقال نفت خام و سایر مشتقات آن و سوخت‌های گازی شکل استفاده می‌گردد.

جوشکاری امکان دارد که با یکی از روش‌های جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود فلزی محافظت شده، جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری، جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود تنگستن و گاز محافظ، جوشکاری قوسی- فلزی با گاز محافظ و یا جوشکاری اکسی استیلن بطور دستی، نیمه اتوماتیک و اتوماتیک و یا ترکیبی از این تکنیک‌ها صورت پذیرند. در عین حال ممکن است جوش‌ها به طریقه جوشکاری ساکن و جوشکاری گردان و یا ترکیبی از این دو انجام گیرد.

این استاندارد همچنین شامل موازین تعیین شده قبولی جوش‌ها در تست تخریبی و بازرسی به طریقه پرتونگاری می‌باشد. در ضمن دستورالعمل بازرسی با پرتونگاری نیز ارائه شده است.

سایر موارد طرح شده نیز در این استاندارد موردنظر قرار گرفته است. در صورت تمایل افراد، کمیته هماهنگی تدوین این استاندارد، مواردی علاوه بر موارد فوق را برای متقاضیان تهیه و ارسال خواهد گرد.

بعنوان حداقل طرح مسئله موارد زیر از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

۱- پروسس جوشکاری

۲- طرح و پیشنهاد روی متغیرهای اساسی

۳- مشخصات دستورالعمل جوشکاری

۴- روش‌های بازرسی جوشکاری

۵- انواع جوشکاری‌های منفصل

۶- دستورالعمل تعمیرات

هدف از تنظیم این استاندارد این است که کلیه کارها و عملیات حداقل با موازین مشروحه در این استاندارد مطابقت داشته باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۱- تعریف اصطلاحات:

۲-۱-۱- کلیات

اصطلاحات جوشکاری بکار گرفته شده در این استاندارد، بر طبق تعاریف داده شده در جزوه (اصطلاحات جوشکاری استاندارد شده و تعاریف آنها) تهیه شده است. اضافات و اصطلاحات (AWS) در بخش ۲۲-۱ این استاندارد آمده است.

۲-۲-۱- تعاریف:

۱-۲-۲-۱- کمپانی:

منظور از اصطلاح فوق کمپانی مالک یا مؤسسه مهندسی عهده‌دار اجرای طرح می‌باشدو کمپانی می‌تواند از طریق بازرسین و سایر نمایندگان معرفی شده و مجاز عمل نماید.

۲-۲-۲-۱- پیمانکار:

منظور از اصطلاح پیمانکار در این استاندارد پیمانکار اصلی و هر پیمانکار فرعی (پیمانکار دست دوم و سوم و...) می‌باشد که در انجام اجرای پروژه‌ای بر طبق این استاندارد شرکت می‌نماید.

۳-۲-۲-۱- جوش:

منظور از اصطلاح جوش بکار گرفته شده در این استاندارد، جوش کامل دو قطعه از لوله، لوله و اتصال، و یا دو اتصال به یکدیگر می‌باشند.

۴-۲-۲-۱-دستورالعمل جوشکاری مورد تأیید:

منظور از اصطلاح فوق روش تفضیلی و مشروح مورد اطمینانی است که از آن طریق جوش‌های صحیح با خواص مکانیکی مناسب ایجاد می‌گردد.

۵-۲-۲-۱-جوشکار:

منظور از اصطلاح فوق فردی است که جوشکاری می‌کند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۶-۲-۲-۱- جوشکار واجد شرایط:

منظور از اصطلاح بالا جوشکار ماهری است که بتواند طبق موازین مندرج در بخش ۳ این استاندارد، جوشکاری کند.

۷-۲-۲-۱-لایه ریشه‌ای:

منظور از اصطلاح فوق اولین پاس جوش است که دو قطعه مورد جوشکاری را به هم متصل می‌کند (گاهی مواقع لایه قیطانی هم گفته می‌شود)

۸-۲-۲-۱- جوشکاری ساکن یا موضعی:

منظور اصطلاح فوق جوشکارهایی است که در آن لوله با کار ثابت نگهداشته می‌شود.

۹-۲-۲-۱- جوشکاری گردان:

منظور از اصطلاح فوق جوشکارهایی است که لوله یا قطعه کار در حالیکه فلز جوشکاری در محور بالای لوله و یا نزدیک به آن ته نشست می‌کند چرخانده شود.

۳-۲-۱- "باید" و "می‌توان":

توضیح کلمات فوق از این‌رو طرح شده است که دقیقاً مفهوم آن روشن شود در این استاندارد "باید" به معنی الزامی بودن مسئله مورد بحث است و اصطلاح "می‌توان" جنبه پیشنهادی دارد.

۱-۳-۲-۱- جوشکاری اتوماتیک:

منظور از اصطلاح فوق جوشکاری با دستگاهی است که تمام عملیات جوشکاری بدون کنترل و تنظیم دائمی جوشکار انجام می‌گیرد و ربطی به مهارت جوشکار دارد. بخش ۹ این استاندارد اختصاص به این نوع از جوشکاری دارد.

۲-۳-۲-۱-جوشکاری نیمه اتوماتیک:

منظور از اصطلاح فوق جوش و قوس الکتریکی با دستگاهی است که فقط میزان تغذیه فلز الکترود را کنترل می‌نماید. در این روش حرکت جوش دستی انجام می‌پذیرد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۳-۲-۱- فرورفتگی داخلی:

منظور از اصطلاح فوق لایه‌ای از جوش است که در دو طرف جدار دهانه‌های پخ شده لوله را ذوب و کاملاً در آن نفوذ کرده باشد بطوریکه گرده جوش در جداره داخلی لوله، بلندی ایجاد کرده باشد. فاصله عمودی بین گودترین نقطه فرورفتگی و سطح جداره لوله را اندازه فرورفتگی می‌نامند.

۳-۱- تجهیزات:

دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری اعم از جوشکاری با گاز یا قوس الکتریکی باید از لحاظ ابعاد و نوع برای جوشکاری قطعه موردنظر مناسب بوده و باید وضعی داشته باشد که علاوه بر استاندارد و قبولی جوش‌ها، تداوم عملیات و ایمنی کارگران تأمین گردد. تجهیزات جوشکاری با قوس الکتریکی باید آمپر و ولتاژی در حد دستورالعمل جوشکاری تأیید شده داشته باشد.

در دستگاه‌های جوشکاری با گاز مشخصات شعله‌و اندازه سرمشعل باید مطابق با دستورالعمل مربوطه باشد. در ضمن بطور کلی هر دستگاهی که مطابق با شرایط لازم کار نمی‌کند باید تعمیر و یا تعویض گردد.

۴-۱- مواد:

۱-۴-۱- لوله و اتصالات

این استاندارد در مورد جوشکاری لوله‌ها و اتصالات مطابق مشخصات زیر بکار می‌رود:

الف- مشخصات API برای خطوط لوله (API SPEC.5L)

ب- مشخصات API برای خطوط لوله فشار قوی (API SPEC. 5LX)

ج- مشخصات API برای لوله‌های با جوش‌مارپیچی (API SPEC. 5LS)

د- استانداردهای عملی ASTM

ەموادی با خواص شیمیایی و مکانیکی مطابق با مشخصات داده شده در بندهای الف، ب، ج، د، اگرچه دقیقاً در استانداردهای فوق ذکر نشده باشد.

۲-۴-۱-فلز پرکننده:

۱-۲-۴- ۱- کلیه فلزات پرکننده (الکترودها) باید مطابق با یکی از مشخصات داده شده زیر باشند.

الف- مشخصات الکترودهای به جنس فولاد نرم، روپوش‌دار برای جوش قوسی. (AWS-A5.1)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ب- مشخصات الکترودهای به جنس فولاد آلیاژی پایین (درصد آلیاژی پایین) روپوش‌دار (AWS-A5.5)

ج- مشخصات مفتول‌های آهنی و فولادی جوشکاری با گاز (AWS-A5.2)

د- مشخصات الکترودهای لخت فولادی نرم و روانسازها جهت جوشکاری قوسی زیر پودری (AWS-A5.17)

ه- مشخصات الکترودهایی که از فولاد نرم ساخته شده و برای جوشکاری قوسی فلزی با گاز محافظ بکار می‌رود. (AWS-A5.18)

و- مشخصات الکترودهایی که از فولاد نرم ساخته شده و برای جوشکاری قوس الکتریکی با روانساز مغزی بکار می‌رود. (AWS-A5.20)

ز- برای مواردی که دقیقاً مشخصات فوق را دارا نیستند دستورالعمل ویژه‌ای در صورت امکان باید تهیه گردد (بطوری‌که موارد استفاده آن قبلاً تعیین و تأیید شده باشند).

۲-۲-۴-۱- ذخیره‌سازی و حمل فلزات پرکننده و روانسازها:

حمل مواد فوق باید بطریقی باشد که به مواد و بسته‌های محتوی آن هیچگونه آسیبی نرسد. در مواردی که از بسته های روباز برای حمل و نقل استفاده می‌گردد لازم است در مقابل فساد محافظت شده و در ضمن در مورد الکترودهای روپوش‌دار بایستی در مقابل تغییرات زیاد رطوبت زیاد رطوبت محافظت گردند. مصرف الکترودها و روانسازهای فاسد شده به هیچ وجه مجاز نیست.

۳-۴-۱- گازهای محافظ:

۱-۳-۴-۱- انواع:

گازهای محافظ چندین نوع را شامل می‌شوند که عبارتند از گازهای بی‌اثر، گازهای فعال و یا ترکیبی از دو نوع گاز فوق، درج خلوص و خشکی این گازها تأثیر بسیار زیادی روی نحوه جوشکاری داشته و باید برای جوشکاری و الکترودهای مشخص مناسب و مطلوب باشند تأیید گازهای محافظ به کار رفته جهت هر جوشکاری ضروری است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۳-۴-۱- ذخیره‌سازی و حمل:

گازهای محافظ باید در همان ظروف تحویلی نگهداری شده و نباید در معرض درجه حرارت زیاد قرار گیرند. از مخلوط کردن این گازها در ظروفشان موکداً خوداری گردد. در صورتیکه درجه خلوص گازها نامعلوم و ظرف محتوی گاز صدمه دیده باشد مصرف گاز ممنوع است.

بخش ۲- خصوصیات دستورالعمل جوشکاری

۲-۱- خصوصیات دستورالعمل:

قبل از شروع جوشکاری باید مشروح مشخصات دستورالعمل طبق موازین تعیین و تثبیت شده جهت بدست آوردن کیفیت مناسب خواص مکانیکی جوشکاری تهیه گردد. کیفیت جوش‌ها باید به کمک آزمایش‌های تخریبی بررسی گردد. این دستورالعمل باید جزء به جزء بطور کامل اجرا گردد ، بجز مواردی که کمپانی مربوطه تغییرات مشخصی را تجویز کند (رجوع شود به قسمت ۴-۲)

۲-۲- ثبت گزارشات:

جزئیات اجرای هر دستورالعمل تأیید شده باید ثبت گردد. این گزارشات باید شامل مقایسه کلیه نتایج بدست آمده با آزمایش‌های کیفی باشد، برای این کار لازم است از فرم‌های A و B که در ضمیمه استاندارد آمده است استفاده شود ، تا زمانیکه هر دستورالعملی در حال اجراء است باید فرم‌های مربوط به آن نیز نگاهداری گردد.

۲-۳- مشخصات دستورالعمل:

هر دستورالعمل باید شامل موارد زیر باشد:

الف- پروسس (عملیات)

مشخصات پروسس یا ترکیب پروسس‌های انتخاب شده بطوری که نوع جوشکاری اعم از دستی، نیمه اتوماتیک، اتوماتیک یا هر ترکیبی از آنها مشخص گردد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ب- جنس لوله و اتصالات:

جنس موادی که طبق دستورالعمل تهیه شده قبال استفاده هستند باید تعیین گردد لوله‌ها و موادی که بر اساس استانداردهای (API SPEC. 5LX , API SPEC. 5LS, API SPEC. 5L) مطابق با مشخصات ASTM را می‌توان طبقه‌بندی نمود (به قسمت ۴-۲- ب مراجعه شود).

مشروط بر اینکه روی ماده‌ای که بالاترین مقدار مشخص شده برای نقطه تسلیم مینیمم در یک گروه دارد، آزمایش کنترل مرغوبیت صورت پذیرد.

ج- طبقه‌بندی بر حسب قطر- طبقه‌بندی بر حسب ضخامت جداره لوله:

حدود قطرها و ضخامت‌های لوله‌ها و اتصالات مورد جوشکاری باید تعیین گردد.

مثال‌های پیشنهادی جهت طبقه‌بندی مذکور در قسمت‌های ۱۱-۳- "د" و "ه"داده شده است.

د- طرح اتصال:

با رسم شکل ساده از زوایه یخ، اندازه سطح شکاف، میزان باز بودن دهانه شکاف باید نشان داده شود شکل و اندازه جوش گوشه‌ای نیز باید مشخص گردد. همچنین در صورت لزوم نوع پشت‌بند اتصال باید تعیین شود.

ه- فلز پرکننده و تعداد لایه‌های جوش:

تعیین اندازه و شماره طبقه‌بندی فلز پرکننده، حداقل تعداد لایه‌ها و ترتیب آنها

و- خواص الکتریکی:

تعیین جریان و قطعیت، حدود ولتاژ و آمپراژ برای هر الکترود، مفتول یا سیم

ز- خصوصیات شعله:

تعیین خواص شعله از نظر خنثی بودن، کربن دهنده، اکسید دهنده و همین‌طور اندازه اوریفیس (منفذ مجرای سوخت) مشعل جهت اجرای انواع مفتول‌ها و سیم‌های جوشکاری.

ح- وضعیت جوشکاری:

جوشکاری گردان و ساکن (موضعی)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ط- جهت جوشکاری:

نشان دادن سر بالا بودن یا سر پایین بودن جوشکاری.

ی- مدت زمان لازم برای پاس‌های متوالی جوشکاری:

تعیین ماکزیمم زمان بین تکمیل لایه ریشه‌ای (اولین پاس جوشکاری) و شروع پاس دوم جوشکاری، همچنین تعیین ماکزیمم زمان بین تکمیل لایه دوم تا آغاز پاس بعدی و... .

ک- نوع گیره همطرازی (در صورت لزوم):

تعیین اینکه آیا احتیاجی به استفاده از گیره همطرازی Clamps هست یا خیر، در صورت احتیاج نوع آن اعم از داخلی یا خارجی باید مشخص گردد.

ل- برداشتن گیره همطرازی (Clamps):

نشان دادن مینیمم درصد لایه ریشه‌ای جوش جهت برداشتن گیره همطرازی.

م- تمیز کاری:

تعیین کردن ابزار تمیز کاری اعم از دستی و برقی.

ن- عملیات حرارتی قبل و پس از جوشکاری:

مشخص کردن شیوه، درجه حرارت، شیوه کنترل درجه حرارت، حدود درجه حرارت محیط، به قسمت ۱۱-۴ مراجعه شود.

س- گازهای محافظ و دبی جریان:

تعیین ترکیب گاز ومحدوده دبی جریان.

ع- روانسازی‌های محافظ:

تعیین نوع روانسازی‌های محافظ.

ف- سرعت پیشروی:

نشان دادن حدود سرعت بر حسب اینچ در دقیقه یا میلی‌متر در دقیقه برای هر پاس جوش.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۴-۲- متغیرهای اساسی:

تغییرات مشروحه زیر به عنوان متغیرهای اساسی بنیاد و پایه دستورالعمل را شامل می‌گردند. هر تغییری مطابق فهرست زیر در دستورالعمل صورت‌پذیرد ، لازم است که دستورالعمل مزبور مطابق تمامی شرایط توضیح داده شده در قسمت‌های قبلی تهیه و به تأیید برسد. بقیه تغییرات در دستورالعمل نیازی به تأیید مجدد ندارد ولی باید دستورالعمل جدید برای آن تهیه گردد بطوری که تغییرات داده شده در آن مشهود باشد.

الف- تغییر در عملیات جوشکاری (پروسس جوشکاری)- رجوع شود به قسمت ۳-۲ بند الف.

ب- تغییر جنس لوله- که بر اساس این استاندارد کلیه فولادهای کربن‌دار به شرح زیر طبقه‌بندی می‌گردند:

۱- فولادی با مینیمم نقطه تسلیم به میزان - ۴۲۰۰۰ بر اینچ مربع و کمتر

۲- فولادهای با مینیمم نقطه تسلیم بین - ۴۲۰۰۰ تا - ۶۵۰۰۰ بر اینچ مربع.

۳- فولادهای مینیمم نقطه تسلیم بیش از - ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع

هر یک از گروه‌های فوق باید جداگانه مورد آزمایش قرار گیرد.

توضیح:

طبقه‌بندی فوق بدین‌معناست که هیچگونه تفکیکی بین فلزات لوله‌ها در یک گروه وجود ندارد. در جایگزینی یک فلز بجای فلز هم گروهش علاوه بر آزمایش کنترل کیفیت باید همخوانی و سازش‌پذیری بیس فلز مبناء و الکترود دقیقاً در نظر گرفته شود. سازش‌پذیری دو فلز از نقطه‌نظر خصوصیات متالوژی، خواص مکانیکی و عملیات حرارتی مورد نیاز قبل و بعد از جوشکاری باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

ج- تعبیر طرح اتصال:

تغییرات کلی نظیر V شکل به U شکل و غیره. تغییرات جزئی در زاویه پخ و سطح جوشکاری جزو متغیرهای اساسی محسوب نمی‌شوند.

د- تغییر در وضعیت جوشکاری:

تغییر از جوشکاری ساکن به گردان و بالعکس.

ه-تغییر در ضخامت جداره:

تغییرات ضخامت جداره از یک گروه به گروه‌های دیگر.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

و- تغییر فلز پرکننده:

تغییرات شامل:

۱- تغییر گروه فلز پرکننده (جدول ۱)

۲- برای جنس لوله‌های توضیح داده شده در قسمت‌های ب (۱ و ۲) تغییر در یک گروه مجاز است. همخوانی فلز مبناء و فلز الکترود از نظر خواص مکانیکی باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

۳- برای جنس لوله‌های توضیح داده شده در قسمت ب- ۳ هیچگونه تغییری در طبقه‌بندی AWS برای الکترودها جایز نیست. تغییر در این طبقه‌بندی منوط به بررسی و تأیید مجدد است.

ز- تغییر در مدت زمان متوالی پاس‌ها:

تغییر در مدت زمان بین تکمیل لایه ریشه‌ای (پاس اول) و شروع دوم بطوریکه بیش از حد ماکزیمم مندرج در دستورالعمل باشد.

ح- تغییر در جهت جوشکاری:

تغییر جهت جوشکاری از سر پایین به سر بالا و بالعکس.

ط- تغییر نوع گاز محافظ:

تغییر از یک گاز به گاز دیگر و از یک مخلوط گاز به مخلوط‌های متفاوت دیگر.

ی- تغییر اساسی در دبی جریان گاز محافظ:

افزایش یا کاهش دبی جریان گاز محافظ نسبت به میزان مندرج در دستورالعمل

ک- تغییر در روانساز محافظ:

رجوع شود به جدول (۱) توضیح مربوط به گروه ۴.

ل- تغییر در سرعت پیشروی:

تغییر سرعت پیشروی جوش به حدودی بالاتر یا پایین‌تر از میزان مندرج در دستورالعمل.

۵-۲- جوشکاری اتصالات آزمایشی:

سرهای دو قطعه لوله باید طبق جزئیات تشریح شده در دستورالعمل متصل گردند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۶-۲- آزمایش جوش اتصالات- جوش‌های لب به لب

۱-۶-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

نقاط برش قطعات آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. حداقل تعداد نمونه‌ها و آزمایش‌هایی که باید روی آنها انجام پذیرد در جدول شماره ۲ نشان داده شده است نمونه‌های آزمایشی باید مطابق شکل‌های ۲ و ۳ و ۴ و ۵ تهیه گردند.

برای لوله‌های با قطر زیر $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر) باید دو جوش آزمایشی انجام گیرد تا تعداد نمونه‌های آزمایشی مورد لزوم بدست آید. قطعات آزمایشی باید بقدری خنک شوند تا به درجه حرارت محیط برسد. برای لوله‌های به قطر زیر $۱\frac{۵}{۱۶}$ اینچ (۳۳/۴ میلی‌متر) می‌توان یک نمونه کامل از قطعه جوش شده را جایگزین چهار نمونه آزمایشی شامل دو قطعه برای آزمایش شکست شکافی و دو قطعه برای آزمایش خمش ریشه نمود. نمونه موردنظر باید طبق مقررات تعیین شده در قسمت‌های ۲-۲-۶-۲ و ۳-۲-۶-۲ صورت پذیرد.

۲-۶-۲- مقاومت کششی:

۱-۲-۶-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

نمونه‌های آزمایش کشش باید تقریباً به طول ۹ اینچ و عرض ۱ اینچ باشد (شکل ۲). این قطعات را می‌توان به وسیله ماشین یا برش اکسیژن برید. تنها در صورتیکه لبه‌های قطعات دندانه‌دار و کج و معوج و اضلاع غیرموازی باشند لازم است که به وسیله‌ماشین‌کاری لبه‌ها را صاف و اضلاع را موازی ساخت.

۲-۲-۶-۲- روش آزمایش:

شکست و آزمایش نمونه‌های تهیه شده باید به وسیله دستگاهی که قادر به اندازه‌گیری میزان بار وارده باشد صورت پذیرد. برای محاسبه مقاومت کششی باید ماکزیمم بار وارده برای شکست قطعه به حداقل سطح مقطع نمونه که قبل از اعمال بار اندازه‌گیری شده باشد تقسیم نمود.

۳-۲-۶-۲- مقررات آزمایش:

مقاومت کششی جوش ناحیه ذوب هر دو قطعه جوشکاری شده به یکدیگر باید مساوی یا بزرگتر از مینیمم مقاومت کششی تعیین شده برای فلز لوله باشد. (ولی لزومی ندارد که مساوی یا بزرگتر از مقدار واقعی مقاومت کشش فلز

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

لوله باشد) در صورتیکه قطعه‌ای در محلی خارج از ناحیه ذوب شده جوش شکسته شود و مینیمم مقاومت کششی تعیین شده را دارا باشد، در این صورت جوش مزبور مطابق مقررات بوده و از نظر مقاومت کششی باید به آن قبولی داد. اگر نمونه آزمایشی در محل جوش یا ناحیه ذوب شکسته شود و مقاومت اندازه‌گیری شده بزرگتر یا مساوی مقاومت کششی مینیمم فلز قطعه بوده ، شرایط استحکامی لازم را دارا می‌باشد (همان‌طور که در آزمایش شکست شکافی قسمت ۳-۳-۶-۲ تعیین شده است) در این صورت به جوش مزبور باید طبق مقررات قبولی داد.

در صورتیکه مقاومت اندازه‌گیری شده شکست کمتر از مقاومت کشش مینیمم باشد قطعه جوشکاری شده باید کنار گذاشته شده و تست جوش جدیدی انجام پذیرد.

جدول ۱- گروه‌های فلزات پرکننده

گروه	مشخصات AWS	الکترود	روانساز
1	A5.1	E6010,E6011	
	A5.5	E7010,E7011	
2	A5.5	E8010,E8011	
3	A5.1	E7015,E7016,E7018	
	A5.5	E8015,E8016,E8018	
4	A5.17	EL8	F-60
		EL8K	F-61
		EL12	F-62
		EM5K	F-70
		EM12	F-71
		EM12K	F-72
		EMI3K	
		EMI5K	
5	A5.18	E70S2	
6	A5.18	E70S6	
7	A5.18	E70S-18	
8	A5.2	RG60	
	A5.2	RG65	

توضیحات:

۱- از سایر الکترودها، فلزات پرکننده و روانسازها نیز می‌توان استفاده کرد ، اما دستورالعمل‌های جداگانه‌ای برای آنها وجود دارد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲- هر ترکیبی از روانسازها و الکترودهای ذکر شده در گروه ۴ می‌توانند صحت یک دستورالعمل را نشان دهند. این ترکیب را می‌توان با شماره گروه‌بندی کامل AWS مشخص کرد. مثلاً F62-EMI2K یا F71-EL12 تنها می‌توان از گروهی که دارای شماره گروه‌بندی مشابه AWS باشد بجای دیگری استفاده کرد و در این مورد هیچ بررسی مجددی لازم نیست.

۳- از گروه‌های ۵، ۶، ۷ گاز محافظ با الکترود استفاده می‌شود (به قسمت ط- ۴-۲ رجوع شود).

۳-۶-۲- آزمایش شکست شکافی (فاق)

۱-۳-۶-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

نمونه‌های آزمایش باید تقریباً به طول ۹ اینچ و عرض ۱ اینچ باشد (شکل ۳) این قطعات را می‌توان به وسیله ماشین یا برش اکسیژن برسد. روی لبه‌های دو طرف جوش باید به کمک اره آهن بر شکاف داده شود به طوری که گودی هر طرف شکاف حدود $\frac{۱}{۸}$ اینچ باشد.

نمونه‌های آزمایشی آزمایش فوق که به روش‌های نیمه اتوماتیک یا اتوماتیک جوشکاری شده‌اند ممکن است در جریان آزمایش در محلی خارج از محل جوش شکسته شوند. در صورتیکه سابقه آزمایشات قبلی دال بر چنین موضوعی باشد می‌توان روی گرده جوش نیز شکاف ایجاد نمود. عمل این شکاف در سطح جوش می‌تواند حداکثر $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ باشد.

در صورت تجویز کمپانی مجری، قطعه آزمایشی را قبل از انجام فوق می‌توان ظاهرسازی کریستال نمود.

