کتاب جوشکاری لوله و بازرسی کیفی

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن
و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

جوشکاری لوله و بازرسی کیفی

رشتهٔ صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: جوشکاری لوله و بازرسی کیفی ـ ۲۱۱۴۰۸
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حمید تقی پور ارمکی، بهرام زارعی، حسن ضیغمی، محمدرضا سلطان محمدی، علی رجایی و حمید رضا شادی (اعضای شورای برنامه ریزی)
محمدرضا زارعی سناآبادی، بهرام زارعی، محمد بختیاری و محمدرضا سلطان‌محمدی (اعضای گروه‌تألیف)ـ محسن آزموده (همکار تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ طاهره حسن‌زاده (طراح جلد)ـ علی شمس (صفحه‌آرا) ـ علیرضا حلیمی و زهرا بهادرانی باغبادرانی (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/ صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ ونشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۴

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴- ۲۸۸۸ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2888–4**



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول: جوشکاری شیاری ۱

واحد یادگیری ۱: جوشکاری شیاری با الکترود دستی ۲

- جوش شیاری (Groove Weld) ۴
- پاس داغ (Hot Pass) ۱۸
- پاس پرکننده (Filler Pass) ۲۰
- پاس پوششی (Cover Pass) ۲۳

ارزشیابی پایانی ۲۵

پودمان دوم: جوشکاری لوله ۲۷

واحد یادگیری ۲: جوشکاری لوله با الکترود دستی ۲۸

- آماده سازی لوله برای جوشکاری ۲۹
- چگونه می‌توان لوله‌ها را با جوشکاری به یکدیگر متصل نمود؟ ۳۴
- جوشکاری ۳۹
- برش سقف ۴۶

ارزشیابی پایانی ۴۹

پودمان سوم: بازرسی چشمی ۵۱

واحد یادگیری ۳: شایستگی بازرسی چشمی ۵۲

- بازرسی چیست ۵۴
- انواع بازرسی ۵۴
- بازرسی چشمی جوش ۵۷
- ناپیوستگی (Discontinuity) و نقص (Defect) ۶۲
- معیارهای پذیرش جوش ۷۱
- مراحل بازرسی چشمی جوش ۷۱
- بازرسی‌های قبل از جوشکاری ۷۱
- دستورالعمل جوشکاری WPS (Welding Procedure Specification) ۷۲
- بازرسی در حین جوشکاری ۷۲
- بازرسی جوش پس از جوشکاری ۷۴
- فرم بازرسی چشمی ۷۷

ارزشیابی پایانی ۸۴

پودمان چهارم: بازرسی با مایعات نافذ ۸۵

واحد یادگیری ۴: آزمون مواد نافذ (P.T) ۸۶

- بازرسی با مواد نافذ ۸۷
- دسته‌بندی آزمون مایعات نافذ ۹۵
- دسته‌بندی مواد نافذ از نظر نور بازرسی ۹۵
- آشکارسازها (Developers) ۱۰۳
- بازرسی (Inspection) ۱۰۴

ارزشیابی پایانی ۱۱۳

پودمان پنجم: بازرسی با ذرات مغناطیسی ۱۱۵

واحد یادگیری ۵: آزمون ذرات مغناطیسی (MT) ۱۱۶

- اصول بازرسی با ذرات مغناطیس شونده ۱۱۷
- جریان برق ـ بازرسی ۱۱۸
- انواع میدان مغناطیسی ۱۱۹
- تجهیزات و مواد مصرفی بازرسی ۱۲۱
- مواد مصرفی ۱۲۴
- مراحل بازرسی ۱۲۷
- علایم نامربوط ۱۲۸
- روش‌های بازرسی (تکنیک‌های بازرسی) ۱۲۸
- مغناطیس زدایی (DEMAGNETIZATION) ۱۲۹
- تشخیص وجود مغناطیس در نمونه ۱۳۰

ارزشیابی پایانی ۱۳۶

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی بطور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی – حرفه ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱. شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی جوشکاری

۲. شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳. شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها

۴. شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، چهارمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته صنایع فلزی در پایه ۱۱ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده دراین کتاب را کسب و در فرآیند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی جوشکاری لوله و بازرسی کیفی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد.کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش و برنامه‌درسی ملی جمهوری‌اسلامی‌ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته صنایع فلزی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال یازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته‌یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید.لازم بـه یادآوری است،کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است.ودر هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان ها و شایستگی ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: جوشکاری شیاری، در این پودمان مفهوم جوشکاری چند پاسه: پاس ریشه، داغ، پرکننده و پوششی و کاربرد آن در صنعت ارائه شده است.

پودمان دوم: جوشکاری لوله می‌باشد که در آن تفاوت بین پایپ و تیوب و اصول جوشکاری لوله و کاربرد آن بیان شده است.

پودمان سوم: بازرسی چشمی نام دارد، که در این پودمان اهمیت بازرسی در صنعت، انواع روش‌های بازرسی و بازرسی چشمی شرح داده شده است.