۲-۳-۶-۲- روش:

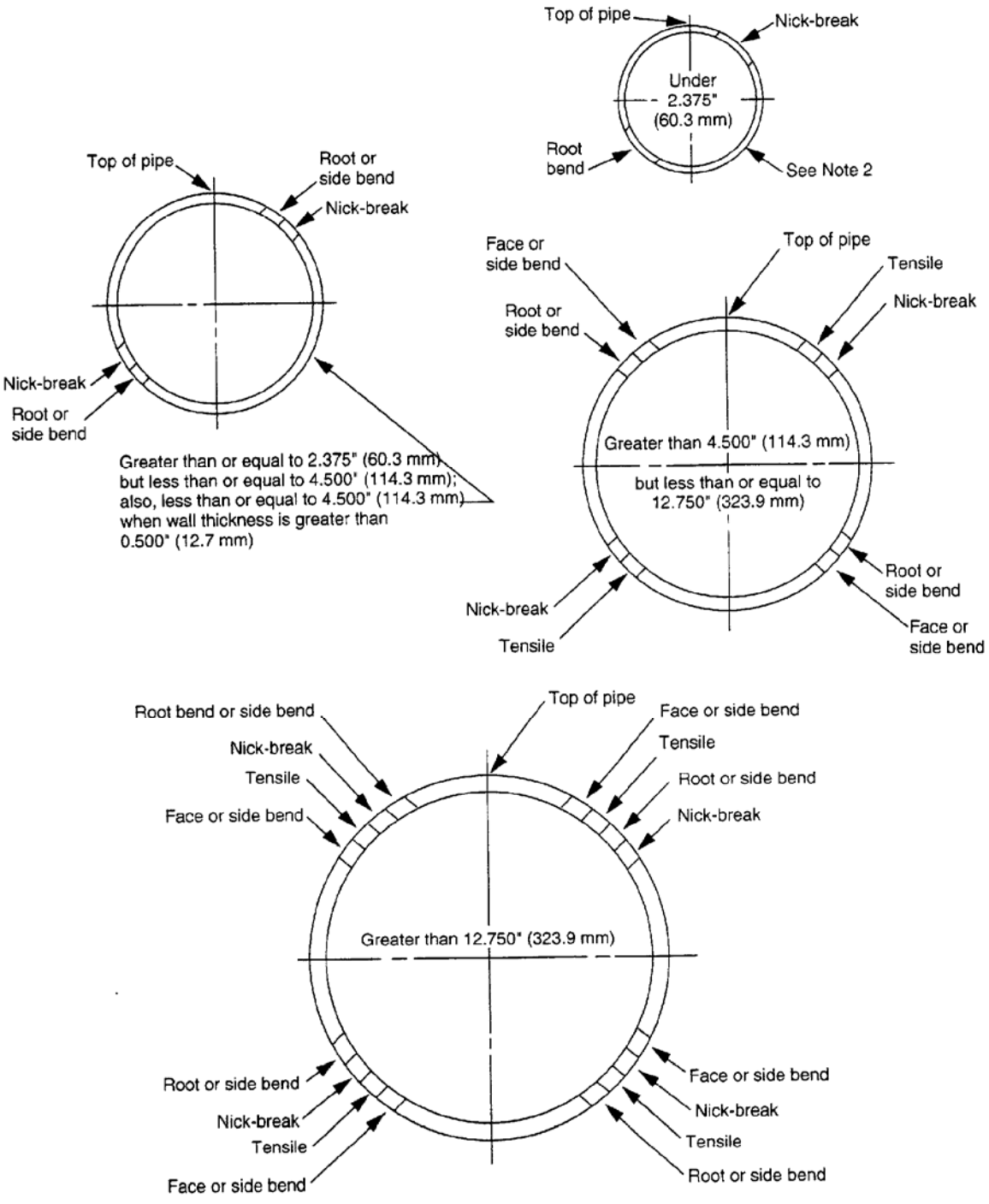
قطعه مورد آزمایش با ثابت نگهداشتن دو سر قطعه و ضربه به وسط قطعه و یا ثابت نگه داشتن یک قطعه و ضربه سر دیگر آن که به وسیله ماشین کششی محکم شده باشد ، نباید شکسته شود. مقطعی که در معرض شکستگی قرار می‌گیرد باید حداقل $\frac{۳}{۴}$ اینچ پهنا داشته باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۳-۶-۲- مقررات:

علائم نفوذ و ذوب در مقطع هر یک از نمونه‌های شکسته شده باید کاملاً مشهود باشد. بزرگترین حفره گازی نباید قطری بیش از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ داشته باشد و سطح کل حفره‌های گازی نباید بیش از ۲ درصد سطح کل باشد. عمق تداخل سرباره به داخل جوش نباید بیش از $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ باشد. در ضمن طول آن نباید از $\frac{۱}{۸}$ اینچ یا نصف ضخامت اسمی جداره بیشتر باشد. و باید حداقل $\frac{۱}{۲}$ اینچ جوش خوب و بی‌عیب بین دو محل تداخل سرباره وجود داشته باشد. ابعاد فوق‌الذکر باید طبق شکل "C" که در ضمیمه استاندارد آمده است اندازه‌گیری گردد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



شکل (۱)- محل‌های نمونه‌برداری آزمایش- جوش‌های لب به لب- دستورالعمل تأیید آزمایش جوش

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

شکل (۲)-نمونه آزمایش کشش

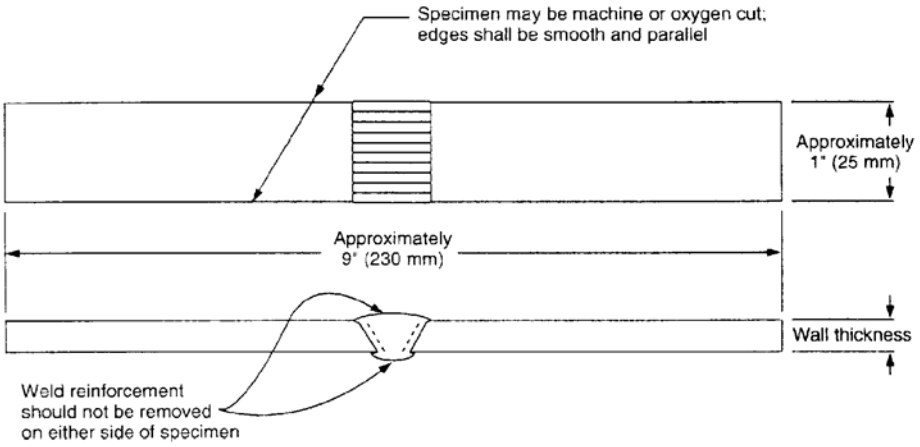
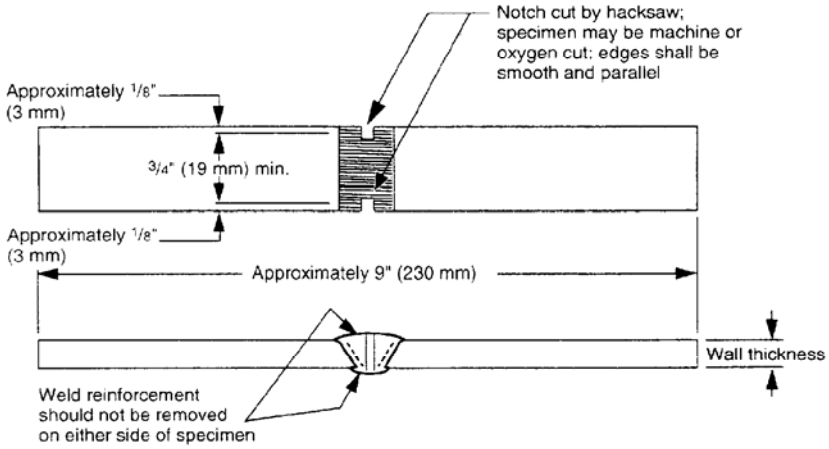


Figure 4—Tensile-Strength Test Specimen



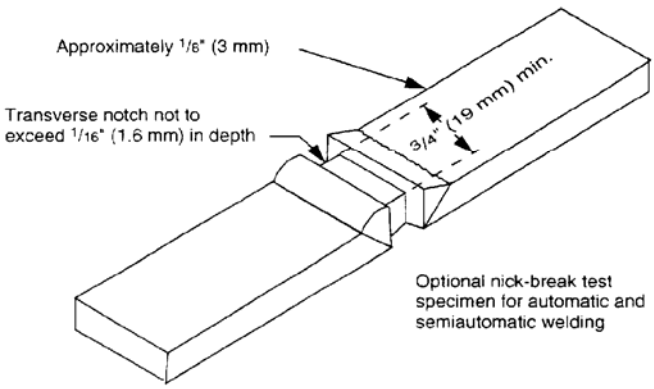


Figure 5—Nick-Break Test Specimen

شکل (۳)-قطعه آزمایش شکست شکافی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۴-۶-۲- آزمایش خمش ریشه‌ای و سطحی

۱-۴-۶-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

قطعات مورد آزمایش (مطابق شکل ۴) باید حداقل ۹ اینچ طول و ۱ اینچ عرض داشته و لبه‌های طولی باید گرد شود. برش این قطعات می‌تواند به وسیله برش اکسیژن یا ماشین برش انجام گیرد. گرده جوش تمامی لایه‌ها اعم از ریشه‌ای و سطحی باید به شکلی برداشته شود که سطح جوش همسطح قطعه یا لوله گردد. سطوح مزبور باید صاف و بدون خراشهای جزئی و عمود بر خط جوش باشد.

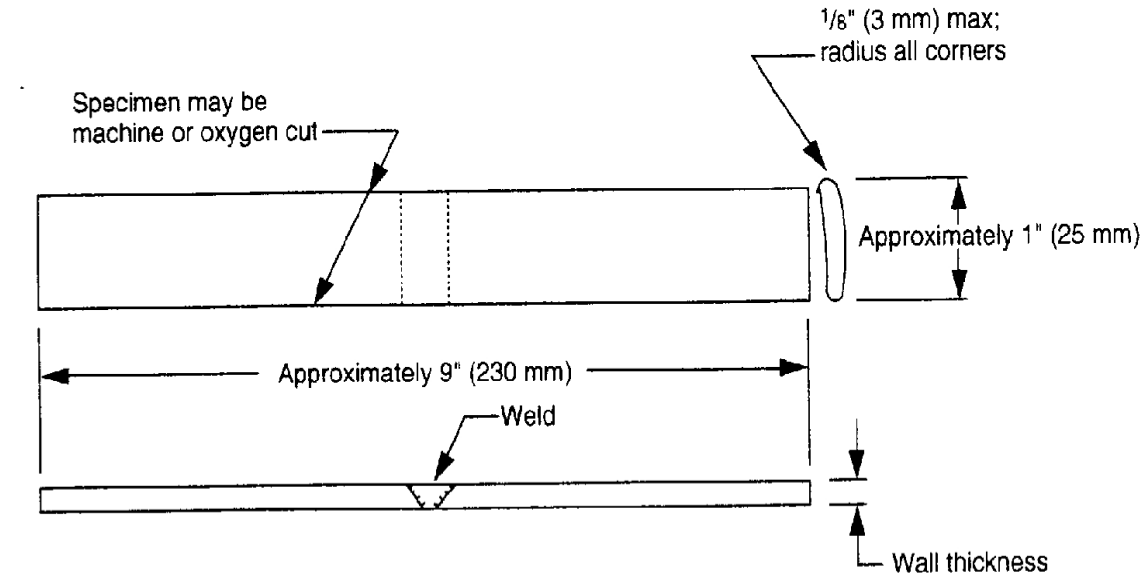
۲-۴-۶-۲- روش:

قطعات باید زیر دستگاه خمش نظیرشکل ۵ خم گردد. هر قطعه باید طوری روی دهانه گیره قرار گیرد که محل جوشکاری شده در وسط باشد. قطعات آزمایشی در آزمایش خمش سطحی باید بشکلی در گیره قرار گیرند که لایه سطحی روبه شکاف باشد و قطعات آزمایشی در آزمایش خمش ریشه‌ای باید به شکلی در گیره قرار گیرند که لایه ریشه‌ای روبه شکاف باشد و پلانجر باید تا حدی در داخل شکاف‌گیره فشرده شود که قطعه نمونه آزمایش به شکل U در بیاید.

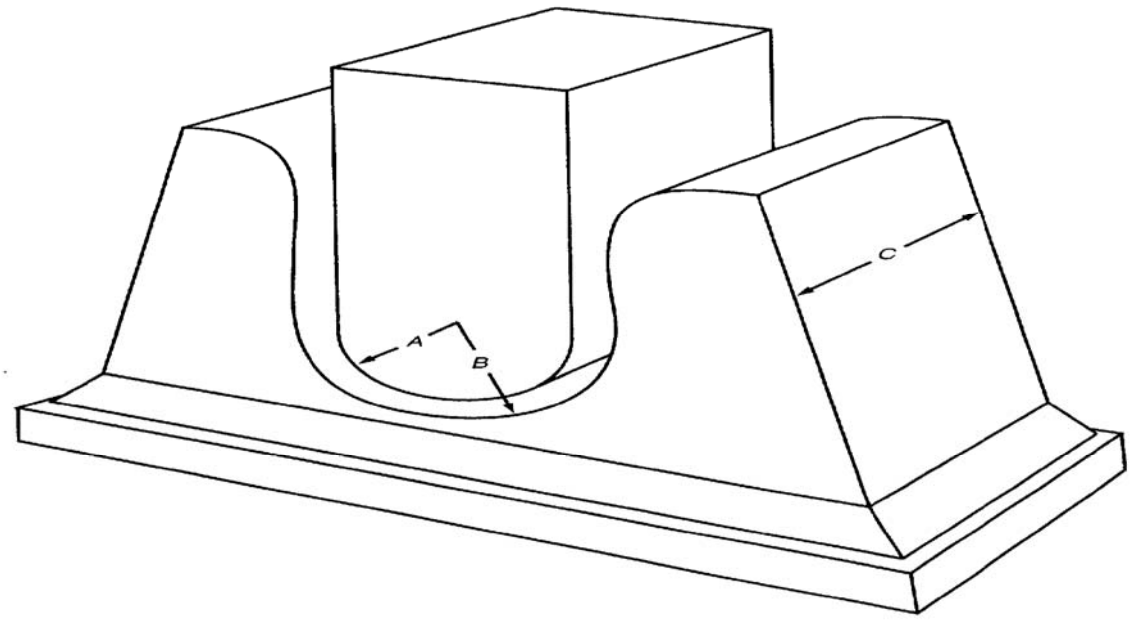
۳-۴-۶-۲- مقررات:

هرگاه قطعه‌ای پس از آزمایش خمش هیچگونه ترک یا عیب دیگری که بیش ۱/۸ اینچ یا نصف ضخامت اسمی جدا شده در جوش یا بین جوش و نواحی ذوب در کلیه جهات اندازه‌گیری نداشته باشد ، مورد قبولی قرار می‌گیرد. در این مورد ترک‌های ایجاد شده در کنار قطعه کوچکتر از $\frac{۱}{۴}$ اینچ (در کلیه جهات اندازه‌گیری) در صورت مشهود نبودن معایب قابل اغماض هستند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



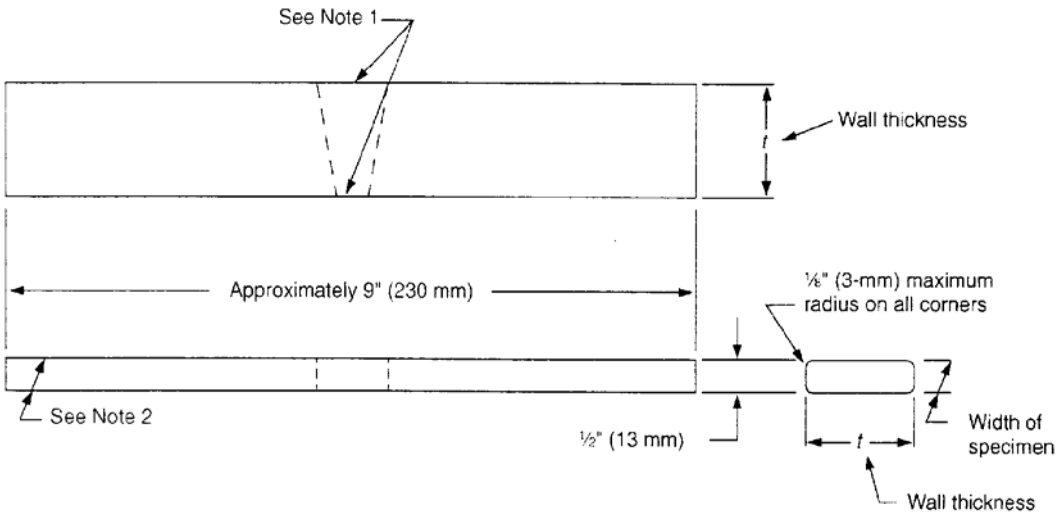
شکل (۴) نمونه آزمایش خمش ریشه ای و سطحی ،برای ضخامت جداره ۱/۲ اینچ(۱۲/۷ میلیمتر) و کمتر



Note: This figure is not drawn to scale. Radius of plunger, $A = 1^3/_4$ in. (45 mm); radius of die, $B = 2^5/_{16}$ in. (60 mm); width of die, $C = 2$ in. (50 mm).

شکل (۵)- گیره آزمایش خمش

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



شکل (۶) نمونه آزمایش خمش جانبی ،برای ضخامت جداره بیشتر از ۱/۲ اینچ(۱۲/۷ میلیمتر)

۵-۶-۲- آزمایش خمش جانبی:

۱-۵-۶-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

قطعات لازم جهت انجام آزمایش (مطابق شکل ۶). باید حداقل دارای۹ اینچ طول و $\frac{۱}{۲}$ اینچ عرض بوده و لبه‌های طولی آن نیز گرد شده باشند. قطعات مذکور ابتدا باید به عرض $\frac{۳}{۴}$ اینچ بریده شده (با ماشین برش یا برش اکسیژن) بطوری که پس از صاف و موازی کردن لب‌ها و اضلاع به وسیله تراشکاری و سنگ‌زنی، عرض آن به $\frac{۱}{۲}$ اینچ برسد. در ضمن همانند آزمایش‌های خمش دیگر سطح جوش و قطعه باید کاملاً یکنواخت و یکسان باشند.

۲-۵-۶-۲- روش:

آزمایش خمش جانبی در دستگاه‌هایی مطابق شکل ۵ انجام می‌پذیرد هر قطعه باید بشکلی روی گیره‌ها قرار گیرد که محل جوشکاری شده در وسط و سطح جوش عمود بر دهانه شکاف باشد. پلانجر باید به داخل شکاف بطوری فشرده شود که نمونه آزمایش به شکل U در آید.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۵-۶-۲- مقررات:

هر قطعه باید با مقررات مشروحه در قسمت ۳-۴-۶-۲ برای آزمایش خمش سطحی و ریشه‌ای مطابقت داشته باشد.

۷-۲- جوشکاری اتصالات آزمایشی- جوش‌های گوشه‌ای

جوش گوشه‌ای باید بر روی یکی از اتصالاتی که در شکل ۷ نشان داده شده است صورت گیرد.

۸-۲- آزمایش و اتصالات جوشکاری شده، جوشهای گوشه‌ای:

۱-۸-۲- تهیه نمونه‌های آزمایشی:

برش نمونه‌ها باید مطابق شکل ۷ صورت پذیرد. حداقل ۴ قطعه باید مطابق شکل ۸ بریده و آماده شوند. (برای بریدن آنها می‌توان از برش اکسیژن یا ماشین استفاده نمود). عرض این قطعات ۱ اینچ و طول آن باید تا حدی باشد که بتوان در محل جوش شکست ایجاد نمود. برای لوله‌های کوچکتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ ممکن است برای تهیه قطعات آزمایشی لازم دو جوش آزمایشی انجام گیرد. قطعات قبل از انجام هر آزمایشی باید به درجه حرارت محیط برسند.

۲-۸-۲- روش:

روش آزمایش مطابق روش‌های مشروحه در آزمایش‌های قبلی می‌باشد.

۳-۸-۲- مقررات:

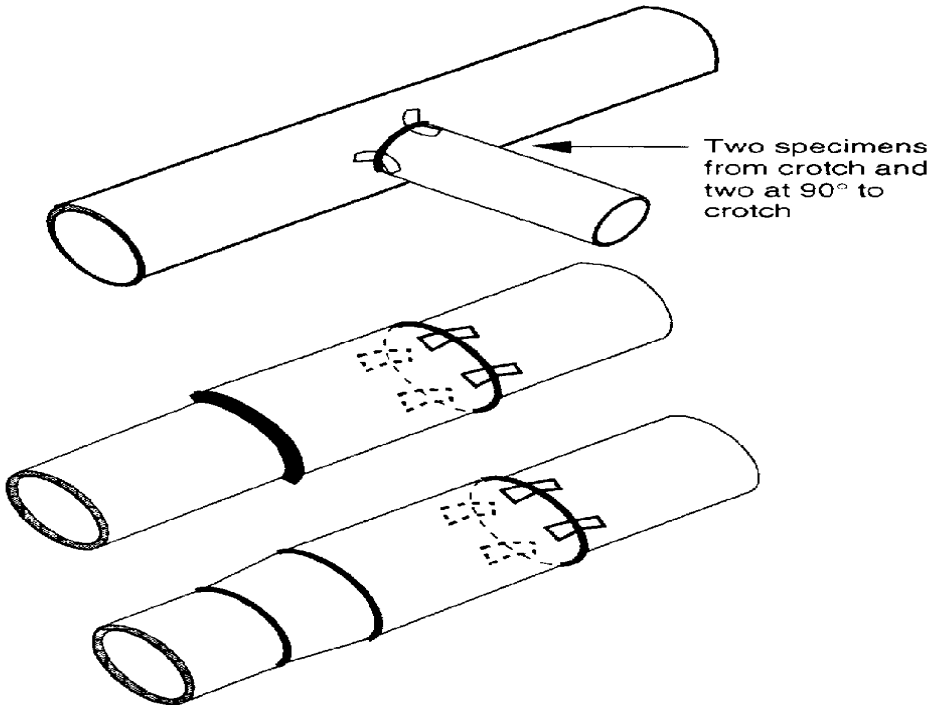
در سطوح مقاطع شکست نفوذ جوش باید کامل باشد ، علاوه بر این باید هر نمونه آزمایشی با شرایط زیر مطابقت داشته باشد :

الف- بزرگترین حفره گازی در جوش نباید از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ بیشتر باشد.

ب- سطح کل حفره‌های گازی نباید بیش از ۲ درصد سطح کل جوش باشد.

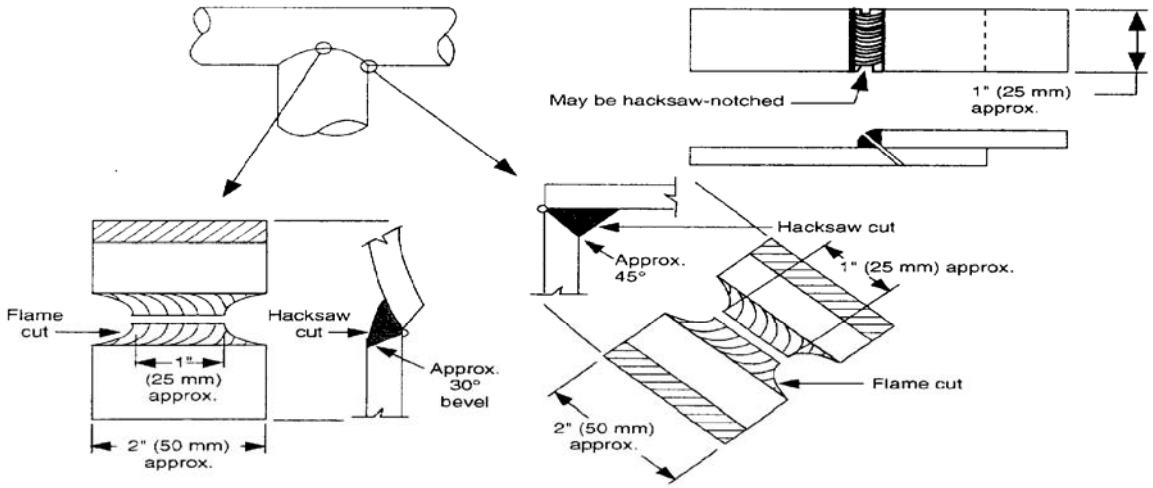
ج- عمق نفوذ سرباره به داخل جوش نباید بیش از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ باشد ، علاوه بر این طول این تداخل نباید بیش از $\frac{۱}{۸}$ اینچ و یا نصف اندازه اسمی ضخامت جداره در نازکترین قسمت طول لوله باشد. در ضمن باید حداقل $\frac{۱}{۲}$ اینچ فلز خوب و بی‌عیب در بین آنها وجود داشته باشد (رجوع کنید به شکل "C" در ضمیمه استاندارد).

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



(شکل ۷)برای اتصالات با قطر کمتر از "۳/۸ ۲ (۶۰/۳ میلیمتر)نمونه آزمایش شکست شکافی از همان محلهای معمولی بریده شود.ولی از هر یک از دو نمونه ،دو جوش آزمایشی انتخاب شود.محل های نمونه برداری آزمایش شکست شکافی (جوشهای گوشه ای)

(برای آزمایش تعیین صلاحیت جوشکار)



شکل(۸) محل های نمونه برداری آزمایش شکست شکافی (جوشهای گوشه ای) برای دستور العمل آزمایش وجوشکار ها شامل جوش انشعاب هم قطر با لوله اصلی (برای آزمایش تعیین صلاحیت جوشکار)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بخش سوم- خصوصیات جوشکار

هدف از آزمایش تعیین خصوصیات جوشکار، تشخیص قابلیت آنها در جوشکاری بی‌عیب لب به لب یا گوشه‌ای با بکارگیری دستورالعمل مورد تأیید می‌باشد. قبل از هر جوشکاری کلیه جوشکارهای منتخب مطابق مقررات مندرج در قسمت‌های ۱-۳ تا ۶-۳ باید باشند.

قبل از شروع امتحانات تعیین صلاحیت، باید برای تنظیم تجهیزات و لوازم جوشکاری مورد استفاده به جوشکار وقت کافی داده شود. جوشکار موظف است با همان تکنیک و سرعتی که در امتحان قبول شده بود، بعداً کلیه جوشکاری‌ها را انجام دهد.

آزمایش تعیین صلاحیت باید در حضور نماینده کمپانی صورت پذیرد. برای احراز صلاحیت، جوشکار باید قسمت‌های اتصالی دو سر لوله و کلیه محل‌های اتصالی مطابق ۱-۳ را جوشکاری کند. صلاحیت جوشکار تابعی از متغیرهای اساسی مندرج در دستورالعمل مربوط بوده که لزوماً نظیر دستورالعمل انواع جوشکاری با آزمایشات جوشکاری نمی‌باشد. متغیرهای اساسی خصوصیات یک جوشکار در قسمت‌های ۱-۱-۳ و ۱-۲-۳ تشریح شده است.

۳-۱- صلاحیت خاص:

شخصی که بعنوان جوشکار مورد امتحان قرار می‌گیرد باید طبق دستورالعمل تأیید شده یک جوش آزمایشی جهت اتصال دوسر لوله و یا قسمت‌های دیگر اتصالی انجام دهد. جوشکار مزبور باید اتصال ثابتی را که محور لوله‌ها افقی و با زاویه‌ی کمتر از 45° درجه قرار دارد جوش لب به لب بدهد وی موظف است برای هر نوع جوشکاری از قبیل لب به لب عمودی، اتصالات انشعابی ،جوش‌های گوشه‌ای و یا سایر جوش‌های مشابه که شرکت می‌کند مطابق دستورالعمل‌های تأیید شده عمل نماید.

در صورت تغییر و تعویض متغیرهای اساسی مطابق قسمت ۱-۱-۳ باید صلاحیت جوشکار مجدداً بررسی و امتحان گردد.

احراز قبولی جوش طبق مقررات مشروحه در قسمت ۳-۳ (آزمایشات چشمی) و یا بقیه آزمایشات مندرج در قسمت ۳-۴، آزمایشات تعیین صلاحیت جوشکار به کمک آزمایش‌های تخریبی (یا قسمت ۵-۳) و یا پرتونگاری فقط برای جوش‌های لب به لب صورت خواهد گرفت.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۱۱-۳- حوزه عمل صلاحیت خاص:

یک جوشکار با صلاحیت قبول شده در امتحانات مطابق قسمت ۱-۳ تا زمانیکه هیچ یک از متغیرهای اساسی تعویض نشده باشد دارای صلاحیت لازم و کافی می‌باشد. در صورت هر گونه تعویض در متغیرهای اساسی جوشکار موصوف باید از دستورالعمل جدیدی پیروی کند که در نتیجه عملاً باید دوباره طبق دستورالعمل جدید مورد آزمایش و امتحان قرار گیرد. متغیرهای اساسی فوق‌الذکر عبارتند از:

الف- تغییر نوع جوشکاری از نوعی به نوع دیگر یا ترکیبی با انواع دیگر (تغییر پروسس جوشکاری)

ب- تغییر جهت جوشکاری از سر بالا به سر پایین و بالعکس

ج- تغییر چند فلز پرکننده (الکترود مصرفی) از یک گروه به گروه دیگر (مطابق طبقه‌بندی جدول ۱)

د- تغییر قطر از یک گروه به گروه دیگر. این گروه‌ها که بر اساس قطر خارجی طبقه‌بندی می‌گردند به شرح زیر می‌باشد:

۱- کوچکتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر)

۲- بین $۲\frac{۳}{۸}$ تا $۱۲\frac{۳}{۴}$ اینچ (از ۶۰/۳ میلی‌متر تا ۳۲۳/۸ میلی‌متر)

۳- بزرگتر از $۱۲\frac{۳}{۴}$ اینچ (۳۲۳/۸ میلی‌متر)

ه- تغییر ضخامت اسمی جداره از یک گروه به گروه دیگر شامل:

۱- کمتر از $\frac{۳}{۱۶}$ اینچ (۴/۷۸ میلی متر)

۲- بین $\frac{۳}{۱۶}$ اینچ تا ۳/۴ اینچ (از ۴/۷۸ تا ۱۹/۰۵ میلی‌متر)

۳- بیشتر از $\frac{۳}{۴}$ اینچ (۱۹/۰۵ میلی‌متر)

و- تغییر وضعیت جوشکاری از گردان به ثابت و بالعکس و عمودی به افقی و بالعکس

ز- تغییر طرح اتصال (نصب پشت‌بند تسمه‌ای از V شکل به U شکل)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۳- صلاحیت عمومی:

شخصی که به عنوان جوشکار در این مورد امتحان و آزمایش می‌گردد ، باید آزمایش مشروحه زیر را با استفاده و مطابق دستورالعمل‌های مورد تأیید با موفقیت بگذارند. ابتدا جوشکار مورد آزمایش باید روی یک اتصال ثابت که محور لوله آن افقی یا مورب (با زاویه‌ای کمتر از 45° با محور افقی) یک جوش لب به لب بدهد. جوش مذکور باید روی لوله‌ای که حداقل قطر اسمی آن $6\frac{5}{8}$ اینچ و حداقل ضخامت جداره آن $\frac{1}{4}$ اینچ بدون قسمت پشت‌بند صورت پذیرد. چنین جوشی وقتی قابل قبول خواهد بود که در آزمایش چشمی (قسمت ۳-۳) مطابق مقررات قبولی بگیرد و یا به وسیله آزمایش تخریبی سنجیده شود (قسمت ۴-۳) و یا از طریق پرتونگاری صلاحیت وی مورد قبول قرار گیرد (قسمت ۵-۳) نمونه‌های آزمایشی لازم را می‌توان مطابق شکل ۹ برید و یا می‌توان آنها را به همات ترتیبی که در شکل ۹ نشان داده شده است انتخاب کرد. (در اینجا موقعیت رأس لوله اهمیتی ندارد) و یا می‌توان آنها را از نقاطی انتخاب نمود به فواصل مساوی که در محیط لوله قرار گرفته‌اند، برید. ترتیب منظم کردن نمونه‌های آزمایشی برای قطرهای مختلف لوله‌ها در شکل ۹ نشان داده شده است .آزمایش دوم شامل موارد زیر است:

روش قرار گرفتن برای عملیات جوشکاری ، برش، اتصال، جوشکاری در کلیه اندازه‌ها در اتصالات لوله‌ها. این آزمایش باید روی لوله‌های با حداقل قطر اسمی $6\frac{5}{8}$ اینچ و حداقل ضخامت جداره $\frac{1}{4}$ اینچ صورت گیرد برای این کار یک سوراخ کامل باید روی لوله‌ای که انشعاب از آن می‌گیریم ، بریده شده باشد.

جوش مذکور باید بطور کامل در محیط محل اتصال نفوذ کرده باشد. در لایه ریشه‌ای جوش نباید "سوختگی درون لوله‌ای" از $\frac{1}{4}$ اینچ تجاوز کند. مجموع بزرگترین اندازه‌های یک قسمت سوختگی داخل لوله شده مجزا که ترمیم نشده باشند. نباید در هر ۱۲ اینچ طول جوش از $\frac{1}{2}$ اینچ تجاوز کند. جوش کلیه اتصالات باید به طریقی انجام شود که محور لوله اصلی بطور افقی و محور لوله انشعابی در امتداد قادم و به سمت پایین قرار گیرد. جوش تکمیل شده باید ظاهری تمیز، یکنواخت و نمودی ماهرانه داشته باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

چهار نمونه مربوط به آزمایش شکست شکافی باید از میان جوش‌های آزمایشی انتخاب شده و مطابق قسمت‌های ۱-۸-۲ و ۲-۸-۲ تحت آزمایش قرار گیرد. شرایط مورد لزوم و مقررات مربوط به مقاطع شکست در مورد این جوش ها باید مطابق قسمت ۳-۸-۲ باشد.

۱-۲-۳- حوزه عمل صلاحیت عمومی:

هر جوشکاری که آزمایش احراز صلاحیت را مطابق قسمت ۲-۳ در جوش لب به لب روی لوله‌های با قطر اسمی بالای $۱۲\frac{۳}{۴}$ اینچ و جوش اتصال انشعابی از لوله‌ای به قطر اسمی بزرگتر از $۱۲\frac{۳}{۴}$ با موفقیت گذرانیده باشد از نظر این استاندارد دارای مهارت و صلاحیت لازم جهت جوشکاری در وضعیت‌های مختلف در کلیه ضخامت‌های جداره لوله ها، در طرح‌های مختلف اتصالات و برای هر قطر از لوله‌ها خواهد بود. هر جوشکاری که موارد فوق را مطابق ۲-۳ روی لوله‌ها و اتصالات با قطر اسمی کوچکتر از $۱۲\frac{۳}{۴}$ اینچ انجام داده باشد مجاز به جوشکاری در کلیه وضعیت‌ها روی لوله‌هایی که قطر آن مساوی یا کوچکتر از لوله و اتصالی که وی آن را امتحان داده است ، می‌باشد. هرگاه هر یک از عوامل زیر که از متغیرهای اساسی هستند، تغییر یابد جوشکارهایی که از دستورالعمل تغییر یافته جدید استفاده می‌کنند باید مجدداً مهارتشان مورد ارزیابی و آزمایش قرار گیرد.

الف- تغییر نوع پروسس جوشکاری از نوعی به نوع دیگر یا ترکیب انواع دیگر.

ب- تغییر در جهت جوشکاری از سربالا به سر پایین و بالعکس.

ج- تغییر در جنس الکترودها از یک گروه طبقه‌بندی شده (جدول شماره ۳) به گروه دیگر.

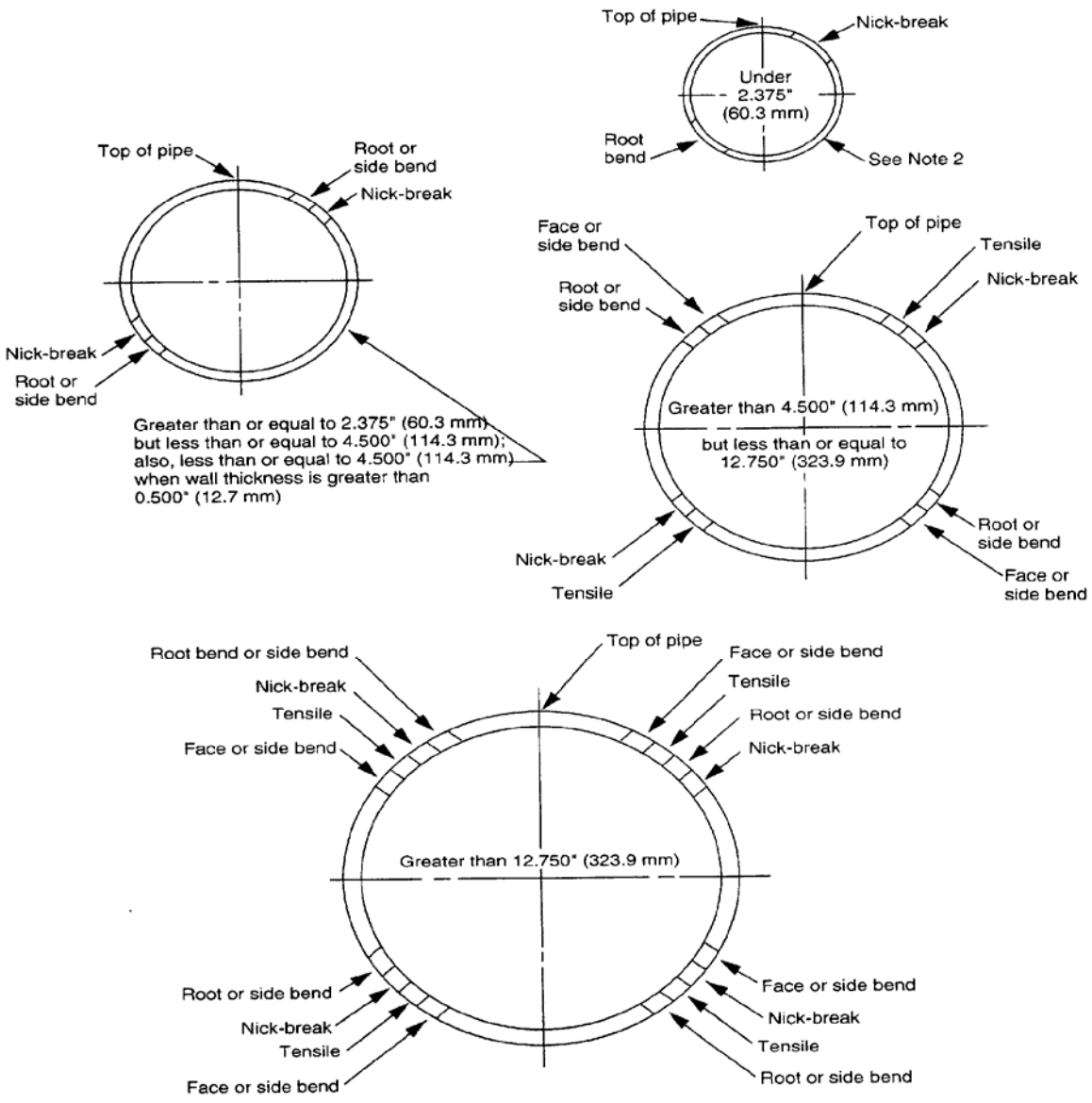
۳-۳- آزمایش چشمی:

جوش باید عاری از ترک‌ها، نفوذ ناقص (قسمت ۳-۶)، سوختگی‌های داخلی ترمیم نشده (قسمت ۴-۶) و سایر معایب (قسمت ۶) بوده و ظاهر کار باید تمیز بوده و نمودی ماهرانه داشته باشد. در جدار لایه نهائی جوش روی سطح خارجی نباید شیار کناری به عمقی بیش از $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ یا ۱۲/۵ درصد ضخامت جداره لوله باشد و در هر ۱۲ اینچ طول جوشهای متوالی چنین عیبی نباید بیش از ۲ اینچ طول داشته باشد. در مواقع استفاده از جوش اتوماتیک

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

یا نیمه اتوماتیک میزان ریزش سیم الکترود از پائین شکاف به سمت داخل لوله باید میزان حداقل و ثابتی داشته باشند.

عدم رعایت موارد فوق باعث حذف آزمایشهای بعدی بوده و به میزان جوشهای معیوب و خراب ارزیابی می‌گردد.



بر اساس درخواست کمپانی ،محلهای فوق می تواند گردانده شوند ،مشروط بر اینکه فواصل بین آنها در پیرامون لوله تغییر نکند .بعلاوه مقطع نمونه نباید شامل جوشهای طولی باشد.

شکل (۹) محل‌های نمونه‌برداری برای آزمایشات مربوط به تعیین صلاحیت جوشکاران- جوشهای لب به لب

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۴-۳- تعیین صلاحیت جوشکار به کمک آزمایشهای تخریبی:

۱-۴-۳- نمونه‌برداری جوشهای آزمایشی- جوشهای لب به لب:

از هر یک از جوشهای آزمایشی باید نمونه‌برداری گردد. اگر جوش آزمایشی یک دور کامل از جوش را در برگیرد در اینصورت مقاطع نمونه‌برداری مشابه شکل ۹ خواهد بود. هرگاه جوش آزمایشی روی قسمتهائی از محل اتصالات به لوله‌ها (و نه به طور کامل آن) انجام شده باشد، به تعداد تقریباً مساوی از نمونه های هر قسمت انتخاب می‌گردد. تعداد کل نمونه‌ها و نوع آزمایشاتی که باید روی هر کدام از آنها انجام گیرد در جدول ۳ تعیین شده است. قبل از انجام هر آزمایش باید تا رسیدن درجه حرارت نمونه به درجه حرارت محیط صبر کرد. برای لوله‌های $۱\frac{۵}{۱۶}$ اینچ و کوچکتر از آن می‌توان بجای نمونه‌های آزمایش خمش ریشه‌ای و شکست شکافی یک قطعه کامل سراسر جوش را جایگزین نمود. این قطعه جوش کامل باید طبق قسمت ۲-۲-۶-۲ تحت آزمایش قرار گرفته و شرایط مندرج در قسمت ۳-۴-۳ را نیز دارا باشد.

۲-۴-۳- دستورالعمل آزمایش‌های کششی، شکست شکافی و خمش جوشها (جوشهای لب به لب)

نمونه‌ها باید همانطور که در دستورالعمل‌ها عنوان شده بود تهیه و آزمایش گردند آزمایش کشش می‌تواند حذف شود. در صورتیکه قطعه مورد نظر برای آزمایش کشش تحت آزمایش شکست شکافی قرار گیرند.

۳-۴-۳- مقررات آزمایش کشش- جوش‌های لب به لب:

هرگاه تعداد دو قطعه یا بیشتر از قطعات آزمایشی و یا کل قطعات جوشکاری شده مورد آزمایش کشش قرار گیرند، و در محل جوش یا مرز اتصال جوش و لوله شکسته شده و مقاطع شکست مطابق با شرایط تعیین شده جهت جوشهای بی‌عیب و نقص در آزمایش شکست شکافی نباشد، جوشکار مربوطه فاقد صلاحیت لازم شناخته می‌شود.

۴-۴-۳- مقررات آزمایش شکست شکافی- جوشهای لب به لب:

هر گاه نمونه‌ای بیش از حد مجاز در آزمایش شکست شکافی مندرج در دستورالعمل معیوب و دارای نقص باشد (قسمت ۳-۳-۶-۲) جوشکار موصوف فاقد صلاحیت لازم شناخته می‌شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۵-۴-۳- مقررات آزمایش خمش- جوش‌های لب به لب:

هرگاه نمونه‌ای بیش از حد مجاز در آزمایش خمش ریشه‌ای و سطحی (قسمت ۳-۴-۶-۲) و یا خمش جانبی (قسمت ۳-۵-۶-۲) مندرج در دستورالعمل مربوطه معیوب و دارای نقص باشد جوشکار مربوطه فاقد صلاحیت لازم شناخته می‌شود. جوش‌های لوله‌های رده بالا (API SPEC.5LX) ممکن است کاملاً به صورت (U شکل) خم نشوند. در صورت ترک خوردن و شکست این قطعات اگر مقاطع شکست مطابق با مقررات آزمایش شکست شکافی (۳-۳-۶-۲) باشد جوشکار مورد تأیید قرار خواهد گرفت.

اگر یکی از قطعات آزمایش خمش با مقررات مذکور مطابقت نکند و به نظر نماینده کمپانی عدم نفوذ جوش ربطی به جوش نداشته باشد در این صورت می‌توان نمونه آزمایشی را با نمونه دیگری که در مجاورت نمونه قبلی بوده است تعویض نمود که در صورت وجود نقایص و معایب بیش از حد مجاز جوشکار مربوطه فاقد صلاحیت لازم شناخته خواهد شد.

۶-۴-۳- نمونه‌برداری از جوش‌های آزمایشی- جوش‌های نواری (گوشه‌ای):

از هر یک جوشکاری آزمایشی باید نمونه‌برداری شود. اگر جوش مورد آزمایش دور تا دور محل اتصال انجام گرفته باشد در این صورت محل‌های نمونه‌برداری مطابق شکل ۷ مشخص خواهد شد. هرگاه جوش‌های آزمایشی در قسمت‌هایی از محیط لوله و اتصالات انجام گرفته باشد به تعداد تقریباً مساوی از نمونه‌های هر قسمت انتخاب صورت می‌گیرد. قبل از انجام کلیه آزمایشات باید تا خنک شدن و پایین آمدن درجه حرارت قطعه تا درجه حرارت محیط صبر کرد.

۷-۴-۳- روش آزمایش و مقررات- جوش‌های نواری (گوشه‌ای):

نمونه‌هاباید مطابق دستورالعمل‌های مشروحه در قسمت ۸-۲ تهیه و مورد آزمایش قرار گیرند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۵- تعیین صلاحیت جوشکار به کمک پرتونگاری- فقط جوش‌های لب به لب:

کمپانی مربوطه می‌تواند بجای کلیه آزمایش‌های مشروحه در قسمت ۴-۳ برای تعیین صلاحیت جوشکار از پرتونگاری استفاده کند.

۳-۵-۱- بازرسی جوش‌های آزمایشی به کمک پرتونگاری:

از هر یک از جوش‌های آزمایشی باید پرتونگاری به عمل آید. هر یک از جوش‌های آزمایشی که با استانداردهای قبولی تعیین شده (آزمایش‌های غیر تخریبی قسمت ۶ همین استاندارد) مطابقت نکند ، جوشکار مربوطه فاقد صلاحیت لازم شناخته می‌شود. پرتونگاری نباید به منظور پیدا کردن نقاط معیوب جوش انجام شود و بعد از آزمایش تخریبی برای تعیین صلاحیت یا عدم صلاحیت جوشکار انجام گیرد.

۳-۶- آزمایش مجدد:

با نظر کمپانی و پیمانکار اگر علت عدم قبولی جوشکار عواملی خارج از کنترل وی و شرایط خارجی باشد می‌توان فرصت مجددی به وی برای آزمایش داد. از این جوشکار نباید آزمایش مجدد دیگری به عمل آید مگر اینکه مدرکی دال بر گذرانیدن دوره آموزش جوشکاری پس از رد شدن در آزمایش را ارائه دهد.

۳-۷- کارنامه جوشکار با صلاحیت:

از کلیه آزمایش‌های محوله به جوشکار و نتایج تفضیلی بدست آمده باید گزارشات کامل ثبت گردد فرم گزارش باید نظیر فرمی که در ضمیمه B در انتهای جزوه آمده است باشد. (فرم مذکور باید مطابق نیازهای هر کمپانی تکمیل گردد بعلاوه جزئیات موردنظر باید مطابق شرایط پیشنهادی در این استاندارد باشد). در هر کارگاه لیستی از جوشکاران ماهر واجد شرایط، و دستورالعمل‌هایی که صلاحیت انجامشان را دریافت نموده‌اند باید نگاه‌داشته شود. هرگاه نقطه ابهامی در صلاحیت و مهارت یک جوشکار طرح شود ممکن است به امتحان مجدد جوشکار نیز نیاز پیدا شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۴- طرح آماده‌سازی یک اتصال جهت جوشکاری:

۴-۱- کلیات:

جوشکاری خطوط لوله بر اساس این استاندارد باید توسط جوشکاران ماهر واجد شرایط مطابق با دستورالعمل‌های تدوین و تأیید شده انجام شود. سطوح مورد جوشکاری باید هموار، یکنواخت، عاری از هرگونه پوسته اضافی، اشک جوش، زنگ‌زدگی، سرباره، روغن، رنگ و سایر مواد مضر باشد که ممکن است تأثیر بد بر روی جوشکاری بگذارد. طرح محل اتصال و فاصله بین دو سرلوله باید مطابق با دستورالعمل‌های تأیید شده باشد.

۴-۲- همطرازی(FIT UP):

همطرازی لوله‌ها و اتصالات باید بنحوی باشد که میزان بالا و پایین بودن سطح لوله‌ها به حداقل برسد. برای لوله‌هایی که ضخامت جداره آنها مساوی هستند ، اختلاف سطوح بالایی و پایینی نباید بیش از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ باشد. اختلاف بیشتر در سطوح باید در کل محیط هر دو لوله تقسیم گردد. از چکش کاری لوله‌ها به منظور همطرازی آنها تا حد امکان اجتناب گردد.

۴-۳- استفاده از گیره‌های همطرازی- جوشهای لب به لب:

استفاده از این گیره‌ها باید مطابق دستورالعمل تأیید شده صورت گیرد، در مواردی که برداشتن گیره قبل از تکمیل لایه ریشه‌ای جوش مجاز است، قسمتهای تکمیل شده باید تقریباً به اندازه مساوی بوده و در محیط لوله به فواصل مساوی قرار گرفته باشند. در مواردی که گیره‌های داخلی استفاده میشود و شرایط طوری است که با برداشتن گیره‌ها قبل از تکمیل لایه ریشه‌ای جوش نمی‌توان از حرکت لوله‌ها جلوگیری نمود و یا فشار محل اتصال زیاد است در این صورت باید برداشتن گیره پس از تکمیل لایه ریشه‌ای جوش باشد. در مواردی که از گیره‌های خارجی استفاده می‌گردد باید قسمت‌های جوش داده شده (پاس ریشه‌ای) به فواصل مساوی در محیط لوله قرار گرفته

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

باشند. برداشتن گیره در این موارد باید زمانی باشد که طول قسمت‌های جوشکاری شده از ۵۰٪ محیط لوله کمتر نباشد.

۴-۴- پخ زدن:

۴-۴-۱- پخ زدن با فیبر:

پخ زنی انتهای لوله‌ها باید مطابق با طرح اتصالی که در مشخصات دستورالعمل جوشکاری تشریح شده است صورت می‌گیرد.

۴-۴-۲- پخ زدن در محل:

انتهای لوله باید به وسیله ماشین ابزار یا برش اکسیژن پخ زده شود. در صورت تجویز کمپانی می‌توان از ماشین‌های اکسیژن دستی نیز برای برش استفاده نمود. محل‌های پخ زدن باید به اندازه کافی هموار و یکنواخت و ابعادشان با مشخصات داده شده در دستورالعمل داده شده باشد.

۴-۵- شر ایط جوی:

هرگاه شرایط از نظر رطوبت نسبی، وجود بادهای شنی، بادهای شدید و امثال اینها نامساعد تشخیص داده شود عملیات جوشکاری باید متوقف گردد. در صورت امکان استفاده از سپرهای ضد باد، میتوان ازآن استفاده کرد، در مورد مناسب بودن یا نامساعد بودن شرایط جوی نمایندگان کمپانی مربوطه صاحب نظر خواهند بود.

۴-۶- فاصله با زمین:

در صورتیکه جوشکاری روی زمین صورت می‌گیرد ، فاصله محل جوش زمین نباید کمتر از ۱۶ اینچ (۴۰۶ میلیمتر)باشد. در صورت انجام جوشکاری در کانال، یا گودال ایجاد شده جهت جوشکاری، باید به اندازه کافی جوشکار بتواند به محل دسترسی داشته باشد.

۴-۷- پاکسازی بین لایه‌ها:

قسمت‌های زنگ زده و اکسیده شده و یا سرباره‌های جوش باید از روی لایه جوش داده شده و شکاف پخ پاکسازی شوند. برای این کار باید طبق دستورالعمل باید از ماشین‌های برقی دستی ساده استفاده نمود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

در مواقعی که جوشکاری اتوماتیک یا نیمه‌اتوماتیک باشد باید قبل از شروع جوشکاری لایه بعدی، کلیه تخلخل‌های سطحی خوشه‌ای یا نقاط شروع جوشکاری و یا نقاط پستی و بلندی سنگ زده شود. به علاوه در صورت تقاضای کمپانی رسوبات کریستالی باید قبل از جوشکاری لایه بعدی برداشته شود.

۴-۸- جوشکاری ساکن (موضعی):

۴-۸-۱- دستورالعمل جوشکاری:

برای کلیه جوشکارهای ساکن باید قسمت‌های اتصالی کاملاً ثابت بوده و در اطراف محل جوش‌فضای کافی جهت کار کردن جوشکاران وجود داشته باشد.

۴-۸-۲- فلز پرکننده و لایه‌های تکمیلی جوش:

تعداد لایه‌های جوش باید به اندازه‌ای باشد که جوش تکمیل شده دارای سطحی یکنواخت در پیرامون لوله باشد. در هیچ نقطه‌ای نباید سطح گرده جوش پایین‌تر از سطح خارجی لوله و یا بیشتر از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ بالاتر از سطح خارجی لوله باشد. در صورت پیشنهاد یا تجویز کمپانی مربوطه باید بلافاصله پس از تکمیل لایه ریشه ای ،لایه دوم نیز جوش داده شود که پس از آن لایه‌های تکمیلی توسط جوشکارهای تکمیل کننده انجام خواهد شد. دو لایه جوش نباید از یک نقطه شروع شود. عرض گرده یک جوش تکمیل شده باید تقریباً حدود $\frac{۱}{۸}$ اینچ بیشتر از پهنای شکاف اصلی باشد. سطح جوش تکمیل شده باید کاملاً برس زده و تمیز شود.

۴-۹- جوشکاری گردان:

۴-۹-۱- همطرازی:

جوشکاری گردان با تجویز کمپانی صورت می‌گیرد مشروط بر اینکه همطرازی لوله‌ها به وسیله قطعات لغزشی یا سازه‌هایی که به تعداد کافی غلطک نگهدارنده داشته باشند (تا از تاب برداشتن لوله جلوگیری کند) صورت پذیرد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۹-۴- فلز پرکننده و لایه‌های تکمیلی:

تعداد لایه‌های پوششی و تکمیلی باید به میزانی باشد که مقطع جوش در محیط لوله یکنواخت باشد. در هیچ نقطه‌ای نباید سطح گرده جوش پایین‌تر از سطح خارجی لوله و یا $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ بالاتر از سطح خارجی لوله باشد. عرض گرده جوش باید تقریباً حدود $\frac{۱}{۸}$ اینچ بزرگتر از پهنای شکاف اصلی باشد. در طول عمل جوشکاری باید همواره لوله به شکلی چرخانیده شود که جوشکاری در بالای آن انجام شود و پس از اتمام جوش باید فلز جوش شده کاملاً برس زده و تمیز شود.

۱۰-۴- کیفیت جوش‌ها:

هر جوشکاری باید با روشی که توسط کمپانی تجویز می‌گردد کیفیت جوش‌های محصول کار خودش را ارزیابی کند.

۱۱-۴- عملیات حرارتی قبل و پس از جوشکاری:

به اقتضای جنس مواد بکار رفته یا شرایط جوی، عملیات حرارتی قبل و بعد از جوشکاری تجویز می‌گردد. نحوه این کار در دستورالعمل مربوطه تشریح و تأکید خواهد شد.

بخش ۵- بازرسی و آزمایش جوشکاری

۱-۵- حق بازرسی:

کمپانی مربوطه حق بازرسی تمامی جوش‌ها را دارد. این بازرسی می‌تواند با آزمایش‌های تخریبی یا با برداشتن نمونه‌ای از جوش و انجام آزمایشات مکانیکی صورت پذیرد.