پودمان چهارم: بازرسی با مایعات نافذ، در این پودمان، اهمیت و کاربرد آزمون مایع نافذ و روش‌های معمول آن ارائه شده است.

پودمان پنجم: با عنوان بازرسی با ذرات مغناطیسی می‌باشد که در آن اصول و مفاهیم مغناطیس، مواد مغناطیسی و روش های آزمون ذرات مغناطیسی به طور کامل ارائه شده است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان ۱

جوشکاری شیاری



در سازه‌های سنگین دنیا که ضخامت فلزات افزایش می‌یابد، مانند نیروگاه‌ها، مخازن تحت فشار، مخازن ذخیره و... که گاهی تا ۱۴ سانتی‌متر نیز می‌رسد، جز با جوشکاری شیاری امکان پذیر نمی‌باشد. از آنجایی که اهمیت این سازه‌ها بسیار بالاست، جوشکاری باید با دقت بالایی انجام شود تا از بروز خسارت‌های بعدی جلوگیری شود.

واحد یادگیری ۱

جوشکاری شیاری با الکترود دستی

آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- چه تفاوتی بین انواع مختلف جوش وجود دارد؟
- از چه نوع جوش‌هایی در ساخت نیروگاه‌ها و مخازن تحت فشار استفاده می‌شود؟
- وقتی ضخامت قطعات افزایش می‌یابد با چه شیوه‌ای می‌توان آنها را به یکدیگر متصل نمود؟
- چرا باید قطعات ضخیم را قبل از جوشکاری آماده سازی کنیم؟

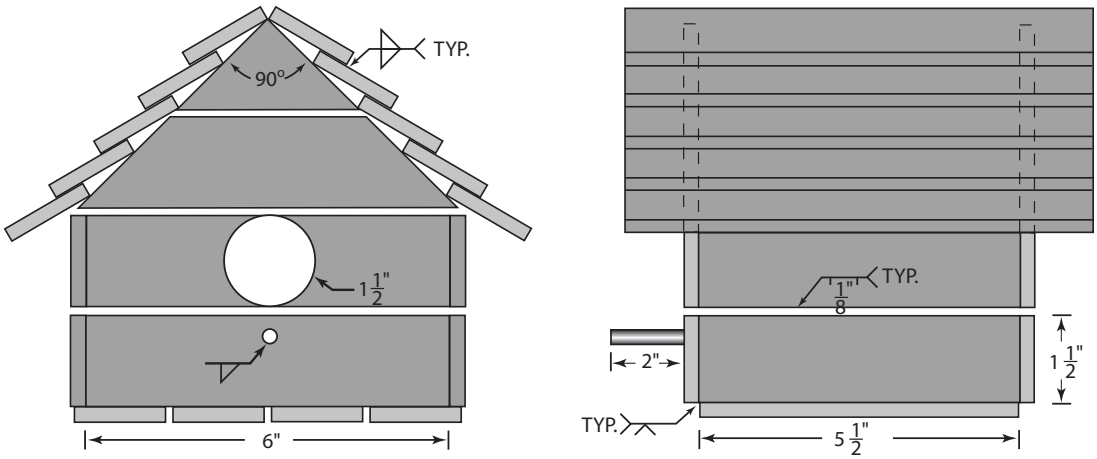
فرایند الکترود دستی می‌تواند به‌طور مداوم جوش با کیفیت ایجاد کند، گاهی اوقات ضروری است که جوش را در شرایط غیر ایده‌آل انجام دهیم. دانستن اینکه چه‌طور می‌توان یک جوش با استحکام بالا در یک شرایطی که جوشکاری مشکل است، ایجاد کرد، قطعاً به دانش و تمرین بسیاری نیاز دارد. این پودمان جوشکاری شیاری به روش الکترود دستی را پوشش می‌دهد. تمرین‌ها طوری طراحی شده است که به شما تجربه تمرین‌های عملی براساس کد و استاندارد را برای جوشکاری انواع مواد را می‌دهد و به شما کمک می‌کند تا مهارت‌تان را افزایش دهید.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری شیاری، هنرجویان قادر به راه اندازی دستگاه جوشکاری، نقشه خوانی علائم جوش و جوشکاری شیاری به صورت چند پاسه در همه وضعیت‌ها خواهند بود.

در ساخت یک مصنوع فلزی نوع جوش‌ها متفاوت است

شکل ۱-۱ نقشه یک خانه پرنده می‌باشد که بر روی آن علائم و اطلاعات مربوط به جوشکاری درج شده است، نقشه را بررسی نمایید سپس اطلاعات مربوط به آن را در جدول زیر بنویسید:



شکل ۱-۱: نقشه خانه پرنده

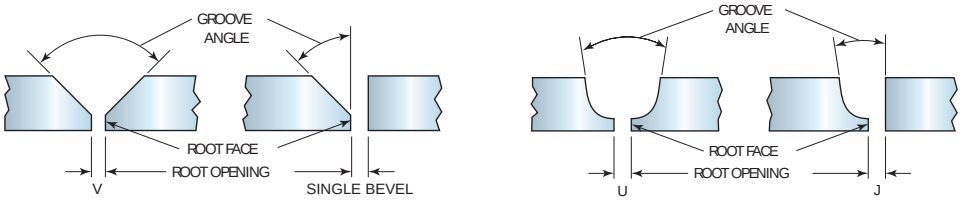
نوع جوش	نوع طرح اتصال	کاربرد	سایر اطلاعات