۲-۵- روش‌های بازرسی:

آزمایش‌های غیر تخریبی ممکن است شامل پرتونگاری جوش یا سایر شیوه‌های بازرسی جوش باشد. شیوه عمل هر بازرسی باید طوری انتخاب شود که علائمی از نقایص جوش را که قابل تغییر و ارزیابی باشد آشکار کند. کلیه جوش‌ها باید از نظر استاندارد آزمایش‌های غیر تخریبی (قسمت ۶) قابل قبول باشند. در صورتیکه آزمایش تخریبی توسط کمپانی پیشنهاد شده باشد، باید کل قسمت جوشکاری شده بریده شود، و پس از نمونه‌برداری تحت آزمایش قرار گیرد. نمونه‌های مزبور باید مطابق با موازین تعیین شده در قسمت ۴-۳ (تعیین صلاحیت جوشکار به کمک

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

آزمایش‌های تخریبی) تهیه شوند. کمپانی مربوطه حق دارد هر قطعه‌ای را که مطابق با مقررات تدوین شده مورد قبول قرار نگیرد ، قبول یا رد کند. جوشکار یا جوشکارهایی که جوش‌هایشان با موازین تدوین شده مطابقت نکند ممکن است برای کارهای بعدی فاقد صلاحیت شناخته شوند.

امکان دارد اپراتورهای تجهیزات بازرسی غیرتخریبی در صورت تجویز کمپانی به ارزیابی دستورالعمل‌های مربوطه در تشخیص معایب پرداخته و قابلیت خود را در تفسیر علائم صحیح به دست آمده ، نشان دهند. از سوراخ‌کاری لوله‌وار به عنوان نمونه‌برداری نباید استفاده شود.

۳-۵- خصوصیات بازرس جوشکاری:

بازرس جوشکاری باید در زمینه‌ی بازرسی آموزش دیده و با تجربه باشد و خصوصیات وی باید مورد قبول کمپانی مربوطه باشد. مدارک مربوطه به آموزش و تجربه وی باید به کمپانی مربوطه ارائه گردیده که شامل موارد زیر بوده ولی محدود به آن نمی‌شود.

۱- تحصیلات و تجربه کاری.

۲- دوره‌های آموزشی.

۳- نتایج امتحانات تعیین صلاحیت.

بخش ۶- استاندارد قبولی جوش‌ها- آزمایش‌های غیرتخریبی

۱-۶- مقدمه

این استانداردها می‌تواند در ارزیابی جوش‌هایی که معایب آنها از طریق پرتونگاری، بازرسی چشمی یا دیگر آزمایش‌های غیرتخریبی مشخص می‌گردند، بکار رود. استفاده از این استانداردها در تعیین مرغوبیت جوش‌ها که در اصل باید به وسیله آزمایش‌های تخریبی مشخص شوند ممنوع است.

۲-۶- حق رد کردن جوش:

با توجه به اینکه نتایج آزمایش‌های غیر تخریبی بصورت دو بعدی است کمپانی مربوطه می‌تواند جوش‌هایی را که ظاهراً از نظر استاندارد قبولی می‌گیرد، ولی انقطاع عمیق و عیب در جوش به استحکام جوش آسیب جدی وارد کرده باشد، رد کند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳-۶- نفود ناکافی و ذوب ناقص:

اساساً منظور از نفوذ ناکافی، عدم پر شدن کامل ریشه جوش‌های فلز پرکننده می‌باشد. همچنین منظور از ذوب ناقص، عدم اتصال کافی بین لایه‌های جوش یا بین فلز جوش و فلز مبنا می‌باشد و مورد مذکور، دو مسئله مجزا بوده که بطور جداگانه به اشکال مختلف ایجاد می‌گردد. حدود قبولی اینگونه نقایص دو جوش در قسمت‌های زیر تشریح خواهد شد.

۱-۳-۶- نفوذ ناکافی در ریشه جوش:

پر نشدن کامل ریشه جوش در شرایطی که سطوح لوله‌ها در دو طرف خط جوش همطراز باشند، نفوذ ناکافی در ریشه جوش نامیده می‌شود. نمای شماتیک این وضعیت در شکل ۱۰ نشان داده شده است عمق این عیب نباید از ۱ اینچ تجاوز کند. در ضمن مجموع طول‌هایی از جوش که دارای چنین نقصی هستند نباید از ۱۲ اینچ تجاوز کند. هرگاه طول جوش از ۱۲ اینچ کمتر باشد در این صورت مجموع طول جوش‌های ناقص (با نفوذ ناکافی) نباید از ۸ درصد کل جوش تجاوز کند.

۲-۳-۶- نفوذ ناکافی در اثر بالا و پایینی جوش:

منظور از بالا پایینی وضعیتی است که در آن سطوح لوله‌ها و یا متعلقات و اتصالات آن به درستی مقابل هم قرار نگرفته باشند. شکل ۱۰ بطور شماتیک چنین حالتی را نشان می‌دهد. در صورتی که فلز جوش کاملاً به پایین جداره لوله و یا اتصالات چسبیده باشد نمی‌توان از نظر بالا پایین بودن جوش مورد ایراد قرار گیرد. هرگاه لبه پایینی یکی از جداره‌های محل اتصال کاملاً پوشیده نشده یا به جوش نچسبیده باشد. (در صورتیکه از ۲ اینچ در هر مورد و کمتر از ۳ اینچ طول در ۱۲ اینچ طول جوشکاری باشد) مورد قبول این استاندارد قرار می‌گیرد.

۳-۳-۶- فرورفتگی داخلی:

فرورفتگی داخلی در قسمت ۳-۳-۲-۱ تعریف و در شکل ۱۴ به طور شماتیک نشان داده شده است. فرورفتگی داخلی مربوط به جوش‌هایی است که فلز پرکننده بطور مداوم لایه‌های جوش را تشکیل می‌دهد که با سوختگی درون لوله‌ای (پر کردن غیر مداوم لایه‌های جوش) تمایز دارد. در صورتیکه دانسیته تصویر بدست آمده از آزمایش پرتونگاری مربوط به فرورفتگی داخلی از دانسیته فلز مبنا تجاوز نکند از نظر این استاندارد مورد قبول می‌باشد که با

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

این شرایط ابعاد چنین عیبی نباید از میزان تعیین شده در ۱-۴-۶ و ۲-۴-۶ برای سوختگی درون لوله‌ای تجاوز کند.

۴-۳-۶- ذوب ناقص:

نواحی ذوب ناقص بین فلز جوش و فلز مبنا در بالا و پایین جوش نباید طولی بیش از یک اینچ داشته باشد . (شکل ۱۲). مجموع طول چنین نقصی نباید در هر ۱۲ اینچ طول جوش بیش از یک اینچ باشد. هرگاه تمامی طول جوش از ۱۲ اینچ کمتر باشد در این صورت مجموع طول نواحی معیوب نباید از ۸٪ کل طول بیشتر شود.

۵-۳-۶- ذوب ناقص در اثر سرد بودن لایه‌ها:

ذوب ناقص در اثر سرد بودن لایه‌ها به جدایی موضعی بین لایه‌های جوش یا بین لایه جوش و مبنا اطلاق می‌گردد. برای بررسی و استفاده در این استاندارد ذوب ناقص در اثر سرد بودن لایه‌ها به جدائی‌هایی که زیر سطوح خارجی جوش ایجاد می‌گردد، نیز اطلاق شده است. لذا از ذوب ناقص مشروحه در قسمت ۴-۲-۶ متمایز می‌گردد. این عیب در جوشکاری بطور شماتیک در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

حد مجاز طول این عیب ۲ اینچ بوده و نباید در هر ۱۲ اینچ طول جوش مجموع طول‌های معیوب بیش از ۲ اینچ باشد.

۴-۶- سوختگی درون لوله‌ای:

منظور از سوختگی درون لوله ای نواحی معیوبی از لایه ریشه‌ای جوش است که نفوذ بیش از حد باعث فرو رفتن حوضچه مذاب به داخل لوله شده و جوش لایه ریشه‌ای از سطح داخلی لوله بیرون می‌زند.

۱-۴-۶- لوله‌هایی با قطر خرجی بزرگتر و مساوی $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

هر سوختگی درون لوله‌ای ترمیم نشده نباید بیشتر از ضخامت جداره لوله یا $\frac{۱}{۴}$ اینچ باشد. مجموع بزرگترین ابعاد سوختگی درون لوله‌ای نباید در ۱۲ اینچ طول جوش از $\frac{۱}{۲}$ اینچ تجاوز کند. تصاویر پرتونگاری از جوش‌ها میزان

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترمیم آنرا نشان می‌دهد. هر نوع سوختگی درون لوله‌ای وقتی ترمیم یافته تلقی می‌شود که دانسیته تصویر بدست آمده جوش از پرتونگاری بیش از دانسیته فلز مبنا در محل جوشکاری نباشد.

۲-۴-۶- لوله‌های با قطر خارجی کوچکتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

دراین قطر از لوله‌های بیش از یک مورد سوختگی درون لوله‌ای مورد قبول نبوده و سوختگی درون لوله‌ای به وجود آمده نباید از ضخامت جداره لوله و یا $\frac{۱}{۴}$ بیشتر باشد. تصاویر پرتونگاری از جوش‌ها باید کامل بودن ترمیم را در نواحی معیوب دقیقاً نشان دهد. این نواحی وقتی ترمیم یافته محسوب می‌شوند که دانسیته تصویر بدست آمده جوش از پرتونگاری بیش از دانسیته فلز مبنا در محل جوشکاری نباشد.

۵-۶- سرباره‌های داخل جوش مانده:

منظور از سرباره‌های داخل جوش مانده، مواد غیرفلزی است که داخل فلزجوش و فلزلوله محبوس گردیده است. سرباره‌های داخل جوش مانده‌ای که دراز شده‌اند (خطوط سرباره‌ای پیوسته یا منقطع، دراز راه‌آهنی) معمولاً در مناطق ذوب یافت می‌شوند. سرباره‌های داخل جوش مانده مجزایی که دراز نیستند، ناخالص‌هایی هستند که شکل منظمی نداشته و توزیع آن در جوش نیز نامنظم است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

شکل (۱۰)- حالت بالا- پایین

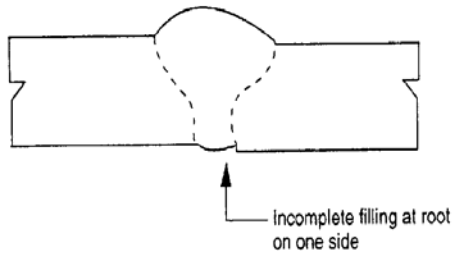


Figure 14—Inadequate Penetration Due to High-Low (IPD)

شکل (۱۱)- نفوذ ناکافی در شکاف جوش

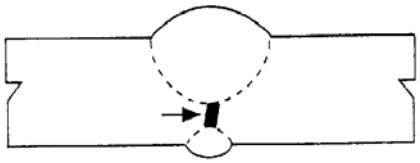


Figure 15—Inadequate Cross Penetration (ICP)

شکل (۱۲)- ذوب ناقص در قسمت ریشه و گرده جوش

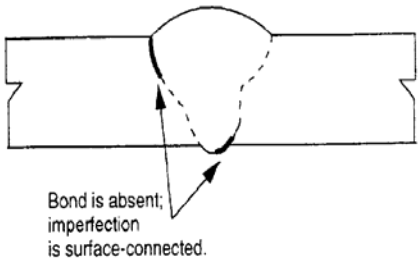


Figure 16—Incomplete Fusion at Root of Bead or Top of Joint (IF)

شکل (۱۳)- ذوب ناقص در اثر سرد روی هم قرار گرفتن

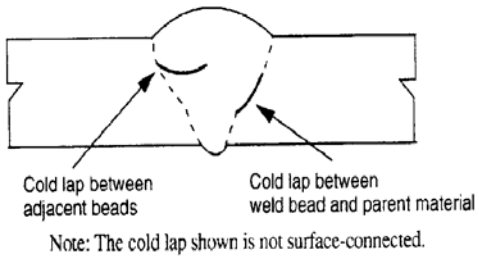


Figure 17—Incomplete Fusion Due to Cold Lap (IFD)

شکل (۱۴)- نفوذ ناکافی در اثر فرورفتگی داخلی

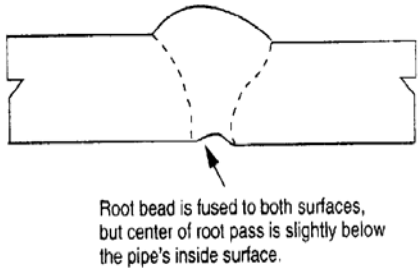
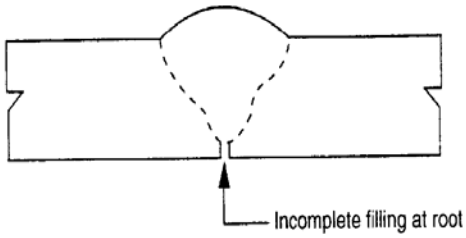


Figure 18—Internal Concavity (IC)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

شکل (۱۵)- نفوذ ناکافی در ریشه جوش



۱-۵-۶- سرباره‌های داخل جوش مانده دراز (راه‌آهنی):

۱-۱-۵-۶- لوله‌های با قطر خارجی بزرگتر و مساوی $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

هر سرباره داخل جوش مانده دراز نباید طولی بیش از ۲ اینچ و عرض بیش از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ داشته باشد. مجموع طول این موارد در هر ۱۲ اینچ نباید از ۲ اینچ تجاوز کند. خطوط سرباره‌های دراز موازی در صورتی که فاصله آنها از یکدیگر بیش از $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ باشد هر کدام باید مستقلاً مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲-۱-۵-۶- لوله‌های با قطر خارجی کوچکتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

هر سر باره داخل جوش مانده دراز نباید طولی بیش از سه برابر ضخامت اسمی جداره و عرضی بیش از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ داشته باشد. خطوط سرباره موازی با فاصله بیش از $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ از یکدیگر باید مستقلاً مورد ارزیابی قرار گیرند.

۲-۵-۶- سرباره‌های داخل جوش مانده مجزا:

۱-۲-۵-۶- لوله‌های با قطر خارجی بزرگتر و مساوی $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

حداکثر پهنای هر سر باره داخل جوش مانده مجزا $\frac{۱}{۸}$ اینچ بوده و مجموع طول چنین نقصی در هر ۱۲ اینچ طول جوش نباید بیش از $\frac{۱}{۲}$ اینچ باشد. در ضمن نباید بیش از ۴ مورد از چنین نقصی با حداکثر عرض $\frac{۱}{۸}$ اینچ در این طول از جوش وجود داشته باشد.

۲-۲-۵-۶- لوله‌های با قطر خارجی کمتر از $۲\frac{۳}{۸}$ اینچ (۶۰/۳ میلی‌متر):

حداکثر پهنای هر سر باره داخل جوش مانده مجزا نباید از نصف ضخامت جداره لوله بیشتر گردد. در ضمن طول کل چنین نقایص نباید از دو برابر ضخامت اسمی جداره لوله بیشتر باشد.

۶-۶- تخلخل یا حفره گازی:

تخلخل یا حفره گازی یکی از معایب جاری در جوشکاری فلزات است که به انواع زیر تقسیم می‌گردد:

۱-۶-۶- تخلخل کروی:

بزرگترین اندازه هر تخلخل کروی نباید از $\frac{۱}{۸}$ اینچ یا ۲۵٪ ضخامت جداره لوله تجاوز نماید. حداکثر توزیع حفره‌های کروی نباید بیش از توزیع نشان داده شده در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ باشد.

۲-۶-۶- تخلخل خوشه‌ای:

تخلخل خوشه‌ای به وجود آمده در لایه تکمیلی جوش نباید از سطحی به قطر بیش از $\frac{۱}{۲}$ اینچ تجاوز کرده و نباید حداکثر اندازه‌های هر حفره گازی در خوشه از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ تجاوز کند . طول کل تخلخل‌های خوشه‌ای در هر ۱۲ اینچ طول جوش نباید بیش از $\frac{۱}{۲}$ اینچ باشد. تخلخل‌های موجود در پاس‌های دیگر جوشکاری را باید طبق قسمت ۱-۶-۶ مورد ارزیابی قرار دارد.

۳-۶-۶- تخلخل لوله‌ای یا سوراخ کرمی:

تخلخل لوله‌ای انقطاع بلندی است که در نتیجه متصاعد شدن گاز در شرایط انجماد فلزجوش پدید می‌آید. حداکثر ابعاد به دست آمده در تصویر پرتونگاری نباید از $\frac{۱}{۸}$ اینچ یا ۲۵٪ ضخامت جداره لوله تجاوز نماید. نحوه قرار گرفتن

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

این انقطاع عامل مؤثری در تغییر دانسیته تصویر بدست آمده جوش از پرتونگاری می‌باشد. در این شرایط علاوه بر در نظر گرفتن این حدود باید موازین مطروحه در قسمت ۲-۶ نیز مورد ملاحظه قرار گیرد. حداکثر توزیع مجاز تخلخل لوله‌ای در اشکال ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است.

۴-۶-۶- لایه تو خالی خط جوش:

منظور از لایه تو خالی خط جوش، تخلیه خطی طویلی است که در پاس ریشه‌ای جوش به وجود می‌آید .حداکثر طول این انقطاع نباید از $\frac{۱}{۱۲}$ اینچ تجاوز کند. طول کل لایه‌های مزبور در هر ۱۲ اینچ طول جوش نباید بیش از دو اینچ باشد هر گاه انقطاع دیگری بیش از $\frac{۱}{۴}$ اینچ در مجاورت آن وجود داشته باشد، باید حداقل ۲ اینچ فلزجوش خوب و بی‌عیب بین آنها قرار گرفته باشد.

۷-۶- ترک‌ها:

ترک‌های با گودی کم عمق یا ترک‌های ستاره‌ای در اطراف نقطه پایانی هر لایه عموماً به وجود آمده و علت اصلی آن انقباض فلز جوش هنگام انجماد است در صورتی که طول این نوع ترک‌ها از $\frac{۵}{۳۲}$ اینچ تجاوز نکند جزء معایب زیان‌بخش جوشکاری تلقی نخواهد شد. علاوه بر ترک‌های کم‌عمق فوق هیچگونه ترکی در هر اندازه و هر جائی از جوش قابل قبول نخواهد بود.

۸-۶- طول کل گسیختگی (انقطاع):

به استثناء ناهمواری (پستی و بلندی سطوح) و شیارهای کناره جوش، طول کل همه گسیختگی‌ها بیش از ۲ اینچ در هر ۱۲ اینچ طول جوش یا بیش از ۸٪ طول کل جوش هر گاه از ۱۲ اینچ کمتر باشد، غیرقابل قبول است. هرگاه طول کل همه گسیختگی‌ها بیش از ۸٪ جوش اتصال کامل باشد، غیرقابل قبول خواهد بود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۹-۶- شیار کنار جوش:

مورد فوق عبارت است از شیار ذوب شده‌ای در فلز مبنا که در مجاورت پنجه یا ریشه جوش قرار گرفته و از فلز جوش نیز پر نشده باشد. عمق این عیب به وسیله آزمایش چشمی یا مکانیکی قابل ارزیابی است. در مواقع استفاده از آزمایش چشمی (بصری) یا مکانیکی شیار کنار جوش در مجاورت لایه‌های پوششی یا ریشه‌ای جوش نباید بیش از مقادیر زیر باشد.

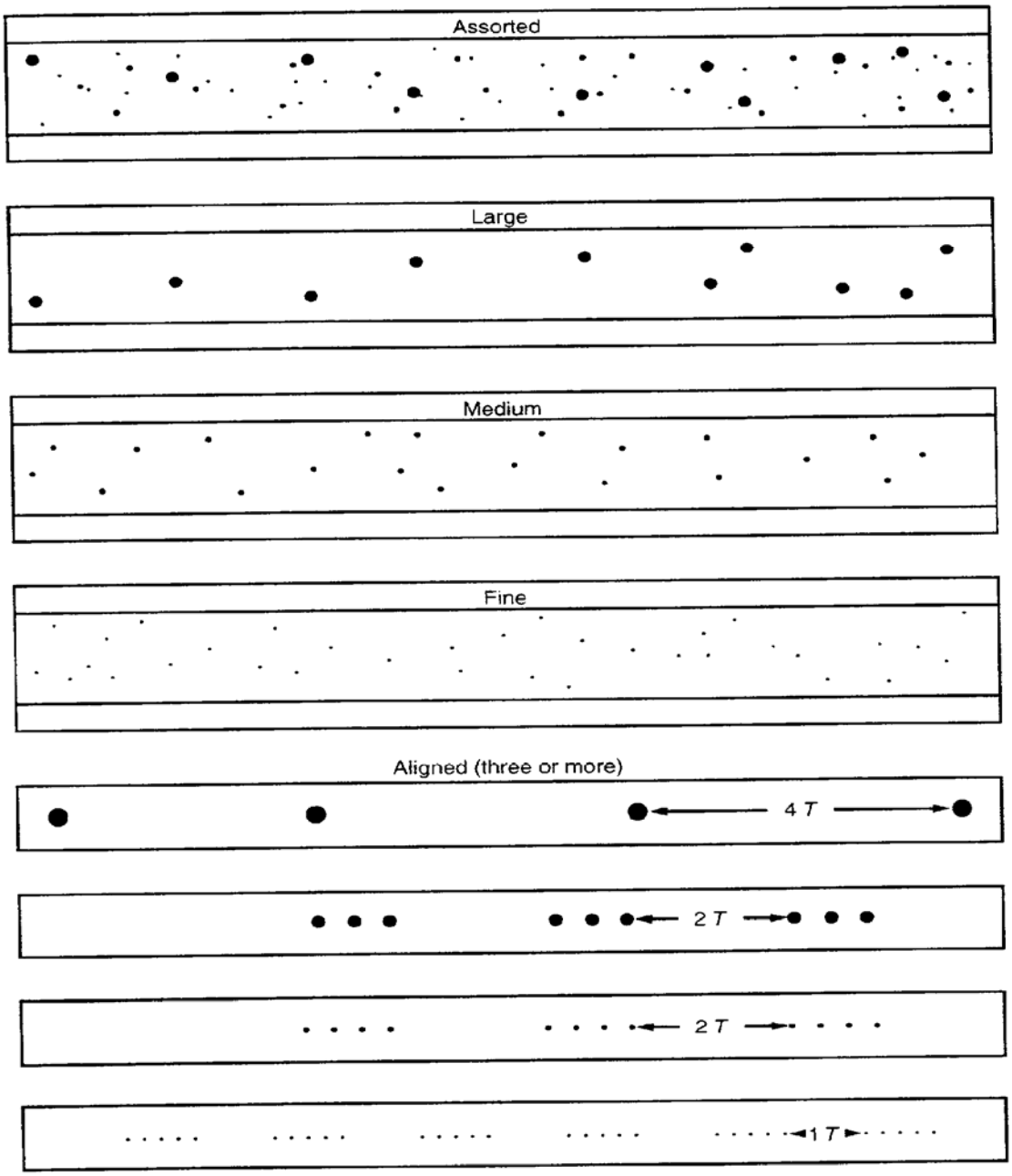
عمق	طول
بیش از $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ یا ۱۲/۵٪ ضخامت اسمی جداره	غیرقابل قبول
بیش از $\frac{۱}{۶۴}$ اینچ تا $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ یا ۶٪ تا ۱۲/۵٪ ضخامت اسمی جداره	۲ اینچ در ۱۲ اینچ طول جوش یا $\frac{۱}{۶}$ طول کل جوش
$\frac{۱}{۶۴}$ اینچ یا ۶٪ ضخامت اسمی جداره	با هر طولی قابل قبول است

هرگاه از پرتونگاری برای آزمایش استفاده گردد ، طول شیار کنار جوش در هر ۱۲ اینچ طول کل جوش نباید از ۲ اینچ بیشتر شود (و یا ۶٪ طول کل جوش) در صورت استفاده از روش‌های مکانیکی و پرتونگاری، اندازه‌گیری مکانیکی باید در نظر گرفته شود.

۱۰-۶- نقایص لوله‌ها:

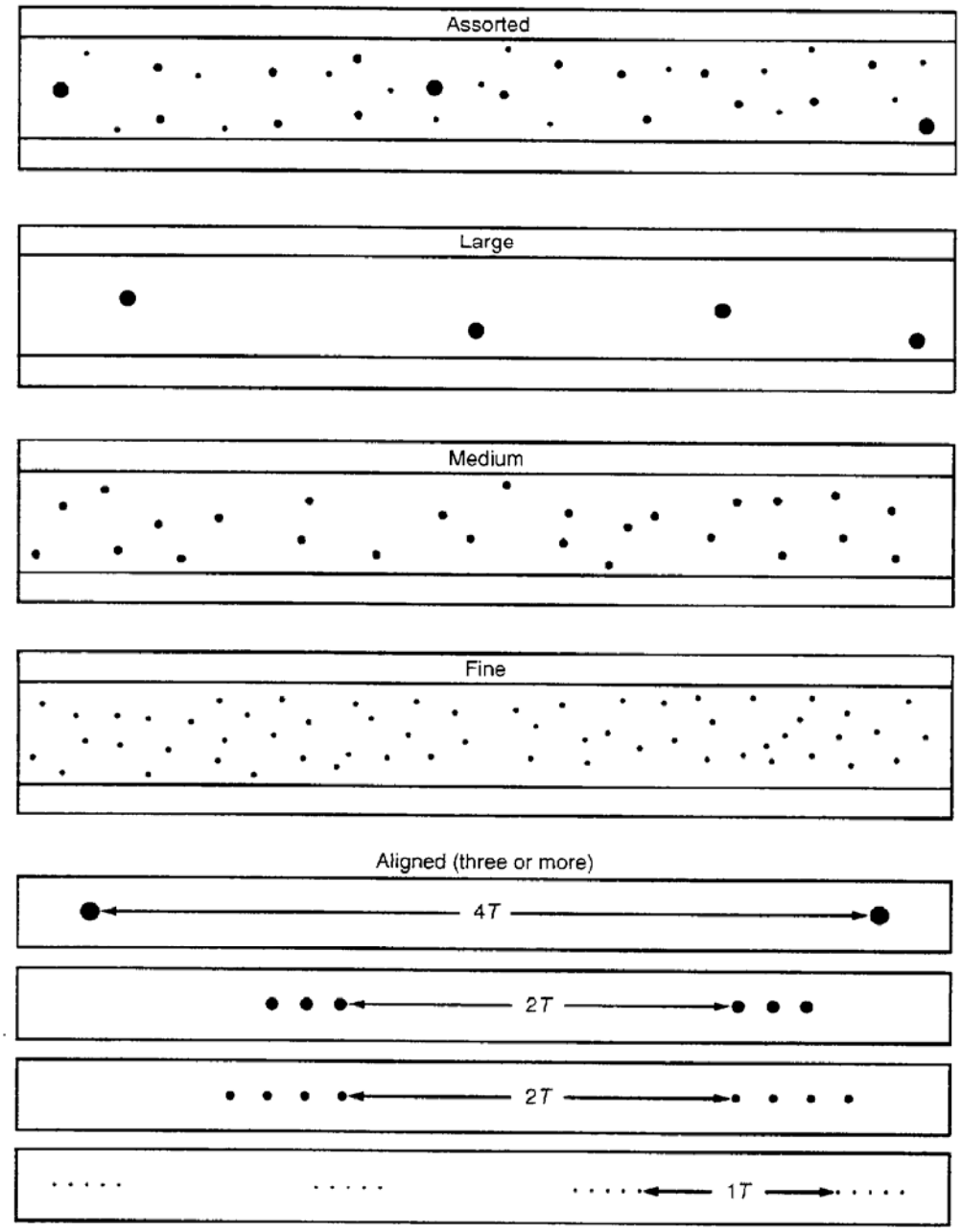
پوسته پوسته شدن، پلیسه‌های جوش و لوله، خسارات ناشی از سوختگی به خاطر قوس الکتریکی و دیگر معایب در لوله‌ها باید طبق تجویز کمپانی ترمیم، یا مجدداً جوشکاری شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



شکل ۱۵- حداکثر توزیع حفره‌های گازی برای ضخامت جداره $\frac{۱}{۲}$ یا کمتر (اندازه‌حفره‌ها با مقیاس حقیقی نشان داده نشده است. ابعاد این حفره‌ها در قسمت ۶-۶ داده شده است)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



شکل (۱۶)- حداکثر توزیع حفره‌های گازی برای ضخامت جدار بزرگتر از $\frac{۱}{۲}$(اندازه حفره‌ها با مقیاس حقیقی نشان داده نشده است، ابعاد این حفره‌ها در قسمت ۶-۶- داده شده است)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

بخش ۷- ترمیم یا عیب‌زدایی

۷-۱- اجازه ترمیم معایب، بجز ترک‌ها:

ترمیم معایب موجود در لایه‌های ریشه‌ای و پرکننده به استثناء ترک‌ها با تجویز کمپانی مربوطه صورت می‌گیرد. ترمیم لایه تکمیلی روی جوش می‌تواند بدون اجازه کمپانی نیز صورت پذیرد. ترمیم ترک‌ها ممنوع است و کلیه تعمیرات باید با استانداردهای قبولی آزمایش‌های غیر تخریبی مطابقت نماید.

۷-۲- برداشتن جوش و تدارک ترمیم معایب:

قبل از انجام هرگونه تعمیری قسمت معیوب باید کاملاً برداشته و فلز زیر آن تمیز گردد ،کلیه سرباره‌های جوش و پوسته‌های جوش و پوسته‌ها باید به کمک برس‌های سیمی پاک‌سازی شوند. امکان دارد که طبق نظر کمپانی مربوطه روی قطعه مزبور قبل از جوشکاری عملیات حرارتی انجام پذیرد.

۷-۳- آزمون تعمیرات:

نواحی مورد ترمیم باید مجدداً پرتونگاری یا مطابق با روش‌هایی که قبلاً تعیین شده است ، بازرسی شوند و هیچگونه تعمیرات بعدی روی این نواحی از جوش مجاز نیست. در صورت تجویز کمپانی سرتاسر جوش ترمیمی با همان روش بازرسی جوش‌های قبلی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرد.

۷-۴- اجازه دستورالعمل ترمیم ترک‌ها:

کلیه ترک‌های ایجاد شده در جوش باید برداشته شود مگر اینکه کمپانی مربوطه اجازه ترمیم بدهد. در این صورت ترمیم ترک‌ها باید مطابق موارد مطروحه زیر انجام گیرد.

الف- عمق ترک‌ایجاد شده کمتر از ۸٪ طول جوش باشد.

ب- دستورالعمل ترمیم و تعمیر تهیه شده شامل موارد زیر باید باشد:

۱- روش کشف و پیدا کردن سطح ترک‌ها

۲- روش برداشتن ترک‌ها

۳- موازین مربوط به عملیات حرارتی قبل و هنگام جوشکاری

۴- دستورالعمل جوشکاری و نوع الکترودها

۵- بازرسی غیر تخریبی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۶- عملیات حرارتی پس از جوشکاری

ج- هر نوع ترمیم باید زیر نظر تکنیسین مجرب تعمیرات جوشکاری انجام گیرد.

د- جوشکاری باید توسط جوشکار ماهر واجد شرایط صورت گیرد.

ه- شیار ترمیمی باید به وسیله یک آزمایش مغناطیسی یا آزمایش نفوذ مورد بررسی قرار گیرد.

بخش ۸- دستورالعمل پرتونگاری

۸-۱- مقدمه

در این بخش مقررات پرتونگاری به کمک اشعه ایکس (X) یا گاما (Y) که شامل تعیین صلاحیت افرادی که در این امر شرکت می‌کنند نیز می‌باشد، ارائه شده است. برای این کار دستورالعملی مشروح تهیه شده که تصاویر پرتونگاری بدست آمده از چنین دستورالعمل‌هایی باید دانسیته معین (قسمت ۹-۸) وضوح کافی و تمرکز داشته باشند. در ارزیابی تصاویر پرتونگاری باید به نکات زیر توجه کافی صورت گیرد:

الف- قابل قبول بودن فیلم از نظر کیفی (فیلم‌ها باید عاری از هرگونه ماتی بوده و بطوری مخدوش نباشد که در خواندن نتیجه تأثیر گذارد).

ب- میزان حساسیت مقاطع

ج- سیستم شناسایی مناسب

ه- تطابق با استانداردهای مورد قبول

کلیه مقررات جاری در مورد کیفیت‌تصاویر بدست آمده باید بطور یکسان برای پرتونگاری با اشعه (X) یا گاما (Y) بکار برود. استفاده از پرتونگاری جهت بازرسی جوشکاری و تعداد دفعات پرتونگاری باید به اختیار و تجویز کمپانی مربوطه باشد. هدف کلی این است که کمپانی و پیمانکار قبل از شروع عملیات پرتونگاری روی دستورالعمل‌های مربوطه به توافق رسیده باشند. کمپانی حق دارد که دستورالعمل تفصیلی پرتونگاری را داشته باشد و عملیات پرتونگاری باید مطابق با اصول اساسی پیشنهادی کمپانی به پیمانکار مربوطه باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲-۸- جزئیات دستورالعمل پرتونگاری:

جزئیات و دستورالعمل تفصیلی پرتونگاری باید ثبت گردد. یک نسخه از هر گزارش برای بایگانی کمپانی مربوطه باید ارسال گردد. گزارش مربوطه می‌تواند بطور نوشته یا طرح ساده یا ترکیبی از این دو تهیه شود. کلیه دستورالعمل‌ها به هر حال باید دارای مشخصات زیر باشند:

الف- منبع تشعش (نوع منبع تشعشع، منبع مؤثر با روابط هندسی تأثیر منبع و حدود ولتاژ دستگاه اشعه (X))

ب- صفحات تقویت کننده (نوع و محل استقرار این صفحات و ضخامت آنها در صورتی که از سرب استفاده شود)

ج- فیلم (تعداد فیلم‌های یک کاست، برای تکنیک‌فیلم‌های ترکیبی باید شیوه بازدید مشخص شود)

د- هندسی نوردهی (تابش یک ردیفه برای بازدید یک ردیفه SWE/SWV، تابش دو ردیفه برای بازدید یک ردیفه DWE/SWV. و یا تابش دو ردیفه برای بازدید دو ردیفه DWE/DEV. فاصله فیلم تا منبع، موقعیت نسبی فیلم، جوش، منبع، نفوذ سنج، و ثبات‌های میانی یا مرجع، تعداد دفعات نوردهی لازم برای پرتونگاری یک جوش کامل).

ه- خصوصیات نوردهی (شدت جریان بر حسب میلی‌آمپر، یا کوری دقیقه، ولتاژ اشعه (X) یا ولتاژ ورودی و آمپراژ آن، مدت زمان تابش).

و- ظهور (اتوماتیک یا دستی، مدت زمان و درجه حرارت ظهور، مدت زمان قرارگیری در محلول، ثبوت، شستشو و خشک کردن).

ز- مواد (جنس و ضخامت مواد بکار رفته و مناسب در دستورالعمل‌های مربوطه).

ح- نفوذ سنجها (نوع، جنس، شماره شناسایی و منفذ لازم)

۳-۸- هندسه نوردهی:

موقعی که نور، یک منبع پرتونگاری روی یک جوش لب به لب متمرکز شود یک شعاع تابشی جهت بازرسی کامل جوش کافی است. (SWE/SWV) زمانیکه منبع پرتونگاری خارج از محدود معینی از سطح جوش باشد (نه بیشتر از $\frac{۱}{۲}$اینچ) سه شعاع تابشی با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر باید تابانده شود (DWE/SWV) زمانیکه فاصله سطح جوش تا منبع بیش از $\frac{۱}{۲}$ اینچ باشد چهار شعاع تابشی با زاویه ۹۰° درجه نسبت به یکدیگر باید تأیید

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

شود (DWE/SWV) زمانیکه محیط لوله شامل۳/۵ اینچ یا کمتر طول جوش باشد تابش، بازدید دو ردیفه انتخاب خواهد شد (DWE/DWV).

زمانیکه روی قطرهای کوچکتر پرتونگاری انجام می‌پذیرد در ضخامت‌های جداره ضخیم‌تر جهت به حداقل رساندن پیچیدگی تصاویر مقاطع از انتهای تصاویر باید نوردهی اضافی صورت پذیرد. حداقل فاصله بین منبع یا کانون و شی مورد پرتونگاری از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = \frac{ST}{K}$$

که در آن "S" عبارتست از اندازه منبع مؤثر یا اندازه کانونی و "T" ضخامت جوش تقویت شده باضافه فاصله بین جوش و فیلم می‌باشد. برای بدست آوردن "T" در دستورالعمل‌های SWE/SWV و DWE/SWV ضخامت جداره لوله باضافه جوش تقویت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد یا برای دستورالعمل DWE/DEV قطر خارجی جوش باید استفاده شود. قطر خارجی جوش عبارتست از قطر خارجی لوله باضافه ارتفاع متوسط گرده جوش و "K" برای ۲ اینچ و کمتر به مقدار ۰/۰۲ اینچ در فرمول مربوطه جایگذاری شود، اما پذیرش قطعی هر مورد باید منوط به امکان مشاهده تصویر نفوذسنج تعیین شده و سوراخ موردنظر باشد.

۸-۴- نفوذسنج‌ها:

نفوذسنج‌ها باید مطابق ASTM/EI42 و یا شکل ۱۷ طبق تصمیم کمپانی مربوطه انتخاب شوند. نفوذسنج‌ها باید از همان فلزی که از نظر پرتونگاری نظیر فلز مبنای مورد جوشکاری می‌باشد انتخاب شود.

۸-۴-۱- انتخاب نفوذسنج:

ماکزیمم ضخامت نفوذسنج‌ها بر مبنای ضخامت جداره لوله یا ضخامت جوش و شماره مشخصه نشان داده شده در جدول شماره ۴ برای استاندارد ASTM و جدول ۵ برای استاندارد API1104 تعیین می‌گردد. هرگاه نفوذسنج بر مبنای ضخامت جوش استفاده گردد ، لایه‌های فلزی باید از همان جنسی بکار رود که از نظر پرتونگاری مشابه جنس لوله بوده و ضخامتش با متوسط بلندی جوش متعادل باشد. در زمان استفاده از نفوذسنج‌ها بر مبنای ضخامت جداره لوله نیازی به لایه فلزی نیست.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

سوراخ‌های لازم جهت نفوذسنج‌ها برای استاندارد ASTM بر اساس ضخامت‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. برای استاندارد API 1104 سوراخ لازم باید به اندازه (2T) باشد. برای استاندارد API 1104 نیازی به کوچکتر کردن (2T) به قطر کمتر از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ نمی‌باشد.

Table 5—Thickness of Pipe Versus Thickness of ASTM E 1025 Penetrameter

Pipe Wall or Weld Thickness		Maximum Penetrameter Thickness		
Inches	Millimetres	Inches	Millimetres	Identifying Number
0–0.250	0–6.4	0.0125	0.32	12
> 0.250–0.375	> 6.4–9.5	0.0150	0.38	15
> 0.375–0.500	> 9.5–12.7	0.0175	0.44	17
> 0.500–0.750	> 12.7–19.1	0.0200	0.51	20
> 0.750–1.000	> 19.1–25.4	0.0250	0.64	25
> 1.000–2.000	> 25.4–50.8	0.0300	0.76	30

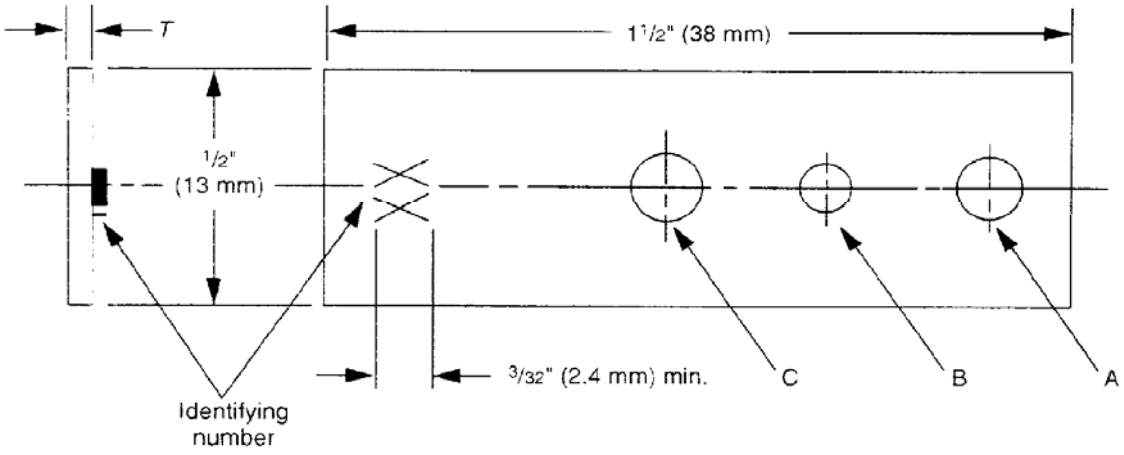
www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ضخامت نفوذسنج برحسب اندازه لوله (ASTM E142)

ضخامت جداره لوله یا ضخامت جوش		حداکثر ضخامت نفوذسنج		شماره مشخصه	سوراخ لازم
اینچ	میلی متر	اینچ	میلی متر		
0–¼ Inc.	0–6.35 Inc.	0.0075	.19	7	4T
>¼–⅜ Inc.	>6.35–9.52 Inc.	0.010	.254	10	4T
>⅜–⅝ Inc.	>9.52–15.88 Inc.	0.0125	.317	12	4T
>⅝–¾ Inc.	<15.88–19.05 Inc.	0.015	.381	15	4T
>¾–1 Inc.	>19.05–25.40 Inc.	0.0175	.444	17	4T
>1–1¼ Inc.	>25.40–31.75 Inc.	0.020	.508	20	4T
>1¼–1½ Inc.	>31.75–38.10 Inc.	0.025	.635	25	2T
>1½–2 Inc.	>38.10–50.80 Inc.	0.030	.762	30	2T

ضخامت نفوذسنج برحسب اندازه لوله (Apl 1lo4)

ضخامت جداره لوله یا ضخامت جوش		حداکثر ضخامت نفوذسنج		شماره مشخصه
اینچ	میلی متر	اینچ	میلی متر	
0–¼ Inc.	0–6.35 Inc.	0.005	.127	5
>¼–⅜ Inc.	>6.35–9.52 Inc.	0.0075	.19	7
>⅜–½ Inc.	>9.52–12.70 Inc.	0.010	.254	10
>½–⅝ Inc.	>12.70–15.88 Inc.	0.0125	.317	12
>⅝–¾ Inc.	>15.88–19.05 Inc.	0.015	.381	15
>¾–⅞ Inc.	>19.05–22.22 Inc.	0.0175	.444	17
>⅞–1 Inc.	>22.22–25.4 Inc.	0.020	.508	20
>1–1¼ Inc.	>25.4–31.75 Inc.	0.025	.635	25
>1¼–1½ Inc.	>31.75–38.10 Inc.	0.030	.762	30
>1½–2 Inc.	>38.10–50.8 Inc.	0.035	.889	35



شکل (۱۷)- نفوذسنج استاندارد

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Table 7—Thickness of Pipe Versus Diameter of ASTM E 747 Wire Penetrameter

Pipe Wall or Weld Thickness		Essential Wire Diameter		
Inches	Millimetres	Inches	Millimetres	ASTM Set Letter
0–0.250	0–6.4	0.008	0.20	A
> 0.250–0.375	> 6.4–9.5	0.010	0.25	A or B
> 0.375–0.500	> 9.5–12.7	0.013	0.33	B
> 0.500–0.750	> 12.7–19.1	0.016	0.41	B
> 0.750–1.000	> 19.1–25.4	0.020	0.51	B
> 1.000–2.000	> 25.4–50.8	0.025	0.64	B

بجز در مواردی که لازم نیست قطر کوچکترین سوراخ از $\frac{۱}{۱۶}$ اینچ (۱/۵۹ میلی‌متر) کمتر باشد. کلیه سوراخها می‌بایستی بطور عمود بر سطح سوراخ‌کاری و گرد شوند.

کلیه سوراخها می‌بایستی عاری از سوختگی بوده، اما لبه‌های سوراخ نمی‌بایست گرد شوند. هر نفوذسنج باید دارای شماره مشخصه سربی باشد.

میزان تلورانس ضخامت و قطر سوراخ‌های نفوذسنج باید ۱۰ ± درصد. یا $\frac{۱}{۲}$ اختلاف ضخامت برای اندازه‌های مختلف (ضخامت‌های مختلف) نفوذسنج باشد.

۲-۴-۸- نصب نفوذسنج:

در پرتونگاری از جوش کامل با تابش یک ردیفه منبع تابشی در درون خط لوله استفاده شده که تعداد سه عدد نفوذسنج با فواصل تقریباً مساوی در محیط لوله مورد نیاز خواهد بود.

موقعی که پرتونگاری جوش با تابش دو ردیفه- بازدید دو ردیفه صورت پذیرد. یک نفوذسنج در یک طرف منبع بطوری که طول آن عمود بر طول جوش باشد ، نصب می‌شود. موقعی که دستورالعمل تابش ترکیبی استفاده می‌گردد و طول فیلم بیش از ۵ اینچ است ، دو نفوذسنج در سمت فیلم نصب می‌گردد. یکی از آنها باید در ۱ اینچی انتهای درازی فیلم قرار گیرد و دیگری در مقابل منبع، بطور قطری قرار می‌گیرد. زمانیکه از تابش ترکیبی استفاده می‌شود و طول فیلم حدود ۵ اینچ یا کمتر باشد یک نفوذسنج در سمت فیلم روبروی منبع بطور قطری می‌گیرد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۸-۵- پرتونگاری جوش‌ها:

تنها پرتونگارهای رده ۲ و ۳ می‌توانند آزمایش پرتونگاری را انجام دهند. آنها باید کلیه گسیختگی‌های غیرقابل قبول مشاهده شده در تصاویر را به کمپانی مربوطه گزارش دهند، مگر اینکه کمپانی مربوطه کلیه مقاطع و گسیختگی‌ها اعم از قابل قبول بودن یا غیرقابل بودن را لازم بداند. پرتونگار مربوطه باید گزارشش حاوی مقایسه‌ای از نتایج حاصله با بخش ۶ این استاندارد باشد. کمپانی مربوطه تصمیم‌گیری نهایی را در این زمینه انجام خواهد داد.

۸-۶- تشخیص فیلم‌ها:

کلیه فیلم‌ها باید به کمک شماره‌های سربی با حروف و یا علایم دیگری به وضوح مشخص گردند، تا بتوان سریعاً و به طور دقیق محل‌های سالم جوش و محل‌های گسیختگی را تعیین نمود. امکان دارد که شیوه تشخیص فیلم‌ها را کمپانی مربوطه رأسا" تعیین نماید. هرگاه برای بازرسی جوش بیش از یک عدد فیلم بکار برده شود، علائم شناسایی باید روی فیلم‌ها وجود داشته باشد و علائم مربوطه به تعیین محل پرتونگاری شده برای هر دو فیلم متوالی باید مشترک باشد تا مشخص گردد که هیچ قسمتی از جوش از قلم نیفتاده باشد.

۸-۷- خصوصیات پرتونگاری:

۸-۷-۱- دستورالعمل‌تعیین صلاحیت پرتونگاران :

پرتونگاران خط لوله باید از نظر SNT-TC-LA مورد قبول باشند.

۸-۷-۲- کارنامه پرتونگاران با صلاحیت:

کارنامه پرتونگاران با صلاحیت باید به وسیله کمپانی مربوطه نگهداری شود این کارنامه باید شامل نتایج آزمون تعیین صلاحیت، تضمین مؤسسه مربوطه و پرتونگار مذکور و اطلاعات در مورد خصوصیات وی باشد. ممکن است برای پروژه معینی از یک جوشکار واجد شرایط دوباره امتحان شود. به هر حال امتحان مجدد تعیین صلاحیت برای هر سه سال یک بار ضروری است.

۸-۸- انبار کردن فیلم:

کلیه فیلم‌های خام باید در محلی خشک و تمیز که شرایط محیطی باعث ضایعات در آن نگردد ، نگهداری شوند. در صورت وجود هرگونه شک و شبهه‌ای در مورد وضعیت فیلم‌های خام، باید فیلم‌های زیر و روی هر بسته فیلم به طولی برابر محیط حلقه اصلی بدون اینکه در معرض تابش قرار گیرد با روش معمولی ظاهر شوند. در صورت وجود

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

لکه‌های مات روی این قسمت از فیلم‌ها کلیه فیلم‌های آن بسته یا حلقه باید از رده خارج شود. مگر اینکه آزمایشی اضافی دیگری ثابت کند که بقیه فیلم‌های بسته یا حلقه مذکور عاری از لکه‌های مات با دانسیته H&D بیش از ۰/۳۰ می‌باشد.

۹-۸- دانسیته فیلم:

فیلم‌ها باید به حدی تحت تابش اشعه قرار گیرند که دانسیته H&D در فلز جوش از ۱/۸ برای فیلم اصلی پایین‌تر نیامده و یا برای فیلم کدر مبنا ۵۰٪ باشد.

۱۰-۸- ظهور فیلم:

در صورت تجویز کمپانی، ظهور تصاویر پرتونگاری باید طوری تهیه شوند که نگهداری و انبار کردن فیلم‌ها برای حداقل سه سال امکان‌پذیر باشد.

۱۱-۸- تاریک خانه:

تاریک‌خانه و وسایل آن باید در تمامی اوقات تمیز نگهداری شوند.

۱۲-۸-حفاظت در مقابل تشعشع:

حفاظت و تعیین میزان تشعشع به افرادی که با اشعه در نزدیک آن کار می‌کنند ، از مسئولیت‌های پرتونگار است. موارد مذکور باید با مقررات همخوانی داشته باشد.

بخش ۹- جوشکاری اتوماتیک

۱-۹- عملیات قابل قبول:

جوشکاری اتوماتیک باید به یکی از روش‌های زیر یا ترکیبی از آنها انجام پذیرد:

الف- جوشکاری با قوس الکتریکی زیر پودری.

ب- جوشکاری فلزی با گاز محافظ.

ج- جوشکاری قوسی گاز تنگستن.

د- جوشکاری قوسی با روانساز مغزی همراه با حفاظت خارجی یا بدون آن.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۹-۲- خصوصیات دستورالعمل:

قبل از شروع جوشکاری، باید دستورالعمل مشروح جهت بررسی و ثبوت خواص مکانیکی (مقاومت، نرمی و سختی ...) تهیه گردد.

کیفیت جوش‌ها باید به وسیله آزمایش‌های تخریبی و غیرتخریبی و مقایسه با مقررات مندرج در قسمت ۶-۲ و بخش ۶ ترتیب تعیین گردد. دستورالعمل‌ها تا زمانیکه تغییر عوامل اساسی به وسیله کمپانی تجویز نشود، پابرجا خواهد بود. (مطابق قسمت ۵-۹)

۹-۳- ثبت گزارشات:

تمامی جزئیات دستورالعمل‌های تأیید شده باید ثبت گردد. این گزارشات باید نتایج کامل آزمایشات کیفی جوش را در برگیرد. فرم‌های ضمیمه A و B باید در این مورد استفاده شوند. گزارشات تا زمان استفاده از دستورالعمل، معتبر است.

۹-۴- مشخصات دستورالعمل:

هر دستورالعمل جوشکاری اتوماتیک باید شامل موارد زیر باشد.

۱- پروسس (عملیات): مشخص کردن پروسس جوشکاری.

۲- جنس لوله و اتصالات: مشخص کردن جنس مواد تشریح شده در دستورالعمل با استفاده از 5LS و 5LX و API SPEC.5L و موادی مطابق استاندارد ASTM که بر حسب نقطه تسلیم هر جنسی طبقه‌بندی شده باشد.

۳-گروه‌بندی قطری: مشخص کردن محدوده قطرهای مشروحه در دستورالعمل.

۴- گروه‌بندی ضخامت‌های جداره لوله و تعداد و ترتیب لایه‌های لازم: مشخص کردن محدوده ضخامت‌های جداره لوله بر اساس نیاز دستورالعمل و تعیین محدوده تعداد لایه‌های مورد نیاز برای ضخامت‌های مذکور و همچنین ماشین مورد استفاده برای آن.

۵- طراحی اتصال: نشان دادن طرح ساده اتصال (U شکل- V شکل و غیره)، محدوده زاویه پخ، اندازه سطح ریشه و گسترش آن طرح پشت‌بندی در صورت لزوم.

۶- فلز پرکننده: مشخص کردن اندازه و طبقه‌بندی AWS (اگر در دسترس باشد).

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۷- خواص الکتریکی: مشخص کردن جریان و محل قطب مثبت یا منفی، نشان دادن حدود ولتاژ و میزان شدت جریان برای هر اندازه یا نوع الکترود استفاده شده.

۸- وضعیت: جوشکاری ساکن (موضعی) یا گردان.

۹- جهت جوشکاری: برای جوشکاری ساکن، نشان دادن جهت سربالا یا سرپایین.

۱۰- مدت زمان لازم برای پاس‌های متوالی جوشکاری: نشان دادن ماکزیمم زمان بین تکمیل‌لایه ریشه‌ای و شروع پاس دوم. همچنین تعیین ماکزیمم زمان بین تکمیل لایه دوم تا آغاز پاس بعدی و... .

۱۱- نوع گیره همطرازی بکار رفته: نشان دادن داخلی یا خارجی بودن گیره و یاعدم نیاز به آن.

۱۲- تمیزکاری: تشریح تمیزکاری قبل و بعد از جوشکاری.

۱۳- عملیات حرارتی قبل از جوشکاری: مشخص کردن روش، وسعت مورد گرمایش، مینیمم درجه حرارت شروع جوشکاری، مینیمم درجه حرارت محیط.

۱۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری: مشخص کردن روش، وسعت مورد گرمایش، مینیمم و ماکزیمم درجه حرارت، زمان تثبیت در درجه حرارت معین و کنترل آن.

۱۵- گازهای محافظ و میزان جریان: تعیین ترکیب و محدوده دبی جریان گاز محافظ.

۱۶- روانسازهای محافظ: مشخص کردن رده طبقه‌بندی AWS در صورت دسترسی.

۱۷- سرعت پیشروی: نشان دادن محدوده سرعت پیشروی برای هر پاس بر حسب اینچ در دقیقه.

۱۸- در صورت لزوم فاکتورهای دیگری که روی کیفیت جوشکاری در شرایط مشخص و ویژه تأثیرگذار باشند در دستورالعمل درج خواهد شد. مانند محل و زاویه قوس برای جوشکاری SAW، نوسانات و فرکانس... .

۵-۹- متغیرهای اساسی:

تغییرات مشروحه زیر بعنوان متغیرهای اساسی پایه اصلی دستورالعمل‌را تشکیل می‌دهند هرگونه تغییری که مطابق فهرست زیر در دستورالعمل صورت پذیرد لازم است که دستورالعمل مجدداً مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گرفته و مجدداً به تصویب برسد. بقیه تغییرات در دستورالعمل نیازی به تأیید مجدد دستورالعمل نداشته ولی دستورالعمل جدید تهیه شده باید بطوری باشد، که کلیه تغییرات در آن مشهود باشد.