در شکل ۱-۱ دو نوع جوش ـ شیاری و گوشه ـ که کاربرد وسیعی در صنعت دارند را مشاهده کرده‌اید: از لحاظ طراحی و کاربرد چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟

جوش شیاری (Groove weld)

جوش شیاری در فضای بین دو قطعه فلزی (شیار) ایجاد می‌شود. در این نوع جوش، لبهٔ قطعات مورد اتصال را قبل از جوشکاری آماده‌سازی می‌کنند. در حقیقت آماده‌سازی لبهٔ قطعات به‌صورت شیاری، موجب افزایش استحکام می‌شود. به‌طورکلی هفت نوع جوش شیاری داریم، که شیار را می‌توان در یک قطعه یا هر دو قطعه در یک طرف یا در دو طرف قطعه ایجاد کرد.

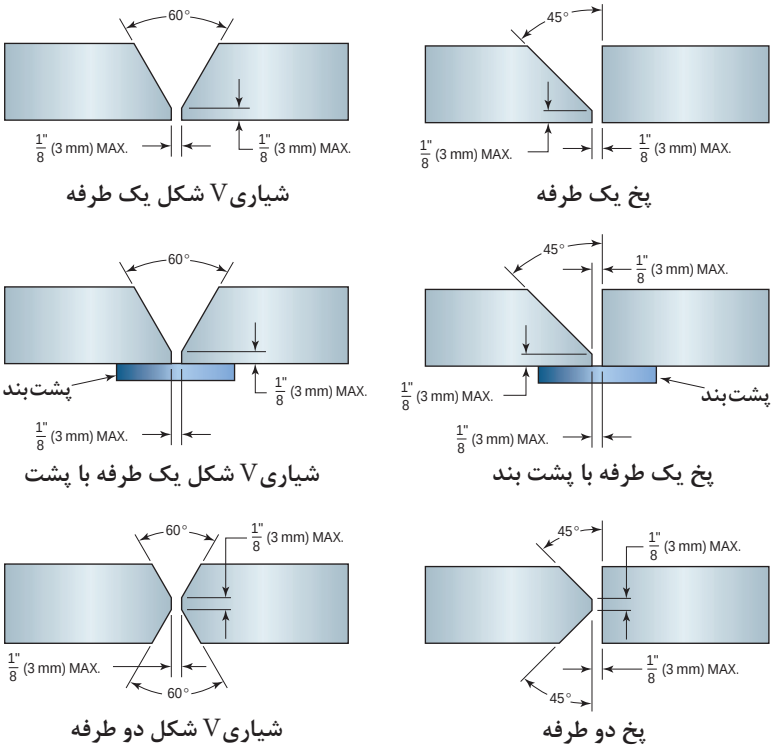
با برش قسمتی از لبه قطعه و ایجاد شیار، فلز جوش می‌تواند در عمق بیشتری از قطعه نفوذ کند که این کار باعث افزایش استحکام اتصال می‌شود. شکل ۲-۱ برخی از اتصالات شیاری استاندارد را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱- اتصالات شیاری استاندارد برای نفوذ کامل

آماده‌سازی فلز برای جوش شیاری

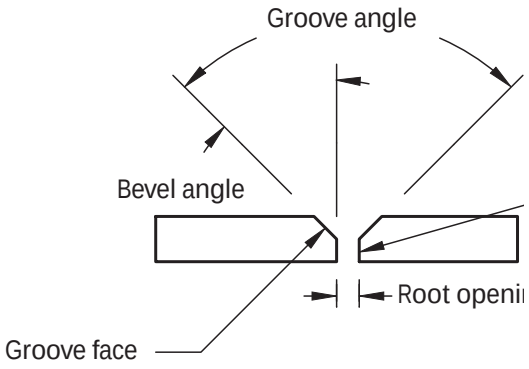
برای جوشکاری پلیت‌های ضخیم امکان نفوذ کامل بدون آماده‌سازی لبه‌ها غیر ممکن است (شکل ۳-۱). نوع شیار، عمق و موقعیت آن را می‌توان با استاندارد مورد نظر تعیین نمود. معمولاً پلیت‌هایی با ضخامت بیشتر از ۶ میلی‌متر برای نفوذ کامل باید آماده‌سازی شوند.



شکل ۳-۱- آماده‌سازی طرح‌های اتصال لب به لب متداول

اطلاعات مورد نیاز برای آماده‌سازی قطعه کار را چگونه می‌توان به دست آورد؟

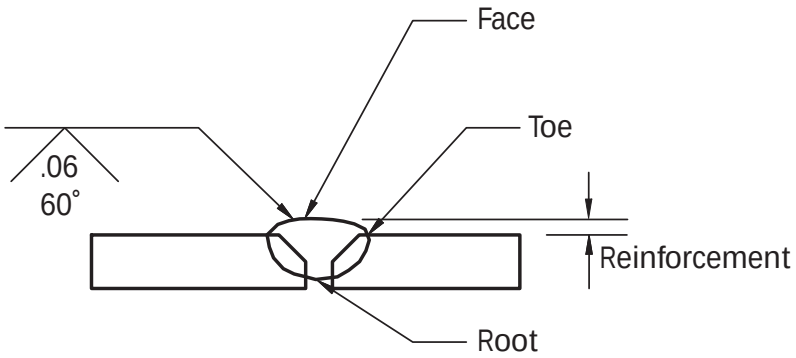
برای آماده‌سازی فلز پایه باید با واژه‌ها و علائم متداول مربوط به جوش و اتصالات شیاری آشنا باشید. به عبارت دیگر علائم مربوط به جوش، طرح اتصال و سایر اطلاعات مربوط به آماده‌سازی را می‌توان از روی نقشه استخراج نمود. شکل (۴-۱) واژه‌های مربوط به جوش شیاری را نشان می‌دهد، با توجه به آن جدول زیر را تکمیل کنید:



شکل ۴-۱- واژه‌های متداول در جوشکاری شیاری

واژه فنی	ترجمه فارسی	تعریف	نقش
Root opening	ریشه جوش	شکاف یا فاصله در ریشه اتصال	ایجاد دسترسی الکترود و بهبود نفوذ
Groove angle	--------	زاویه کلی بین سطح شیار یک قطعه با قطعه دیگر	--------
Bevel angle	زاویه پخ	--------	--------
Groove face	--------	--------	--------
Root face	پاشنه	--------	جلوگیری از سوختن و ریزش مذاب

به عنوان مثال، شکل ۵-۱ یک جوش شیاری V شکل را نشان می‌دهدکه در آن مقدار زاویه پخ و ریشه جوش به ترتیب ۶۰ درجه و ۰/۶ میلی‌متر مشخص شده است. با استفاده از این اطلاعات می‌توانید نمونه‌ها را برای جوشکاری آماده‌سازی کنید.

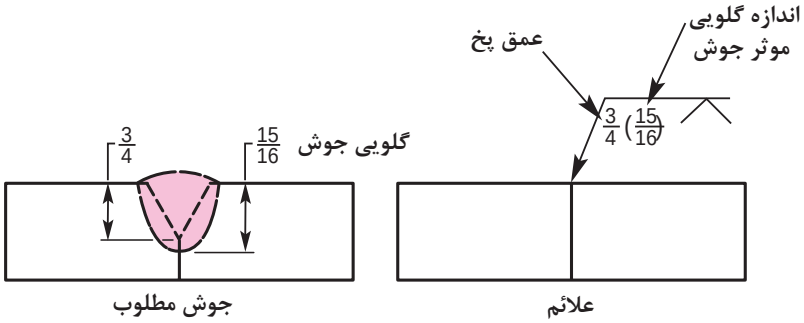


شکل ۵-۱: جوش شیاری V شکل (V-Groove) با اطلاعات مربوط به آن (زاویهٔ پخ و مقدار ریشه جوش)

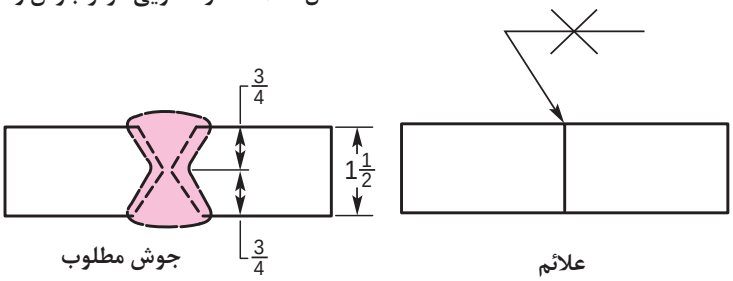
اندازه آماده‌سازی و گلویی مؤثر جوش شیاری

همانطور که در شکل ۶-۱ مشخص شده است، گلویی مؤثر جوش به حداقل فاصله (منهای گرده جوش) بین ریشه جوش و سطح جوش می‌گویند، که مقدار اندازه جوش (مقدار نفوذ) را معین می‌کند. اما مقدار گلویی مؤثر جوش را چگونه می‌توان تعیین نمود؟

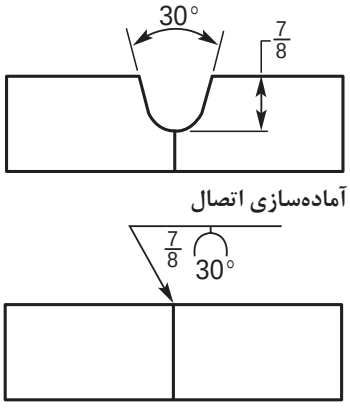
برای آماده‌سازی اتصال باید مقدار عمق پخ نیز تعیین شود که این مقدار در شکل ۶-۱ مشخص شده است: مقدار عمق پخ برای این اتصال در حدود ۳/۴ تعیین شده است. معمولاً در حالتی که اتصال به‌صورت نفوذ ناقص جوشکاری می‌شود، مقدار گلویی مؤثر در نقشه ذکر می‌گردد. در حالت نفوذ کامل این مقدار ذکر نمی‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۶-۱- اندازه گلویی مؤثر جوش و مقدار عمق در اتصال بر روی علائم جوش