۱- تغییر در عملیات (پروسس) جوشکاری

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۲- تغییر جنس لوله: برای این استاندارد کلیه فولادهای کربن‌دار به شرح زیر طبقه‌بندی می‌گردد:

الف- فولادهایی با مینیمم نقطه تسلیم به میزان ۴۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و کمتر از آن.

ب- فولادهایی با مینیمم نقطه تسلیم بین ۴۲۰۰۰ تا ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع.

ج- فولادهایی با مینیمم نقطه تسلیم بیش از ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع.

توضیح: طبقه‌بندی فوق بدین معنا نیست که هیچگونه تفکیکی در یک گروه بین فلزات لوله‌ها و فلزات پرکننده وجود ندارد. در جایگزینی یک فلز بجای فلز هم گروهش علاوه بر آزمایش کنترل کیفیت باید همخوانی بین فلز مبنا و الکترود دقیقاً در نظر گرفته شود. همخوانی دو فلز از نقطه‌نظر خصوصیات متالوژیک، خواص مکانیکی و عملیات حرارتی مورد نیاز قبل و بعد از جوشکاری باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد.

۳- تغییر طرح اتصال: این مورد شامل تغییرات کلی نظیر V شکل، U شکل و... می‌گردد. تغییرات جزیی در زاویه پخ و سطح جوشکاری جزء متغیرهای اساسی نمی‌باشد.

۴- تغییر در ضخامت جداره لوله: تغییر در ضخامت جداره لوله خارج از محدوده دستورالعمل.

۵- تغییر در قطر لوله: تغییر در قطر لوله خارج از محدوده در دستورالعمل.

۶- تغییر در فلز پرکننده.

الف- تغییر از یک گروه پرکننده به گروه دیگر.

ب- برای لوله‌های با جنس ذکر شده در قسمت ۲۰-الف و۲- ب ،تغییر فلز پرکننده می‌تواند برای فلزات یک گروه صورت گیرد. همخوانی فلز مبنا و فلز پرکننده در مورد خواص مکانیکی باید مورد توجه قرار گیرد.

ج- برای لوله‌هایی با جنس مشروحه در قسمت ۲- ج بدون ارزیابی جدید نباید هیچ تغییری در طبقه‌بندی برای فلز پرکننده انجام شود.

۷- تغییر در اندازه سیم فلز پرکننده.

۸- تغییر در مدت زمان بین جوشکاری لایه ریشه‌ای و لایه ثانویه بیش از ماکزیمم تعیین شده در دستورالعمل.

۹- تغییر در گاز محافظ: از یک گاز به گاز دیگر، از یک مخلوط گازها به مخلوطی دیگر.

۱۰- تغییر اساسی در میزان جریان گاز محافظ: افزایش یا کاهش آن نسبت به میزان مندرج در دستورالعمل.

۱۱- تغییر در روانساز محافظ: رجوع شود به جدول شماره ۱ توضیح مربوط به گروه ۴.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۱۲- تغییر در سرعت پیشروی خارج از محدوده تعیین شده در دستورالعمل.

۱۳- تغییر در جهت جوشکاری از سر بالا به سر پایین و بالعکس.

۱۴- تغییر در مقررات عملیات حرارتی قبل از جوشکاری مندرج در دستورالعمل.

۱۵- تغییر در موازین عملیات حرارتی پس از جوشکاری مندرج در دستورالعمل.

۱۶- تغییر در خواص الکتریکی مندرج در دستورالعمل.

۶-۹- تجهیزات جوشکاری و خصوصیات اپراتور:

هر واحد جوشکاری و هر اپراتور باید دستورالعمل‌های جوشکاری مورد تأیید را استفاده نماید. برای هر جوش کامل باید آزمایش به روش‌های تخریبی یا غیرتخریبی و یا مقایسه با قسمت‌های ۲-۳ و ۴-۳ و ۵-۳ و ۶-۳ صورت گیرد. هر اپراتور باید آموزش کافی دیده باشد و قبل از شروع جوشکاری کاملاً با دستگاه و تجهیزات جوشکاری اتوماتیک آشنایی داشته باشد. در واحدهای جوشکاری اتوماتیک مشابه هرگونه تغییر مکان یا اضافه شدن تجهیزات، جوش به دست آمده به وسیله آزمایش‌های غیرتخریبی سنجیده خواهد شد. هرگاه دستورالعمل جوشکاری بیش از یک سیستم بهره‌برداری، یا بیش از یک اپراتور را در برگیرد ، در این صورت هر اپراتور باید در رابطه با وظیفه‌ای که در اپراتوری دستگاه دارد مورد امتحان و تأیید قرار گرفته باشد.

۷-۹- کارنامه اپراتور واجد شرایط:

این کارنامه باید شامل نتایج تفضیلی آزمایش‌های توضیح داده شده در قسمت ۶-۹ باشد. فرمی مطابق ضمیمه B استاندارد باید مورد استفاده قرار گیرد. (این فرم را می‌توان برای موارد استفاده هر کمپانی تغییر داده مشروط بر اینکه توضیحات داده شده بطور مشروح نتایج ضمیمه‌ها و تغییرات عمومی در مقررات و همچنین مشمول مرور زمان شدن آنها در برداشته باشد) در این رابطه باید لیستی از اپراتورهای واحد شرایط برای دستورالعمل‌های مشخص تهیه گردد هرگاه در مورد توانائی هر اپراتور تردیدی وجود داشته باشد امتحان مجدد و تأیید دوباره وی ضروری است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۸-۹- بازرسی و آزمایش جوشکاری:

در این رابطه مقررات بخش ۵ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۹-۹- استاندارد قبولی جوش- آزمایش‌های غیرتخریبی:

در این رابطه مقررات بخش ۶ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱۰-۹- ترمیم و عیب‌زدائی:

در این رابطه مقررات بخش ۷ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بعلاوه هرگاه ترمیم و تعمیری بیش از حدود تعیین شده احتیاج به عملیات بخصوصی داشته باشد دستورالعمل تعمیرات مطابق با قسمت ۵-۹- تهیه گردد.

۱۱-۹- دستورالعمل پرتونگاری:

در این رابطه مقررات بخش ۸ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

برای استفاده‌کنندگان استاندارد 1104

ارائه ضوابط در این استاندارد بر PROCEDURE QUAL IFICATION AND RECORD که انجام آن را طلب می‌کردند و نیز خواستار هماهنگی آن با استانداردهای A.W.S و سایر ضوابط مشابه بودند. هم فرم‌های مربوط به دستورالعمل مثبت گزارشات و هم فرم آزمایش تعیین صلاحیت در ضمیمه‌های A و B آمده است. از آنجا که استفاده این فرم‌ها اجباری نیستند می‌توان آنها را برای سهولت کار انتخاب کرد و در مواردی نیز می‌توان آنها را کیفیت داد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

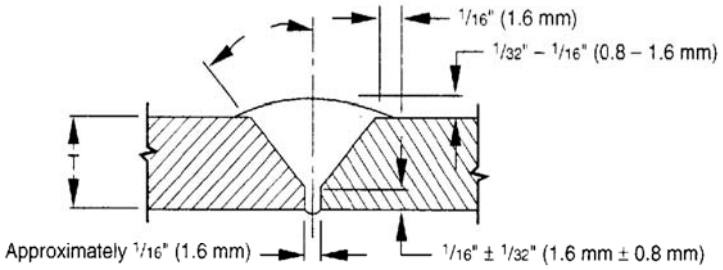
(فرم نمونهA)

Reference: API Standard 1104, 5.2

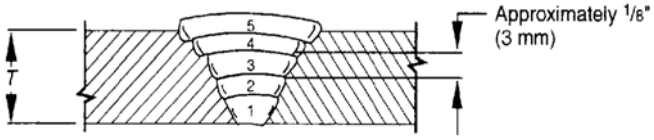
PROCEDURE SPECIFICATION NO. _____

For _____ Welding of _____ Pipe and fittings
Process _____
Material _____
Diameter and wall thickness _____
Joint design _____
Filler metal and no. of beads _____
Electrical or flame characteristics _____
Position _____
Direction of welding _____
No. of welders _____
Time lapse between passes _____
Type and removal of lineup clamp _____
Cleaning and/or grinding _____
Preheat/stress relief _____
Shielding gas and flow rate _____
Shielding flux _____
Speed of travel _____
Plasma gas composition _____ Plasma gas flow rate _____
Plasma gas orifice size _____
Sketches and tabulations attached _____

Tested _____ Welder _____
Approved _____ Welding supervisor _____
Adopted _____ Chief engineer _____



Standard V-Bevel Butt Joint



Sequence of Beads

Note: Dimensions are for example only.

ELECTRODE SIZE AND NUMBER OF BEADS

Bead Number	Electrode Size and Type	Voltage	Amperage and Polarity	Speed

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

COUPON TEST REPORT

Date _____ Test No. _____
Location _____
State _____ Weld Position: Roll ❑ Fixed ❑
Welder _____ Mark _____
Welding time _____ Time of day _____
Mean temperature _____ Wind break used _____
Weather conditions _____
Voltage _____ Amperage _____
Welding machine type _____ Welding machine size _____
Filler metal _____
Reinforcement size _____
Pipe type and grade _____
Wall thickness _____ Outside diameter _____

	1	2	3	4	5	6	7
Coupon stenciled							
Original specimen dimensions							
Original specimen area							
Maximum load							
Tensile strength							
Fracture location							

❑ Procedure ❑ Qualifying test ❑ Qualified
❑ Welder ❑ Line test ❑ Disqualified

Maximum tensile _____ Minimum tensile _____ Average tensile _____
Remarks on tensile-strength tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
Remarks on bend tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
Remarks on nick-break tests _____
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Test made at _____ Date _____
Tested by _____ Supervised by _____

Note: Use back for additional remarks. This form can be used to report either a procedure qualification test or a welder qualification test.

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

" ضمیمه B "

(فـــرم نمونه)

فـرم گزارش آزمایشـــــات

شماره آزمایش .....

محـــــــل .....

تاریخ ..... آدرس ..... جوشکاری گـردان ..... جوشکاری ساکن .....

جـوشکـار ..... علامت مشخصـــــه .....

مدت جـوشکاری ..... ساعت ..... روز .... متوسطه درجه حرارت ...

شرایـط جـــوی .....

حفاظ بکار برده شده درمقابل باد ..... ولتاژ ..... شدت جـریان .....

نوع ماشین جوشکاری ..... اندازه .....

فلـــزپـرکننده .....

اندازه قسمت تقویت شده جوش .....

نوع لوله و رده آن .....

ضخامت جدار ..... قطـرخارجـی .....

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

" ادامـــــه ضمیمه B "

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شماره لایـــــه	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
اندازه الکترود ...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
تعداد الکترودها ...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
فرم استنسیل شده اصلی	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ابعاد صفحـــه	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
مساحت اولیه صفحه ..	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
حداکثر بـــــار	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
مقاومت کششی برا ینج	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
مساحت صفحه	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
محل گسیختگـــی	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

☐ دستورالعمـــــل ☐ آزمایش تعیین صلاحیت ☐ قبـــــول

☐ جوشکـــــــار ☐ آزمایش خطوط لولـــــه ☐ مردود

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

" ادامه ضمیمه B "

حداکثر .....حداقل ..... میانگین .....

تذکرات در مورد آزمایشات کششی

۱ –

۲ –

۳ –

۴ –

تذکرات در مورد آزمایشهای خمش

۱ –

۲ –

۳ –

۴ –

تذکرات در مورد آزمایشات تکانی

۱ –

۲ –

۳ –

۴ –

آزمایش در تاریخ ..... در..... انجام شد .

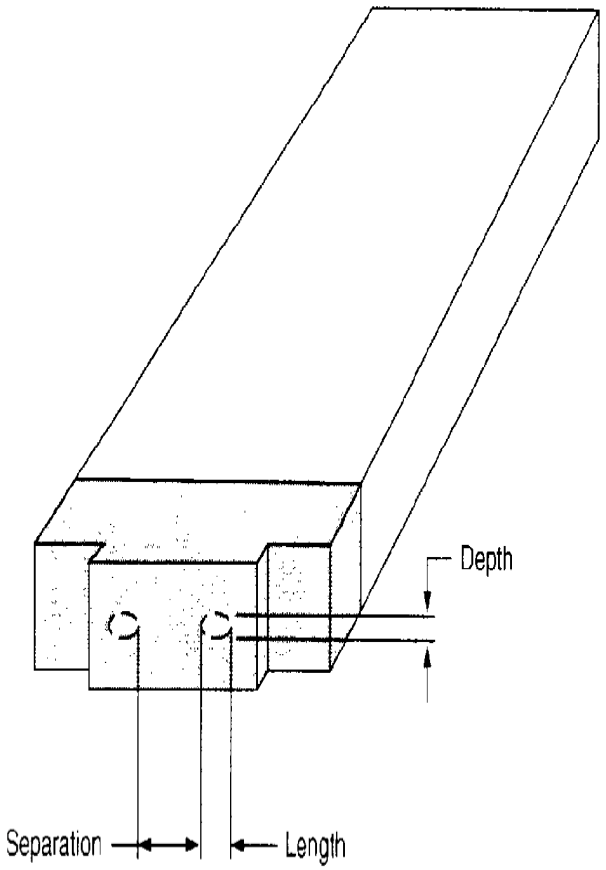
ممتحن ..... ناظر

(برای توضیحات بیشتر به ضمیمه بعد مراجعه شود)

توجه : این فرم را میتوان هم برای آزمون دستورالعمل تائیدشده وهم برای آزمونهای تعیین صلاحیت جوشکاران بکار برد .

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

(فرم ضمیمه C)



(ابعاد غیر گسیختگی در نمونه های جوش)

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۱۰-رادیوگرافی: (R. T)

روش تست RT و کارایی این روش:

- اصولاً روش RT برای آشکارسازی چه نوع عیوبی به کار می‌رود؟

کارایی این روش شناسایی و اثبات وجود عیوب احتمالی موجود درون مواد به کار می‌رود.

این روش برای شناسایی عیوب سطحی، زیرسطحی و عمقی به کار می‌رود.

هنر عمده روش رادیوگرافی شناسایی عیوب سه‌بعدی یا حجمی می‌باشد.

- عیوب موجود در مواد فلزی عبارتند از:

۱- عیوب سطحی و یا زیرسطحی (ترک، تخلخل و یا تغییر جنس در سطح قطعه و... در سطح قطعه)

۲- عیوب عمقی و یا داخلی درون قطعات. (معمولاً عیوبی که بیش از یک میلی‌متر در داخل قطعه قرار دارند و از سطح قطعه فاصله دارند را عیوب عمقی یا زیرسطحی می‌گویند.)

- اگر عمق عیوب نسبت به سطح قطعه کمتر از یک میلی‌متر باشد را عیوب سطحی می‌گویند.

تقسیم‌بندی عیوب از نظر ابعادی:

۱- عیوبی که دارای ابعاد قابل اندازه‌گیری هستند و ابعاد آنها تقریباً اندازه هایی نزدیک به هم داشته باشند عیوب را حجمی یا سه‌بعدی می‌گویند مانند تخلخل، انواع ناخالصی‌های فلزی و غیرفلزی.

۲- عیوبی را که ابعاد آنها دارای اختلاف اندازه‌های زیادی باشند و یا به عبارتی یکی از ابعاد آنها نسبت به دو بعد دیگر خیلی اختلاف اندازه داشته باشد را عیب صفحه‌ای یا عیب دوبعدی می‌گویند مانند انواع ترک‌ها، لایه‌ای شدن Lamination، L.O.F (عدم ذوب‌شدگی)

اساس کار سیستم رادیوگرافی:

منبع تابش تشعشعات الکترومغناطیسی از نوع X.

نکته ۱: این امواج هر چقدر در طول مسیر با جرم بیشتری برخورد کنند و طول مسیر عبوری آنها بیشتر باشد، افت انرژی بیشتری دارند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

- طیف تشعشعات الکترومغناطیسی:

امواج اشعه X- امواج ماوراءبنفش- امواج نور سفید- امواج مادون قرمز- امواج مایکروویو- امواج رادیویی (امواج γ)

$N\downarrow$ طول موج خیلی پایین

$E\uparrow$ انرژی زیاد

- منبع تابش اشعه رادیواکتیو (منبع اشعه X) را سورس می‌گویند.

- بر روی فیلم که از نوع پلاستیک شفاف می‌باشد، دانه‌های برمید نقره بر روی هر دو طرف فیلم رادیوگرافی چسبانده شده است.

- در جاهایی که اشعه با انرژی بیشتر به فیلم برخورد می‌کند باعث می‌شود یونیزاسیون برمید نقره بیشتر شده و فیلم بعد از ظهور در آن قسمت سیاه‌تر و تاریک‌تر می‌باشد و در جاهایی از فیلم که به ضخامت بیشتر چسبانده شده و انرژی خروجی از قطعه دارای انرژی خروجی کمتری می‌باشد، یونیزاسیون برمید نقره کمتر و فیلم بعد از ظهور دارای سیاهی کمتر (سفیدتر) می‌باشد.

- بر روی دانه‌های برمید نقره یک لایه چسبی ژلاتینی می‌کشند تا برمید نقره از سطح فیلم جدا نشود.

- هر چقدر دانه‌بندی برمید نقره کوچک‌تر باشد، فیلم را دانه ریز می‌گویند و کیفیت وضوح تصویر بیشتر می‌شود.

- ناخالصی‌ها در جوش هیچ‌گاه به صورت گرد نبوده و دارای شکل هندسی منظمی نیستند و سیاهی آنها نسبت به سیاهی تخلخل کمتر است چون دارای جرم هستند و مقداری از اشعه را جذب می‌کنند.

تنگستن دارای جذب اشعه زیادی می باشد و در صورتی که تنگستن در جوش وجود داشته باشد، شکل روی فیلم به صورت سفیدرنگ می‌شود، همچنین سرب نیز این حالت را داراست.

در صورتی که در فلز جوش دارای ترک باشد و این ترک در راستای تابش اشعه باشد، یک خط سیاه‌رنگ به صورت کم‌رنگ ایجاد شده که این خط به صورت صاف نبوده و معمولاً دارای لبه‌های مورب می‌باشد.

اگر ترک موردنظر عمود بر راستای تابش اشعه باشد به علت اینکه تغییرات جذب انرژی خیلی ناچیز است رادیوگرافی نمی‌تواند این ترک را شناسایی کند ولی اگر ترک مورب باشد، شناسایی این عیب به حالت ۵۰ درصد می‌باشد (اگر ترک تحت زاویه باشد).

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

اگر در عیوب دوبعدی، صفحه‌ی آنها به موازات تابش اشعه باشد، عیوب توسط روش رادیوگرافی قابل تشخیص هستند ولی اگر صفحه عیوب دوبعدی عمود بر تابش اشعه باشد، توسط این روش قابل شناسایی نیستند.

انواع روش‌های رادیوگرافی:

۱- روش یک دیواره و یک تصویر (Single wall single Image)

کیفیت و دقت این روش رادیوگرافی بسیار بالاست. در پلیت‌ها از این تکنیک استفاده می‌شود ولی در رابطه با لوله‌های قطر بالا و یا مخازن کروی یا استوانه‌ای از این تکنیک با نام پانورامیک استفاده می‌شود.

۲- دو دیواره و یک تصویر (Double wall single Image)

در این روش دقت رادیوگرافی از روش یک دیواره و یک تصویر کمتر است و مخصوص لوله‌ها و مخازنی که امکان قرار دادن سرس درون مخزن وجود ندارد، می‌باشد و معمولاً به ازای هر ۱۲۰ درجه، یک بار اشعه تابانده می‌شود. در این روش معمولاً در هر تاباندن، اشعه از دو دیواره عبور می‌کند تا به فیلم مقابل برسد و در لبه‌های سه فیلم باید مقداری over lap داشته باشیم.

۳- تکنیک دو دیواره و دو تصویر

جهت رادیوگرافی لوله‌های با قطر پایین (کمتر از "۴) به کار می‌رود.

تحت زاویه تقریباً 30° سرس را قرار داده و شوت می‌کنیم.

در این روش لوله را به چهار قسمت ۹۰ درجه تقسیم می‌کنیم و ابتدا فیلم را زیر لوله قرار می‌دهیم و اشعه را تحت زاویه 30° می‌تابانیم که در این حالت قسمت بالای جوش به صورت بیضی و کم‌رنگ‌تر و قسمت زیر جوش چون به فیلم نزدیک‌تر است با وضوح بیشتر قابل رؤیت می‌باشد. در ادامه لوله را ۹۰ درجه چرخانده و عمل رادیوگرافی را مانند حالت قبل تکرار می‌کنیم.

- وظیفه صفحات تشدیدکننده Intensy Fire (صفحات سربی که فیلم خام رادیوگرافی بین آنها قرار می‌گیرد) چیست؟

۱- جذب اشعه‌ها پراکنده (اشعه‌های نرم را جذب می‌کنند).

۲- زمان تابش اشعه جهت انجام رادیوگرافی را کاهش می‌دهد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

۳- ورق سربی پایینی اجازه بازگشت اشعه را از پایین به فیلم نمی‌دهد (اشعه بازگشتی را جذب می‌کند) با این عمل کیفیت وضوح تصویر بیشتر می‌شود.

- صفحات سربی که فیلم خام بین آنها قرار می‌گیرد، خود نیز توسط دو کاست یا صفحه یا کاور پوشیده شده‌اند.

- اشعه‌های نرم طول موج بالایی دارند و دارای انرژی کمی هستند و به محض برخورد با مواد دنسیتی بالا مثل سرب جذب آنها می‌شوند.

- ضخامت صفحات سربی حدود ۰/۰۱ اینچ می‌باشد.

- فیلم بج جهت افرادی که در معرض تابش اشعه هستند استفاده شده و جهت نشان دادن میزان جذب اشعه توسط بدن می‌باشد.

- فیلم رادیوگرافی نباید در مجاورت نور قرار گیرد.

- مراحل ظهور فیلم رادیوگرافی:

جهت ظهور فیلم رادیوگرافی از چهار مخزن مایع استفاده می‌کنند که به ترتیب عبارتند از:

۱- مخزن اول دارای داروی ظهور (Developer) می‌باشد که یک مایع قلیایی می‌باشد.

۲- مخزن دوم حاوی آب یا مقداری آب به علاوه اسید استیک می‌باشد.

۳- مخزن سوم حاوی مایع ثابت‌کننده Fixer می‌باشد که ماده ژلاتینی روی فیلم را سفت می‌کند و این مواد حالت اسیدی دارند.

۴- مخزن چهارم حاوی آب می‌باشد.

- برای تست کردن محلول Developer از لحاظ قابل استفاده بودن به این ترتیب عمل می‌کنیم که تکه‌ای از فیلم خام را برای چند دقیقه درون این مایع قرار می‌دهیم، اگر رنگ فیلم سیاه شد دارو قابل استفاده است.

- برای تست محلول Fixer تکه فیلم خام را برای چند دقیقه در داخل این مایع قرار داده، اگر رنگ فیلم شفاف و روشن شود، دارو قابل استفاده می‌باشد.

- دمای محلول‌ها باید بین ۳۰°c- ۱۸°c باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

دستگاه رادیوگرافی از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- تیوب که از طریق آن تابش اشعه انجام می‌گیرد و در داخل آن از طریق اعمال ولتاژ خیلی بالا در حد ۱۶۰ Kv و بالاتر از طریق آند بر روی صفحه تنگستنی بمباران الکترونی انجام می‌دهند، که با این عمل باعث ایجاد اشعه X می‌شوند و در اثر این عمل گرمای بسیار زیادی ایجاد شده و برای انتقال این گرما در پشت صفحه تنگستنی، صفحات مسی دارای روزنه قرار داده که این حرارت را منتقل می‌کنند.

۲- کنترلر جهت تنظیم ولتاژ، کنترل زمان (هر درجه روی آن بیانگر ۱۲ ثانیه می‌باشد) بوده و همچنین آلارم تابش اشعه بر روی آن تعبیه شده است.

۳- سیستم خنک‌کننده ،توسط هوا، روغن یا آب عمل خنک‌کاری دستگاه را انجام می‌دهد.

مراحل رادیوگرافی در استفاده از اشعه X:

۱- جهت رادیوگرافی ابتدا جنس قطعه را شناسایی می‌کنیم.

۲- میزان ضخامت قطعه را اندازه‌گیری می‌کنیم (ضخامت قسمت جوش شده را اندازه‌گیری می‌کنیم).

۳- ترجیحاً ولتاژ را بیشتر انتخاب می‌کنیم تا تصویر دارای وضوح بیشتری باشد.

۴- زمان تابش اشعه را محاسبه می‌کنیم که تابع فاکتورهای زیر می‌باشد:

الف) نوع فیلم.

ب) فاصله منبع تابش اشعه تا سطح فیلم در زیر قطعه.

دیاگرام نوردهی Exposure chart:

زمان تابش به قطعه با توجه به میزان ولتاژ اعمال شده، ضخامت قطعه و نوع قطعه محاسبه می‌شود.

Exposure = میلی‌آمپر × دقیقه

$$Exposure = ۱۰^{۰/۷۵} = ۵.۶\ mA.\min$$

محاسبه زمان تابش در قطعه فولادی به ضخامت ۱۱/۵ میلی‌متر

$$I = ۵\ mA \text{ طبق طراحی دستگاه} \rightarrow Time = \frac{۵/۶}{۵} = ۱/۱۲ \text{ دقیقه}$$

طبق چارت نوردهی نوع فیلم و فاصله منبع تا قطعه مشخص شده است.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

- اطلاعاتی که لازم است هنگام رادیوگرافی بر روی قطعه ثبت شود عبارتند از:

۱- خط‌کش سربی (جهت تعیین اندازه قطعه بر روی فیلم).

۲- حروف سربی که جهت تعیین روش جوشکاری (به طور مثال SMAW)، ضخامت قطعه، فاصله فیلم تا آند (Filme Focus distance) می‌باشد.

۳- جهت نشان دادن نشانگر کیفیت تصویر Image quality Indicator

که بیانگر مینیمم و ماکزیمم اندازه عیوب قابل رؤیت در فیلم می‌باشد و با توجه به کوچک‌ترین قطری که از این نشانگر بر روی فیلم باشد می‌توان قطر کوچک‌ترین عیوب را که توسط فیلم نشان داده می‌شود را تعیین کرد.

$$\frac{\text{کوچک‌ترین ضخامت سیم در تصویر فیلم} \times ۱۰۰}{\text{ضخامت قطعه در محل بازرسی}} = X\ \%$$

- در استفاده از دستگاه رادیوگرافی قبل از کار، پیش گرمایی (warm up) را در ولتاژهای مختلف تا ولتاژ موردنظر انجام داده و سپس کار رادیوگرافی را انجام می‌دهیم و این کار باعث افزایش طول عمر دستگاه می‌شود.

- یک حرف B پشت فیلم می‌چسبانیم، اگر حرف B روی فیلم بیفتد یعنی اشعه پراکنده داریم و وضوح فیلم خوب نیست ولی اگر حرف B روی فیلم نباشد، یعنی کیفیت فیلم خوب است.

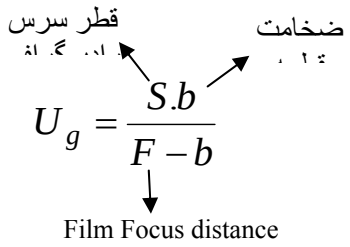
- توسط دستگاهی به نام گایگر وجود اشعه در محیط آشکار می‌شود.