شکل ۷-۱- علائم در اتصال با نفوذ کامل



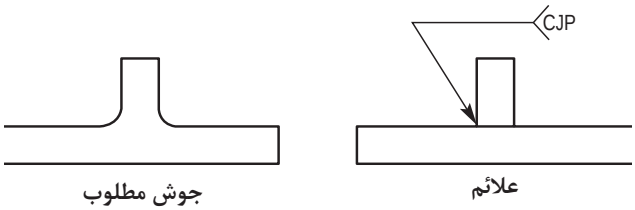
شکل ۸-۱- اتصال شیاری U شکل

فعالیت کلاسی

با توجه به شکل ۸-۱ تعیین کنید: نوع طرح اتصال- فرم هماهنگ - نوع پخ ـ مقدار اندازه جوش جهت آماده‌سازی ـ زاویهٔ پخ

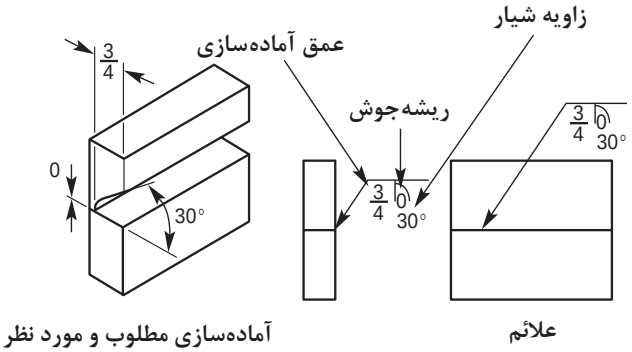
فعالیت کلاسی

با توجه به نقشه روبه‌رو بگویید حروف CJP در انتهای نشانگر، بیانگر چیست؟



شکل ۹-۱- فعالیت

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، اندازه‌های لازم برای آماده‌سازی جوش شیاری در جهت خط مرجع قرار می‌گیرد. شکل ۱۰-۱مثالی از علائم مربوط به جوش شیاری J شکل را نشان می‌دهد. اطلاعاتی که در مثال مشخص شده است شامل: عمق نفوذ، زاویه شیار و ریشه جوش می‌باشد.



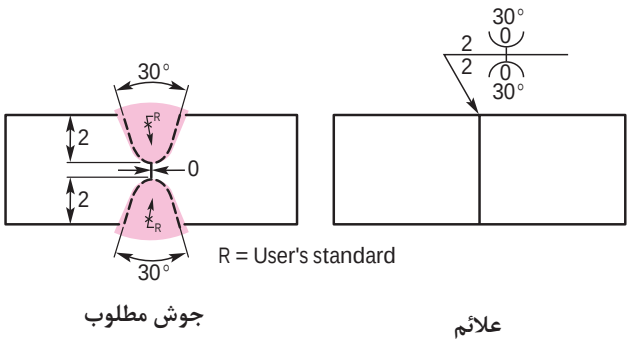
شکل ۱۰-۱- مشخصات جوش شیاری J شکل برای آماده‌سازی

فعالیت

با توجه به شکل ۱۰-۱، جدول زیر را برای آماده‌سازی یک جوش شیاری J شکل تکمیل کنید.

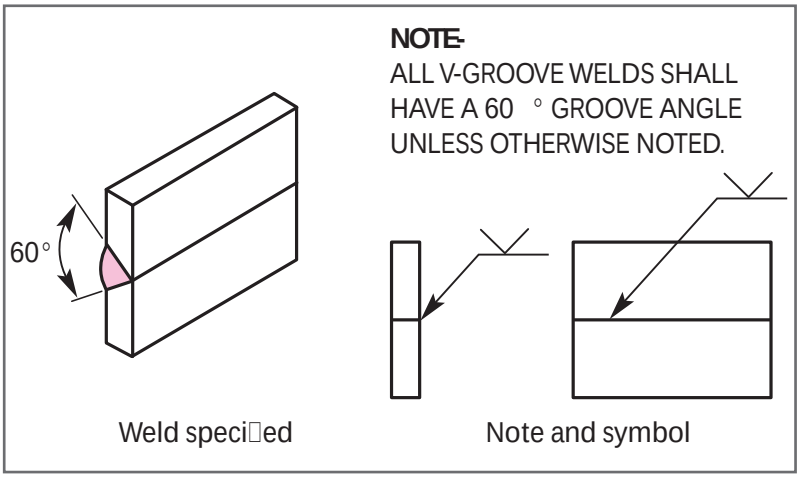
نوع طرح اتصال	زاویه پخ	ریشه جوش	عمق آماده‌سازی

در جوش‌های شیاری دو طرفه، در صورتی که بر روی نقشه اطلاعاتی ذکر نشود، ابعاد و مشخصات مورد نیاز برای آماده‌سازی در دو طرف خط مرجع درج می‌گردد (شکل ۱۱-۱).



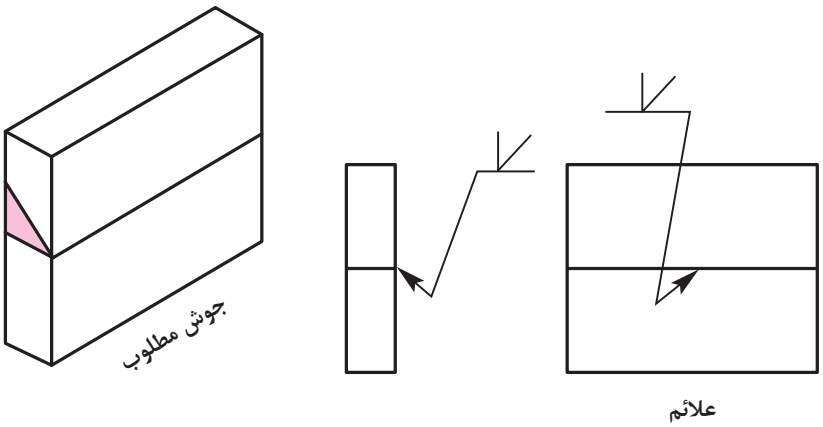
شکل ۱۱-۱- علائم جوش در جوش شیاری دو طرفه

درصورتی که جوش‌ها در اندازه‌های متفاوت طراحی شوند، ابعاد آنها بر روی نقشه همانند نمونه‌ای که در شکل ۱۲-۱ مشخص شده است درج می‌شود. همچنین اگر بر روی علائم جوش شیاری ابعاد و اندازه ذکر نشود، علائم همراه با عباراتی که بیانگر مشخصات آماده‌سازی نمونه است نمایش داده می‌شود.



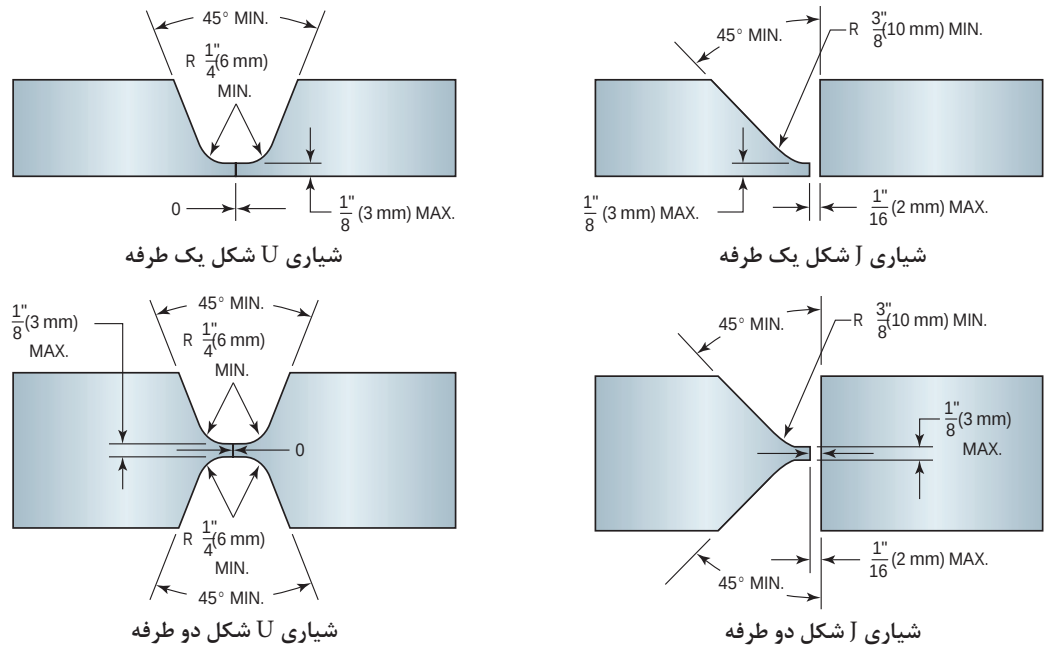
شکل ۱۲-۱- اگر اندازه جوش در نقشه در یک جمله ذکر شود، بر روی علائم ذکر نمی‌شود.

هنگامی‌که بر روی خط نشانه در جوش‌های شیاری که همراه با پخ می‌باشند شکست ایجاد می‌شود، بدین معنی است که پخ باید در جهت خط نشانه قرار گیرد. به شکل ۱۳-۱ نگاه کنید:



شکل ۱۳ـ۱ـ شکست در خط نشانه بیانگر پخ یک طرفه و شیاری J شکل می‌باشد.