- جهت ظهور فیلم، باید فیلم سبز مغز پسته‌ای را به مدت ۲ دقیقه (چون دمای محیط محلول $28^{\circ}c$ است) در محلول Developer قرار داده، زمانی که رنگ فیلم خاکستری شد آن را توسط محلول آب حدود یک دقیقه شستشو داده، سپس فیلم را در داخل محلول Fixer قرار داده و مدت زمانی که باید فیلم در محلول Fixer باشد، حدود دو برابر مدت زمانی است که در محلول Developer قرار می‌گیرد. پس از اینکه ژلاتین روی فیلم توسط محلول Fixer سفت شد و فیلم شفاف شد، آن را توسط آب شستشو داده و در مرحله آخر توسط دستگاه dryer فیلم را خشک می‌کنیم.

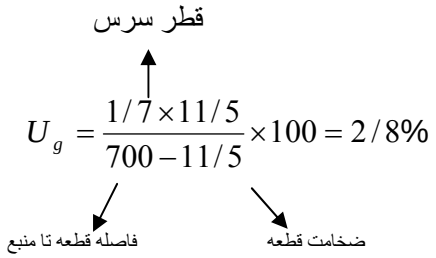
- اگر دمای محلول $18^{\circ}c$ باشد، زمان قرار دادن فیلم در محلول Developer به چهار دقیقه افزایش می‌یابد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

- محاسبه‌ی عدم وضوح تصویر:



در رادیوگرافی قطعه به ضخامت ۱۱/۵ میلی‌متر میزان عدم وضوح تصویر عبارت است از:



- هر چقدر عدم وضوح تصویر U_g کمتر باشد، کیفیت تصویر بهتر است.

U_g = Unsharpness

- میزان سیاهی و تیرگی فیلم توسط دنسیتومتر اندازه‌گیری می‌شود.

نحوه کار با دنسیتومتر بدین صورت است که یکی از چهار پایه این دستگاه دارای حساسیت می‌باشد. با استفاده از این پایه یک نقطه روی نمایشگر فیلم را صفر کرده، سپس فیلم را بر روی نمایشگر فیلم قرار داده و در همان نقطه که دستگاه را صفر کرده بودیم دانسیته نقاط مختلف فیلم را اندازه‌گیری می‌کنیم.

(کتاب پرتونگاری صنعتی تألیف بهمن چویک در خصوص رادیوگرافی می‌باشد).

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

لغت‌نامه

	A
سایش	ABRASION
تأثیر	AFFECT
جذب	ABSORPTION
فولاد آلیاژی	ALLOY STEEL
زاویه	ANGEL
محیطی- شرایط بیرونی	AMBIENT
جوشکاری با قوس الکتریکی	ARC WELDING
همطرازی- امتداد	ALIGNMENT
	B
برس‌زنی	BRUSH
لایه	BEAD
اریب، پخ کردن، پخ زدن، کونیک کردن	BEVEL
خمش، خم، کج	BEND
جوش لب به لب- شکافی	BUTT WELD
سوختگی درون لوله‌ای	BURNING THROUGH
پشت‌بند	BACK UP
پشت‌بند تسمه‌ای	BACKING STRIP
لحیم‌کاری	BRAZING
	C
ماهیچه، مغزه، هسته	CORD
مغزه، مغزه شده، متمرکز شده	CORDE
گیره	CLAMP
سازگاری- همخوانی	COMPATIBILITY
فرو رفتگی- تقعر	CONCAVITY
تخلخل خوشه‌ای	CLUSTER POROSITY
ترک	CRACK
پیمانکار- مقاطعه‌کار	CONTRACTOR
وضوح	CLARITY
تمرکز	CONTRAST
طبقه‌بندی	CLASSIFICATION
خصوصیات- خواص	CHARACTERISTICS
جریان	CURRENT

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

کربن‌دهنده- کربن‌ده- احیا کننده	CARBURIZING
تمیزکاری- پاکسازی	CLEANING
انقباض	CONTRACTION
محیطی	CIRCUMFERENCE
بریدن- برش	CUTTING
جوشکاری کلاهی- پله‌ای	CASCADE SEQUENCE WELDING
پخی	CHAMFER
حلقه پشت‌بندی	CHILL RING
روکش کاری	CLADDING
الکترود روکش‌دار	COATED ELECTRODE
جوشکاری سرد	COLD WELDING
طوقه	COLLAR
مخروط	CONE
محدب	CONVEX
تاج- کُرده	CORONA
چاله جوش- گودی جوش	CARTER
سرمشعل برش‌کاری	CUTTING ATTACHEMENT
	D
رسوب- ته‌نشست	DEPOITS
گودی	DEEP
آزمایش تخریبی	DESTRUCTIVE TEST
انقطاع- انفصال- گسیختگی	DISCONTINUITIES
جهت	DIRECTION
سرپایینی – روبه پایین	DOWNHILL
پیچیدگی	DISTORTION
نقص عیب	DEFECT
تغیر رنگ	DISCOLORATION
فساد- فاسد شدن	DETERRIORATION
ثبوت- اثبات کردن	DEMONSTRATE
نرمی- خاصیت لوله شدن	DUCTILITY
انتخاب کردن- تعیین کردن- معین کردن	DESIGANTE
عمق	DEPTH
قالب- حدیده	DIE
پس‌کشی	DRAG
	E

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

EXPOSURE	نوردهی- تابشی
EXPLORATION	تفحص- جستجو
EQUIPMENT	تجهیزات
ELONGATED SLUG INCLUSIONS	سرباره داخل‌جوش مانده دراز
EDGE	لبه
EFFECTIVE	مؤثر
END RETUM	ماهیچه‌کاری
F	
FURNACE	کوره
FLUX	روانساز (گِل جوشکاری)
FILLER METAL	فلز پرکننده
FITTINGS	اتصالات
FILLET WELD	جوش نواری یا گوشه‌ای یا گلویی
FUSION	ذوب
FINISH BEADS	لایه‌های تکمیلی- تمام کننده
FATING	خستگی
FEED	تغذیه
FOG	لکه‌های مات
FLAME	شعله
FLOW RATE	دبی جریان- میزان جریان
FLUX CORDE	روانساز مغزی
FIXATION	ثبوت
FOCAL SPOT	نقطه کانونی- کانون
FORGING	آهنگری- تغییر شکل دادن- فورجینگ
FACE	سطح- رویه
FLASH	ترشح- بیرون زدن
FLASH-WELD	جوش جرقه‌ای
G	
GROOVE	شیار
GEMETERY	هندسه
GROUPING	گروه‌بندی کردن
GAS WELDING	جوشکاری گاز
GAS POCKETS	حفر گازی- مک
GRINDING	سنگ زدن
GAS CUTTER	مشعل برش گاز

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

GOGGLES	عینک نقابدار
H	
HIGH- LOW	ناهمواری- پستی بلندی- بالا- پایین جوش
HAMMERING	چکش‌کاری
HOLLOW BEAD	لایه مجوف
HANDLING	حمل و نقل- جابجائی
HOLDER	انبر
HAMMER WELDING	جوشکاری چکشی
HAND SHIELD	ماسک دستی
HELMET	ماسک کلاهی
HORIZONTAL	افقی
HORN	بازوی ماشین جوش اتوماتیک
I	
IDENTICAL	همان- یکسان
INDISCRIMINATELY	بدون تشخیص- نامشخص
INTENSIFYING SCREENS	صفحات تقویت کننده
IMAGE	تصور کردن- منعکس کردن- تصویر
INTERNAL CONCAVITY	فرورفتگی داخلی
ISOLATED SLAG INCLUSIONS	سرباره داخل جوش مانده مجزا- تکه‌تکه
INERT GASES	گازهای بی‌اثر- گازهای خنثی
INADEQUATE	ناقص
INDUCTION	القایی
J	
JOIN	متصل کردن
JOINT	اتصال
JIG	گیره- الگو- راهنما
K	
KEY	خار- زبانه
L	
LAPSE	افت- تنزل
LINE-UP	همطرازی
LAMINATION	پوسته پوسته شدن- تورق- ورقه ورقه شدن
LOW-ALLOY STEEL	فولاد آلیاژ پایین
LEAD	سرب
LAP	روی هم قرار گرفتن

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

LINE-UP CLAMP	گیره همطرازی
LAY- OUT	لی اوت- طرح اولیه
LAYER	لایه
LOCAL	موضعی
M	
MATERIAL	مواد- جنس
MILL	فرز کاری
MACHINE TOOL	ماشین ابزار
MACRO ETCHED	ظهور کریستالی
MILD STEEL	فولاد نرک
MOISTURE	رطوبت
N	
NIPPLES	گریس‌خور- مغزی
NOTCH	شکاف- شکاف دادن
NOMINAL	اسمی
NON-DESTRUCTIVE TEST	آزمایش غیرتخریبی
NICK-BREAK	شکست شکافی (فاق)
NEUTRAL	خنثی
O	
OPAQUE	کدر- مات
OSCILLATION	نوسان
P	
PERTINENT	وابسته
PURPOSAL	پیشنهاد- طرح اولیه
POSITION WELDING	جوشکاری ساکن- موضعی
POROSITY	تخلخل
PROTECTION	محافظت
PURITY	درجه خلوص
PARTICLE	ذره
PERPENDICULAR	عمود- عمودی
POLARITY	قطبیت، تعیین قطب‌های مثبت و منفی
PERCENTAGE	درصد
POST HEAT	گرمایش موضعی- عملیات حرارتی هنگام و بعد از جوشکاری
PREHEAT	پیش گرمایش- عملیات حرارتی قبل از جوشکاری

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

PROCEDURE	دستورالعمل
PIPE	لوله
PIPELINES	خطوط لوله
PENETRATION	نفوذ
PROCESS	پروسس- عملیات- فرآیند
Q	
QUAL IFICATION	خصوصیات- شرایط کیفی
R	
RECORDS	گزارشات
RESPECTIVELY	به ترتیب
ROOT	ریشه
ROLL WELDING	جوشکاری گردان
RADIATION	تشعشع
REINFORCEMENT	تقویت
RANGE	محدوده- حدود
ROD	میله- مفتول
ROOT BEAD	لایه ریشه‌ای
REPAIR	ترمیم- تعمیر
RADIOGRAPHY	پرتونگاری- رادیوگرافی
REQUIRMENTS	مقررات- شرایط لازم- برابری
RESISTANCE WELDING	جوشکاری مقاومتی
RADIUS	شعاع
S	
SHIELDING GASES	گازهای محافظ
SPECIFICATION	مشخصات
SINGLE QUALIFICATION	صلاحیت خاص
SIDE BEND	خمش جانبی
SMOOTH	هموار
SCALE	محل‌های اکسیده شده، زنگ‌زدگی
SAG	شکم برداشتن- تاب برداشتن
SLUG INCLUSIONS	سرباره‌های داخل جوش مانده
SHALLOW	کم‌عمق
STAR CRACK	ترک ستاره‌ای
SUBMERGED	مستغرق
SUBCONTRACTOR	پیمانکار فرعی

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

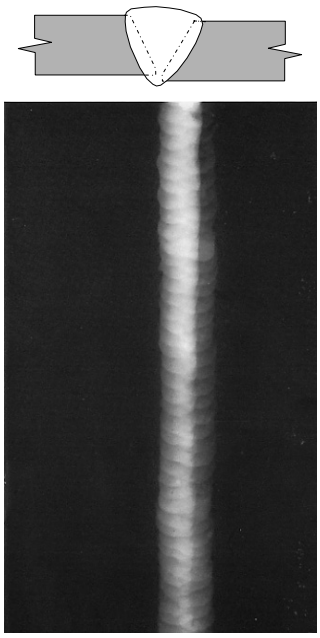
STRENGER BEAD	لایه قیطانی
SPIRAL WELD	جوش مارپیچی
SEMIAUTUMATIC WELDING	جوشکاری نیمه اتوماتیک
SLAG	سرباره جوش
STRIP	تسمه- باریکه
SPECIMENS	نمونه
SEQUENCE	ترتیب
SPEED	سرعت
SEAMLESS	بدون درز- بی‌درز
SHIM	لایه صفحه تراز (پرکننده)
SPLIT-ENDS	پلیسه سرلوله یا قطعه
SENSITIVITY	حساسیت
SOURCE	منبع
STORAGE	انبار کردن- ذخیره‌سازی
SPHERICAL POROSITY	تخلخل کروی
SUBSTITUTED	جانشیدن شده
T	
TRAVEL	حرکت- پیشروی
THICKNESS	ضخامت جداره
TRANSMISSION	انتقال
TENSILE STRENGTH	مقاومت کششی
TREPANNING METHOD	روش سوراخ‌کاری مقطعی یا لوله‌وار
TOE	پنجه
U	
UNDERCUTTING	شیار کنار جوش
UPHILL	سربالا
UNIFORM	یکنواخت
V	
VARIABLE	متغیر
VISUAL EXAMINATION	آزمایش بصری- آزمایش چشمی
VACUUM	خلاء
W	
WOGON TRUCKS SKUG INCLUSIONS	سرباره داخل جوش مانده خط آهنی (دراز)
WELD	جوش
WELDER	جوشکار

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

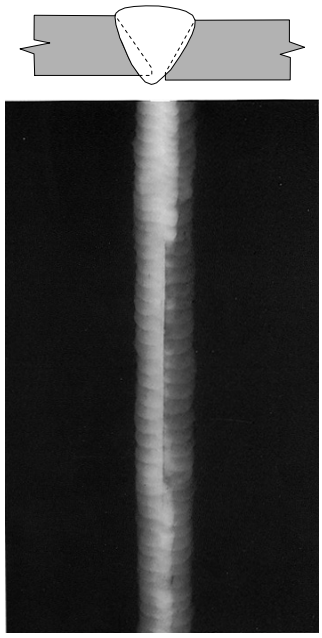
WELD TEARS	اشک جوش
WORKMANLIKE	ماهرانه
WIRE	سیم کابل
WELDINGSET	ماشین جوشکاری
Y	
YIELD POINT	نقطه تسلیم- نقطه لهیدگی
Z	
ZONE	محدوده- ناحیه- منطقه

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY



Misalignment

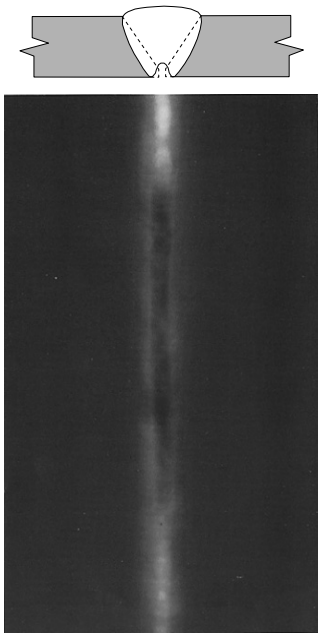


Misalignment/Lack of root fusion

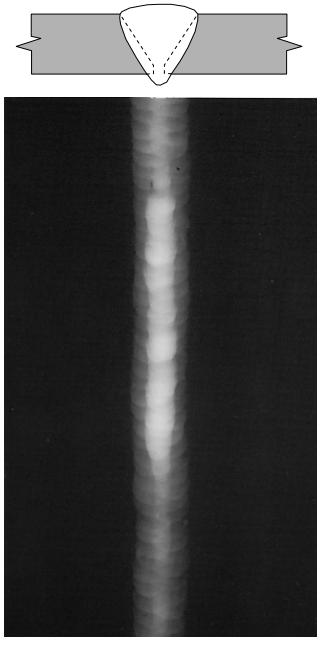
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY



Concave root



Excess root penetration

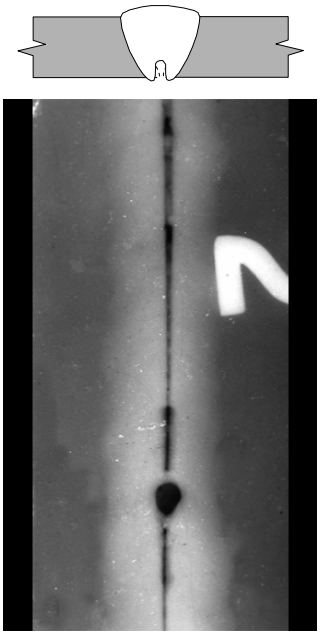
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

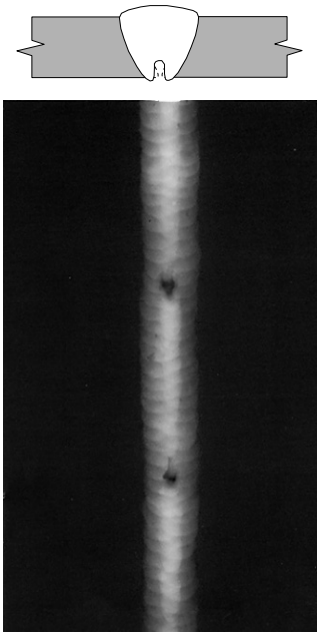
wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TWI

TECHNOLOGY



Burn through + LORP



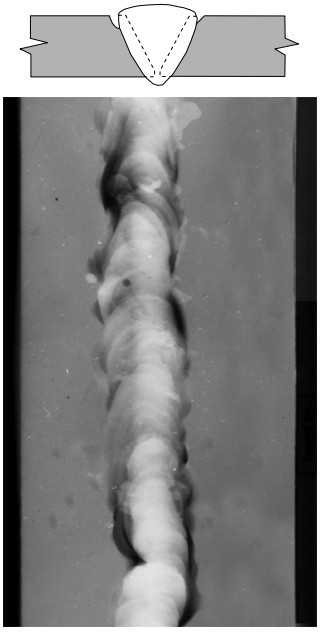
Burn through

Copyright © 2004 TWI Ltd

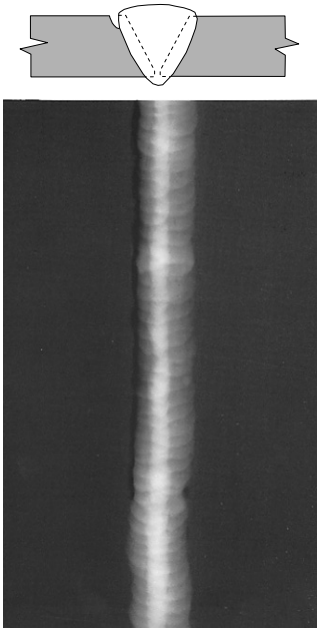
M.S.Rogers

TWI

TECHNOLOGY



Cap undercut

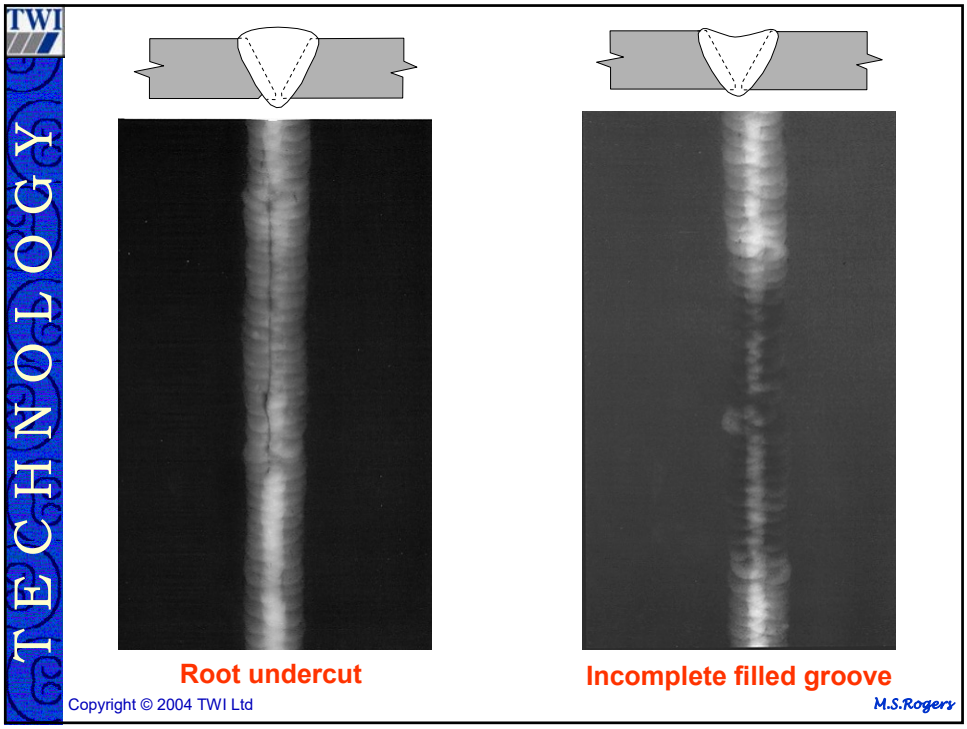


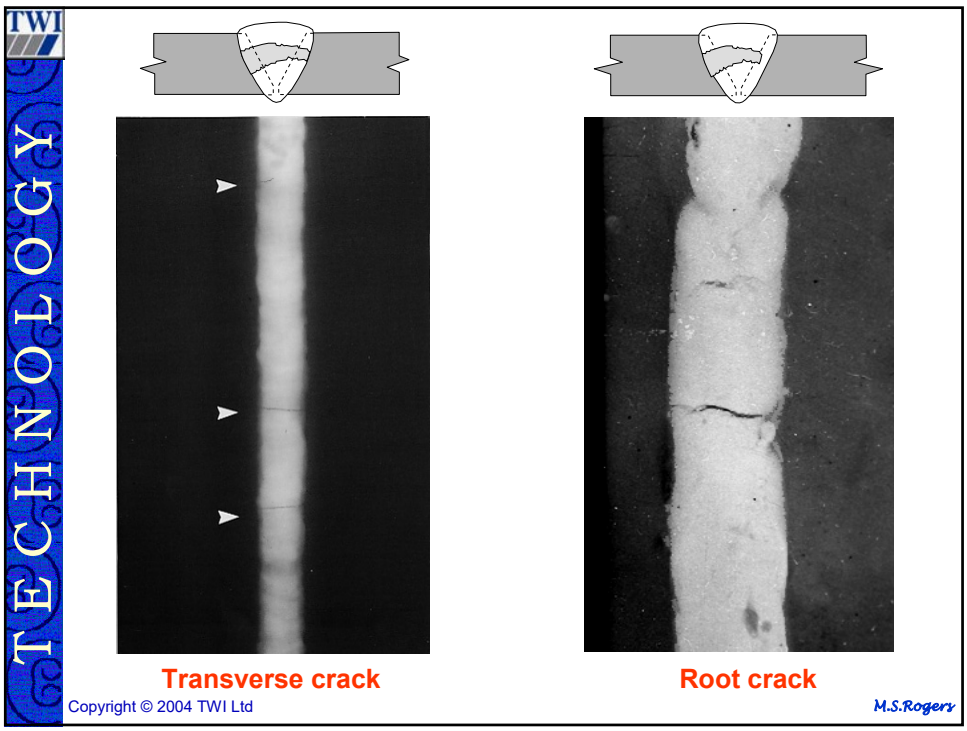
Cap undercut

Copyright © 2004 TWI Ltd

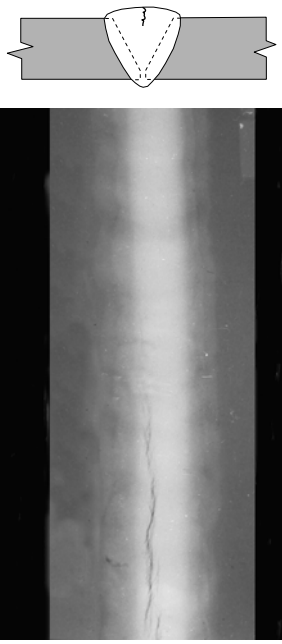
M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

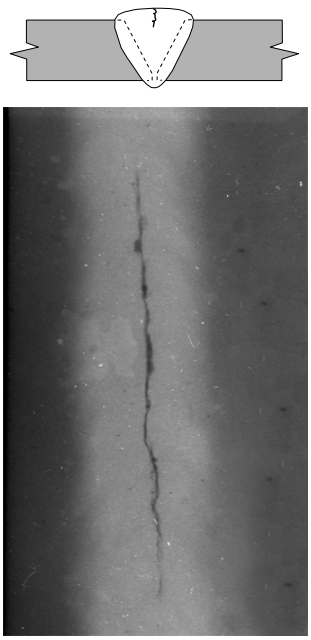




wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



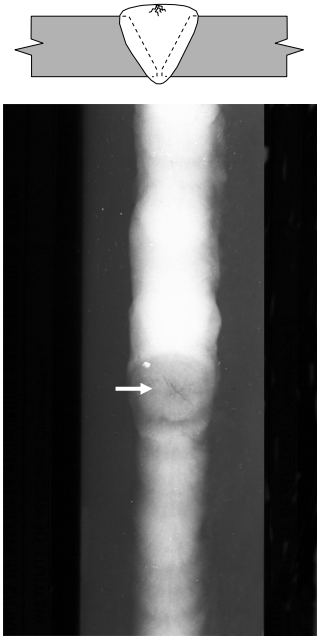
Longitudinal crack



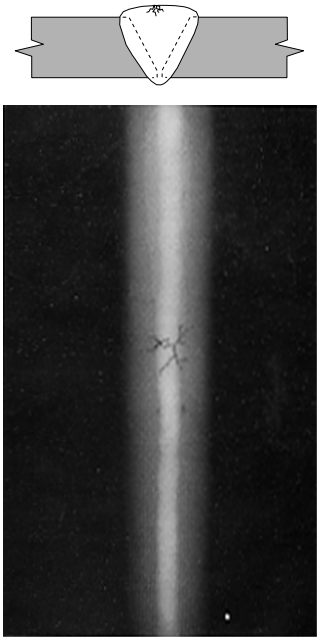
Longitudinal crack

Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers



Crater crack

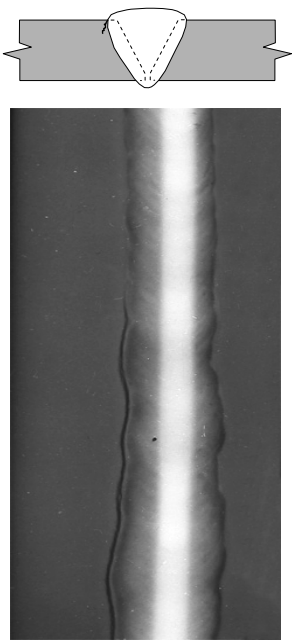


Star crack

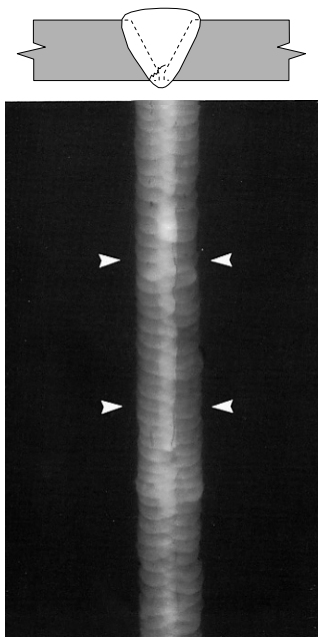
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