شکل ۱۴-۱ طرح‌های استاندارد جوش شیاری را نشان می‌دهد که به‌صورت لب به لب جوشکاری می‌شوند. به‌طورکلی پلیت‌هایی با ضخامت بیشتر از ۶ میلی‌متر را آماده‌سازی می‌کنند، همچنین پلیت‌هایی با ضخامت بسیار بالا را با توجه به استاندارد و رویه جوشکاری معین، پخ دوطرفه می‌زنند.



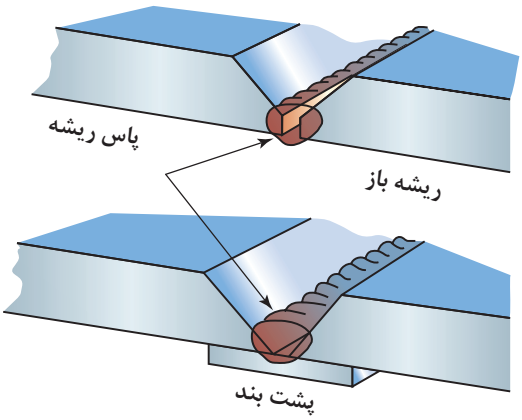
شکل ۱۴-۱- آماده‌سازی طرح‌های اتصال لب به لب متداول

جوشکاری شیاری در چند مرحله انجام می‌شود

در جوشهای شیاری به ویژه قطعات با ضخامت بالا برای کامل کردن طرح اتصال باید لایه های زیادی روی هم ایجاد شوند تا شیار بطور کامل پر شود . از این رو جوش‌های شیاری در چند مرحله انجام می‌شوند.

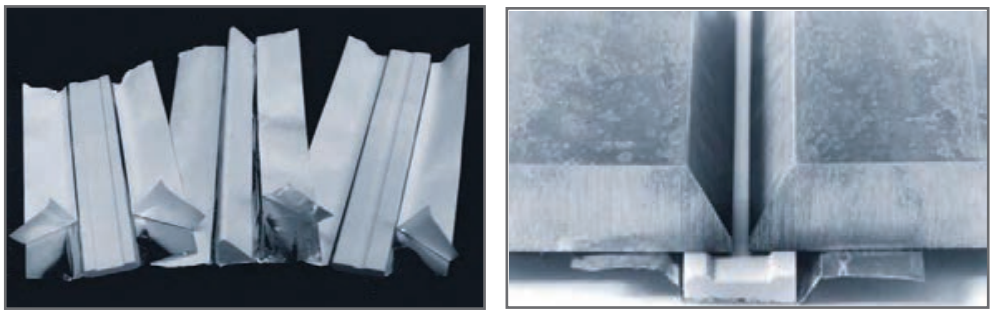
مرحله اول: جوشکاری پاس ریشه (ROOT PASS)

پاس ریشه، پاس اول در جوش‌های شیاری می‌باشد، به طوری‌که لبه دو فلز را ذوب، و درهم آمیخته و در عمق اتصال نفوذ ایجاد می‌کند. در یک اتصال بـی‌نقص پاس ریشه سالم ضرورت دارد. پاس ریشه در دو حالت انجام می‌شود: با پشت بند و بدون پشت بند. معمولاً پشت بند در جایی استفاده می‌شود که به پشت جوش دسترسی نـداریم و درصورت معیوب شدن ریشه، امکان ترمیم نباشد. (شکل ۱۵-۱).



شکل ۱۵-۱- اتصال با پشت بند و بدون پشت بند

پشت‌بندی که در ریشه‌های بسته استفاده می‌شود ممکن است جزئی از جوش شود یا حذف گردد. یکی از مشکلاتی که در هنگام خارج کردن پشت بندها اتفاق می‌افتد، کنده شدن قسمت‌هایی از پشت جوش می‌باشد که موجب تمرکز تنش در آن نقاط خواهد شد. پشت‌بندهای جدید سرامیکی (دما بالا) اخیراً تولید شده است که می‌تواند باعث افزایش نفوذ شده و از سوختگی جوش جلوگیری کنند (۱۶-۱).



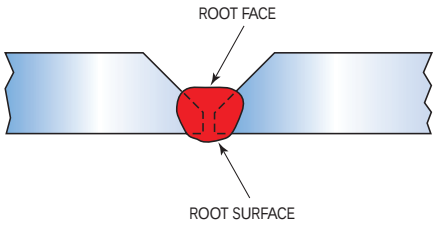
شکل ۱۶-۱-پشت بندهای فلزی و سرامیکی

پشت‌بندها پس از اتمام جوشکاری به‌راحتی از جوش جدا می‌شوند. اکثر جوش‌ها نیازی به پشت بند ندارند.

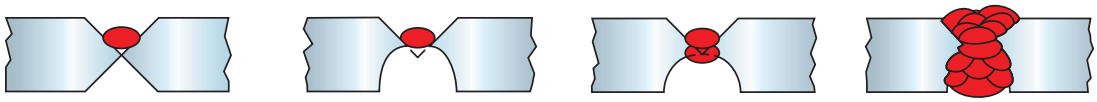
نکته

روی پلیت‌هایی که از دو طرف برای اتصال آماده‌سازی شده‌اند، پاس ریشه باید با گوجینگ تمیزکاری شود قبل از اینکه پاس بعدی اعمال شود (شکل ۱۷-۱).

جوش ریشه باز، به‌طور گسترده در اتصالات پلیت‌ها و لوله ها به کار می‌رود همانطور که در شکل ۱۸-۱ نشان داده شده است، سطح داخلی (Root face) پاس ریشه به اندازه سطحی بیرونی (Root surface) اهمیت ندارد. به دلیل اینکه سطح داخلی پاس ریشه معمولاً تمیز می‌شود و سپس پاس بعدی اعمال می‌گردد.



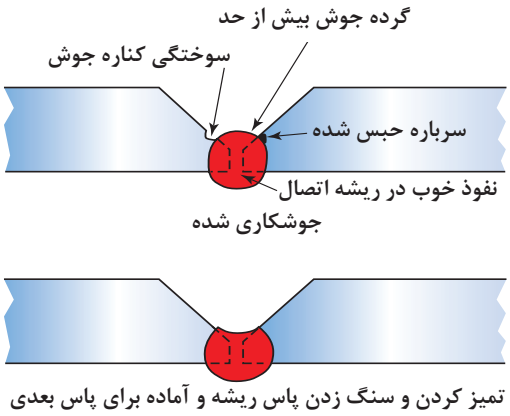
۱۷ـ۱ـ استفاده از گوجینگ برای اطمینان از بی عیب بودن ریشه



مرحله اول: جوشکاری — مرحله دوم: گوج کردن از پشت اتصال — مرحله سوم: جوشکاری از پشت اتصال — مرحله چهارم: تکمیل جوشکاری

۱۸ـ۱ـ شکل ایده‌آل برای پاس ریشه

قبل از شروع پاس دوم، ضرورت دارد بخشی از سطح پاس ریشه از ناخالصی زدوده شود.که این عمل را می‌توان با سنگ زنی انجام داد. با سنگ‌زدن سطح پاس ریشه ناپیوستگی‌ها و ناخالصی‌های روی آن حذف می‌شود و سطح برای اعمال پاس بعدی آماده خواهد شد (شکل ۱۹-۱).



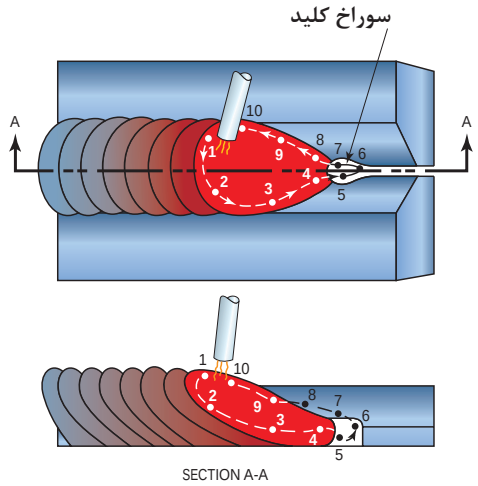
شکل ۱۹ـ۱ـ حذف ناپیوستگی‌ها و ناخالصی‌های پاس ریشه

نکته

سنگ‌زنی پاس ریشه باید به‌صورت عرضی انجام شود، به‌طوری‌که ناپیوستگی هایی مانند سوختگی کناره‌های جوش حذف شود.

دو روش متفاوت برای اعمال پاس ریشه وجود دارد:
روش اول تنها برای اتصالاتی بدون فاصله ریشه اتصال (فاصله بین دو پلیت مورد اتصال) استفاده می‌شود. این روش نیاز به آمپر بسیار بالا و طول قوس کوتاه برای اتصال دارد. طول قوس بسیار کوتاه است که فلاکس الکترود ممکن است در میان لبه‌های اتصال کشیده شود.
روش دوم برای اتصالاتی که فاصله زیاد در ریشه (فاصله بین دو اتصال زیاد) دارند به کار می‌رود. در این روش الکترود را طوری حرکت می‌دهیم که یک سوراخ کلید در ناحیه اتصال ایجاد شود ، برای کنترل حوضچه جوش، الکترود را باید به سمت داخل و خارج حوضچه به طور مدام حرکت داد (شکل ۲۰-۱).

همانطور که در شکل ۲۰-۱ نشان داده شده است، الکترود به صورت مرحله‌ای (شماره ۱ تا ۱۰) در طول جوش کامل حرکت داده می‌شود تا حوضچه مذاب کنترل شود و یک جوش با نفوذ کامل ایجاد شود. همچنین حفظ سوراخ کلید در طول جوشکاری برای رسیدن به نفوذ کامل در اتصال بسیار تعیین کننده است.



شکل ۲۰ـ۱ـ حرکت الکترود و استفاده از سوراخ کلید

کار کارگاهی

جوشکاری پاس ریشه روی پلیت فولادی با پشت بند در وضعیت‌های تخت و عمودی (نفوذ کامل در اتصال لب به لب) (شکل ۲۱-۱)

دستورکار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۳ mm و طول ۱۵۲ mm یک عدد نوار فولادی به عنوان پشت‌بند
مواد مصرفی	الکترود E6013