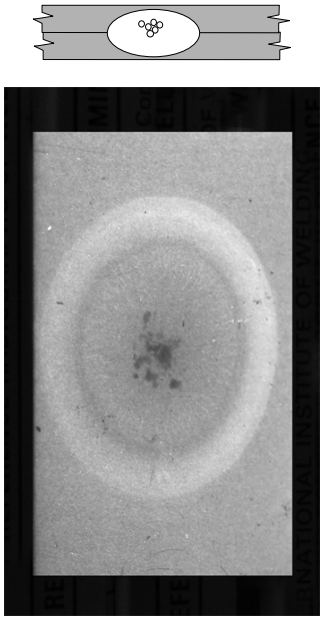
HAZ crack



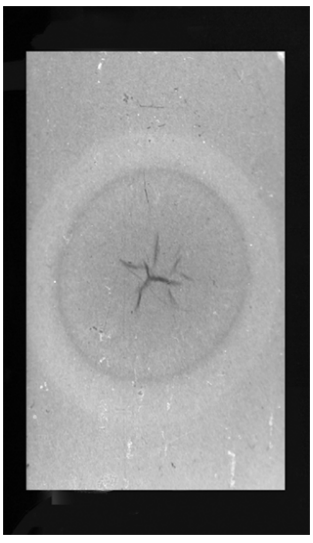
Root crack

Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers



Spot weld gas



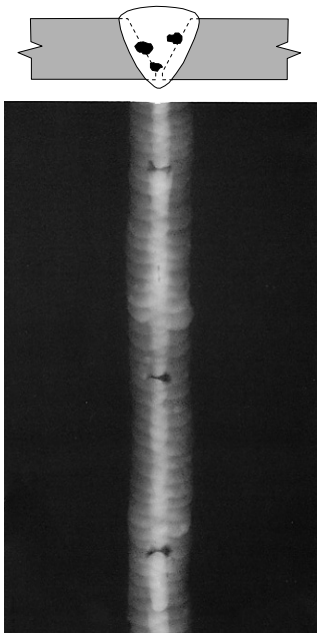
Spot weld crack

Copyright © 2004 TWI Ltd

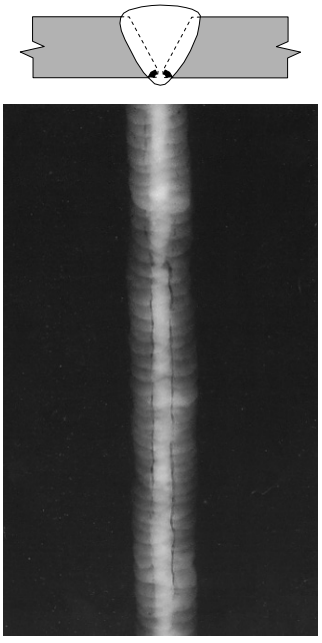
M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY



Interpass slag inclusions

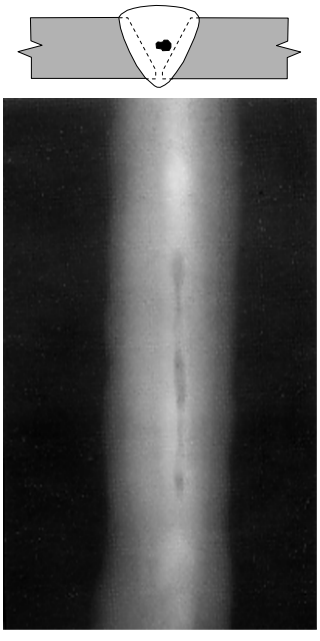


Elongated slag lines

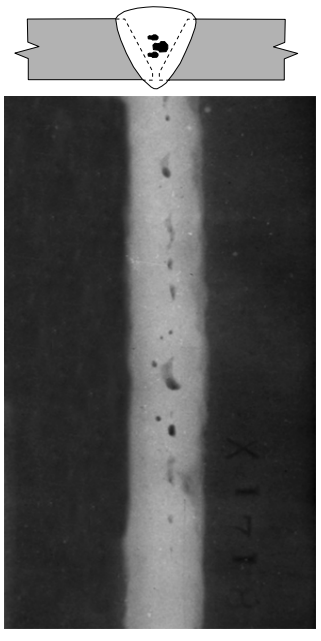
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY



Slag inclusion



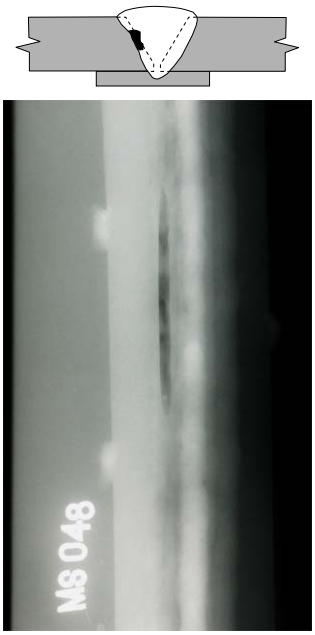
Slag inclusions

Copyright © 2004 TWI Ltd

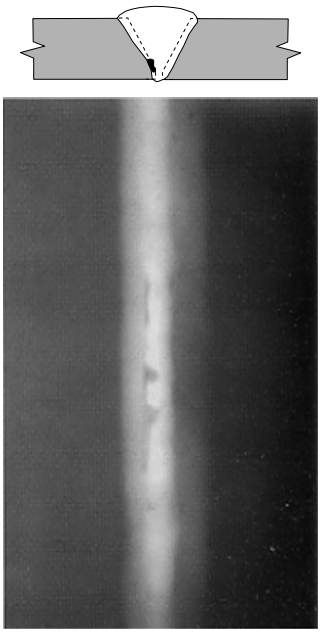
M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY



Lack of side wall fusion with slag

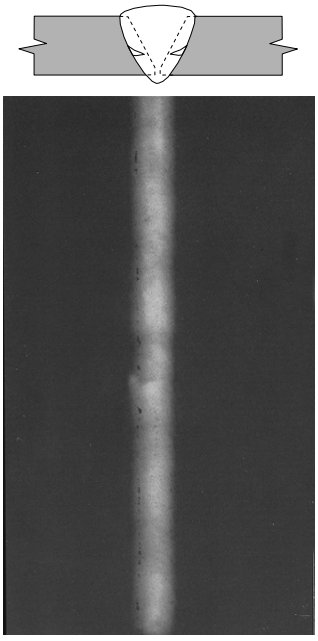


Lack of side wall fusion with slag

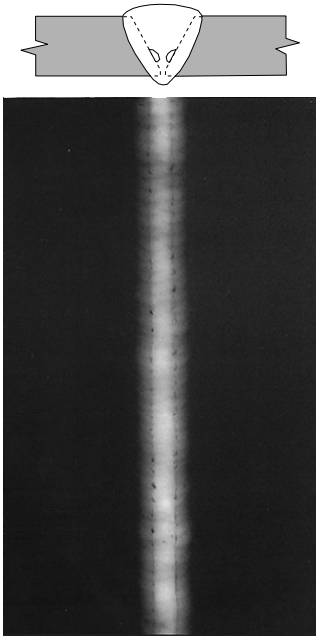
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY



Lack of interpass fusion

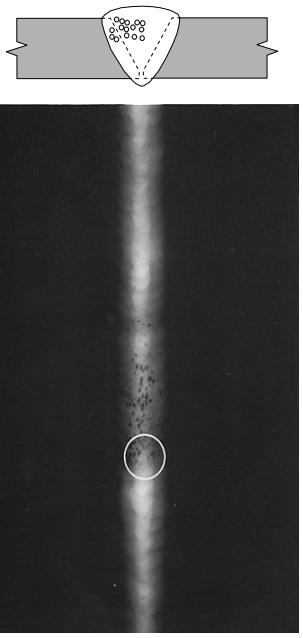


Lack of side wall fusion

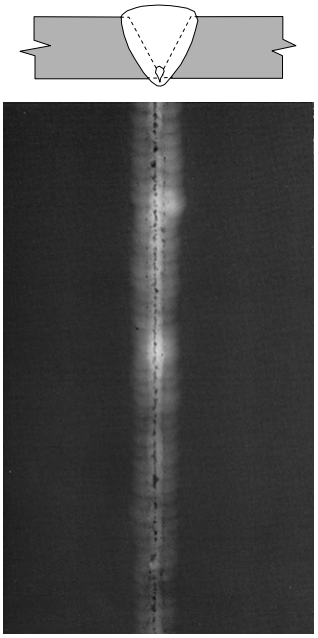
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



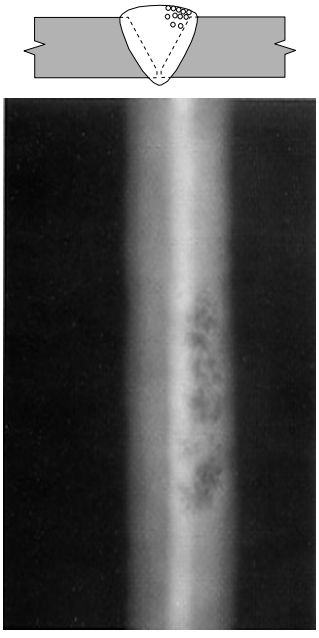
Cluster porosity



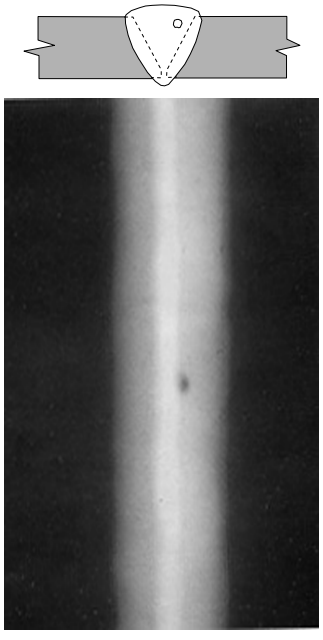
Root pass aligned porosity

Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers



Porosity open to the surface

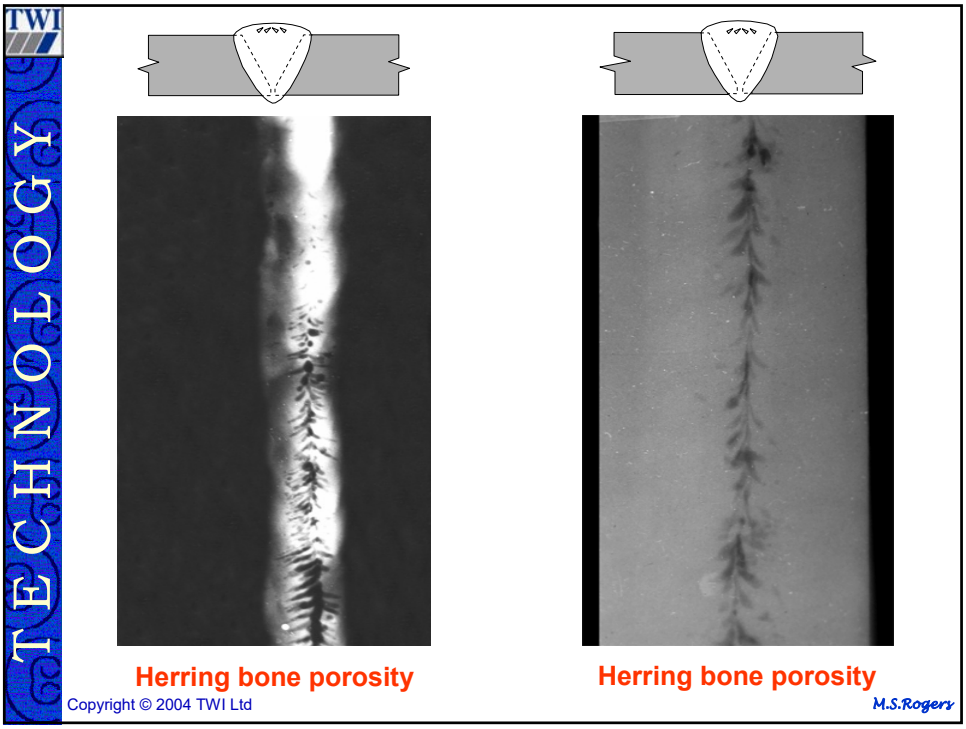


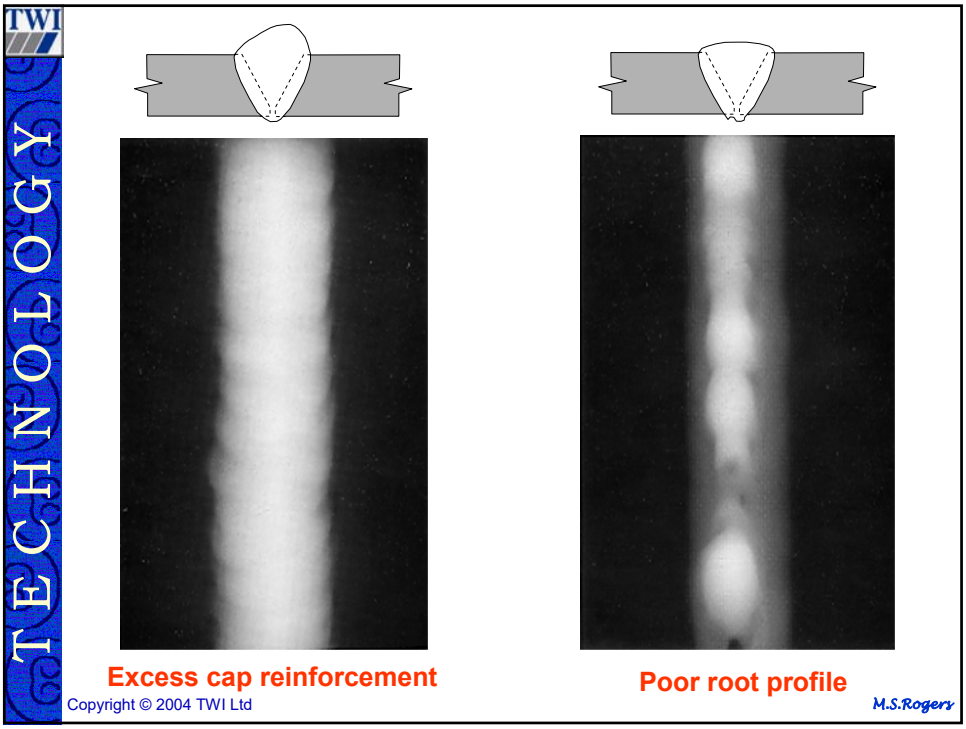
Single gas pore

Copyright © 2004 TWI Ltd

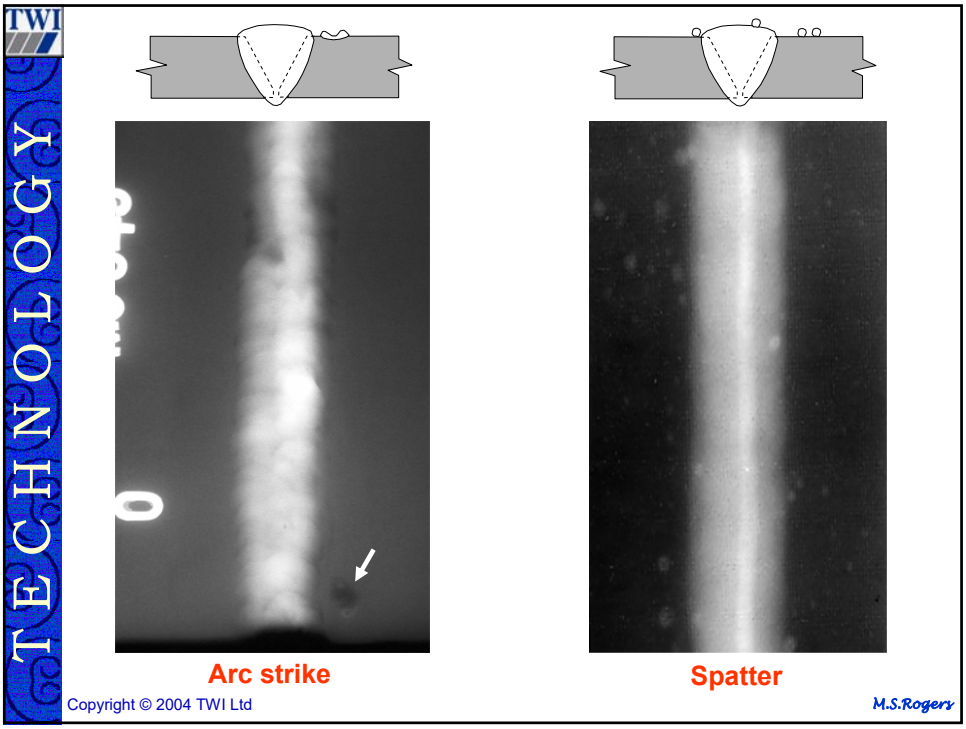
M.S.Rogers

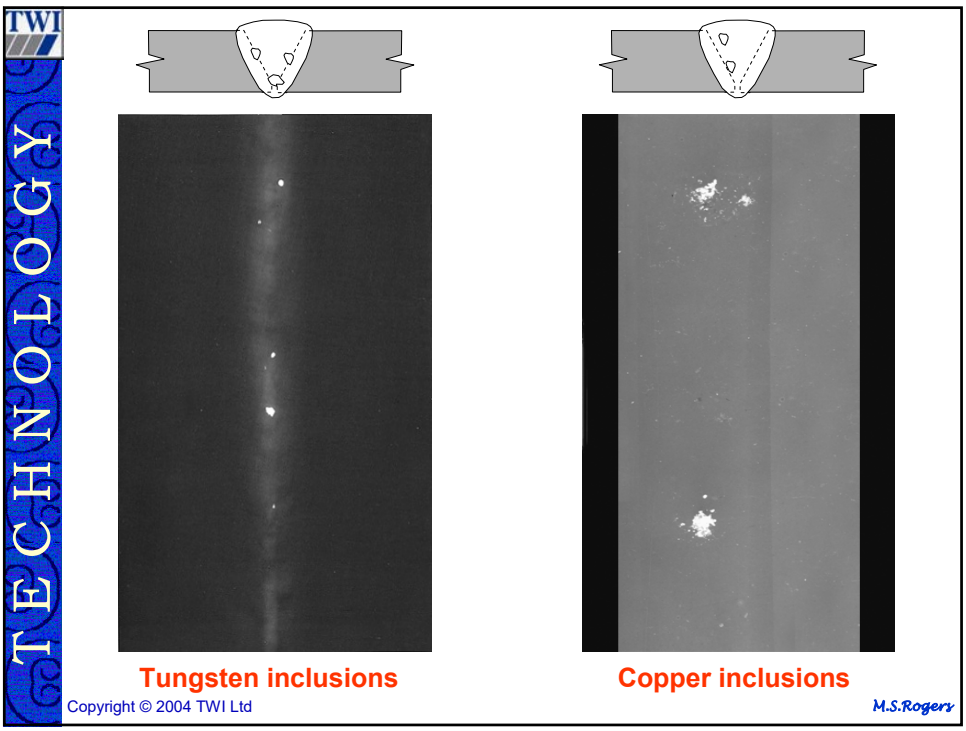
wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



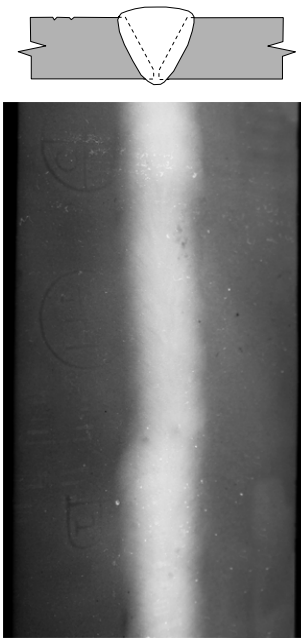


wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

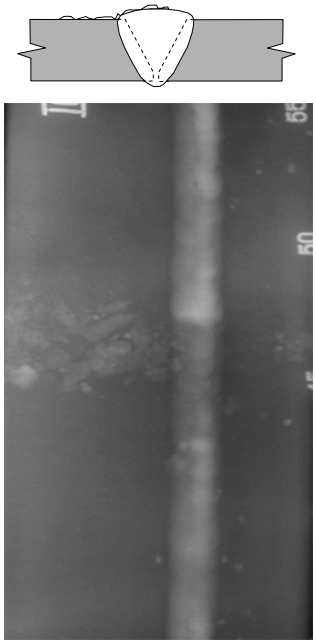




wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



Hard stampings



Debris

Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

Artifacts

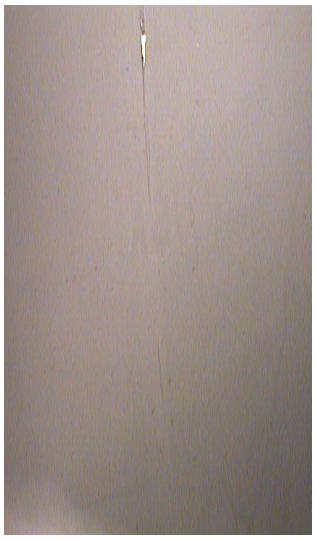
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Film Scratches



Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY

Chemical Marks

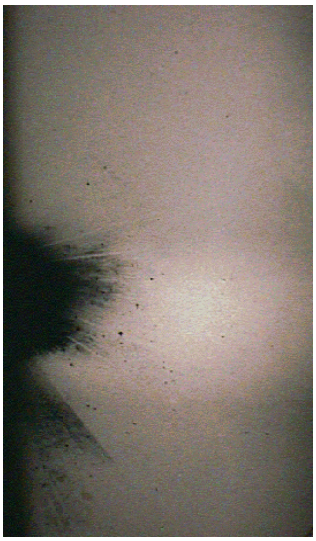
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Light Leaks

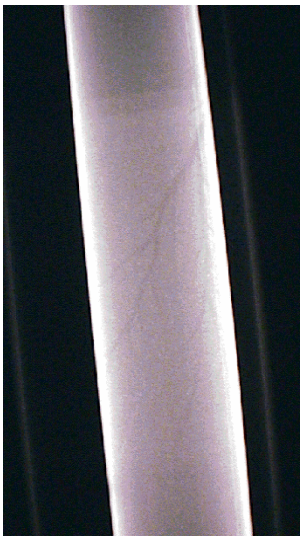


Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY

Static Discharge



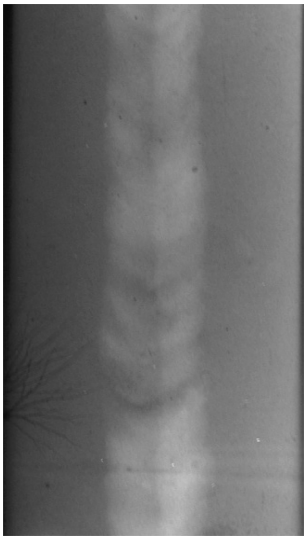
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Static Discharge



Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY

Reticulation

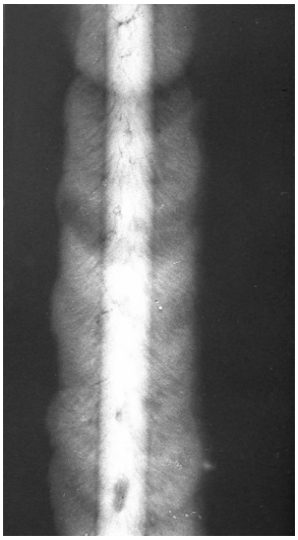
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Diffraction Mottle

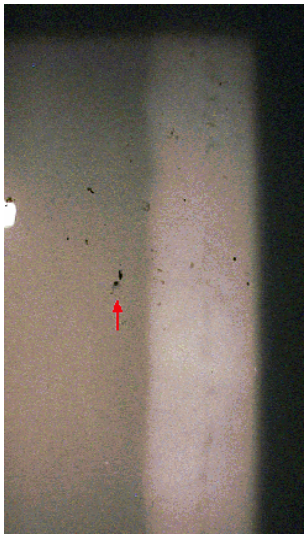


Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

TECHNOLOGY

Dust, Lint, Grime Marks



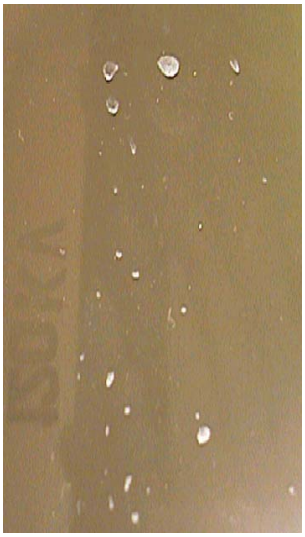
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Water Marks

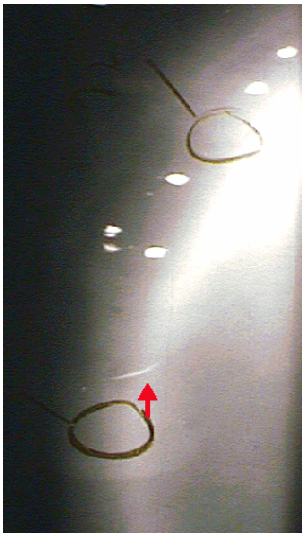


Copyright © 2004 TWI Ltd

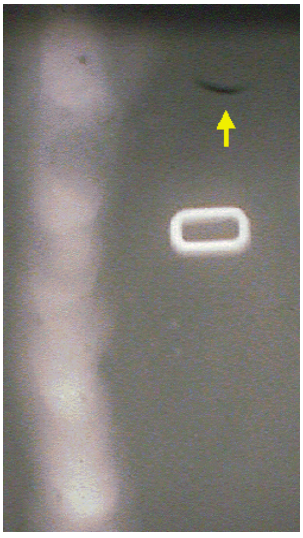
M.S.Rogers

TECHNOLOGY

Crimping Marks



Before Exposure



After Exposure

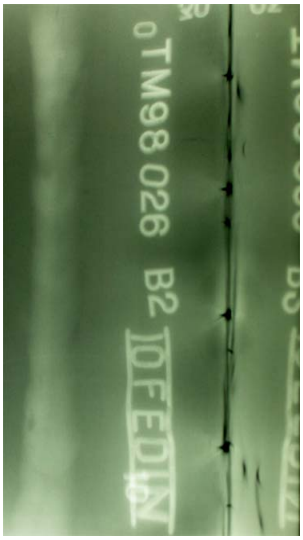
Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY

Other Artifacts

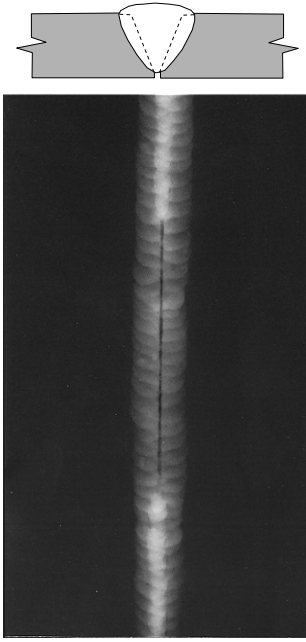


Copyright © 2004 TWI Ltd

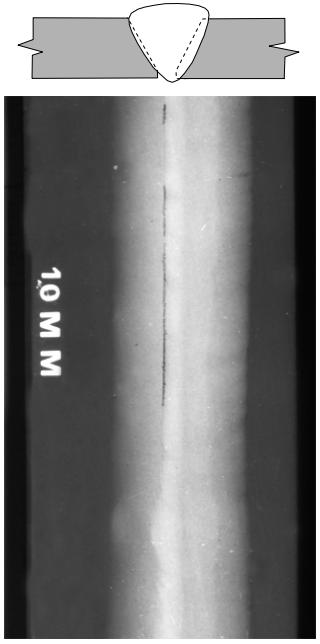
M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

TECHNOLOGY



Lack of root penetration



Lack of root fusion

Copyright © 2004 TWI Ltd

M.S.Rogers

wwww.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد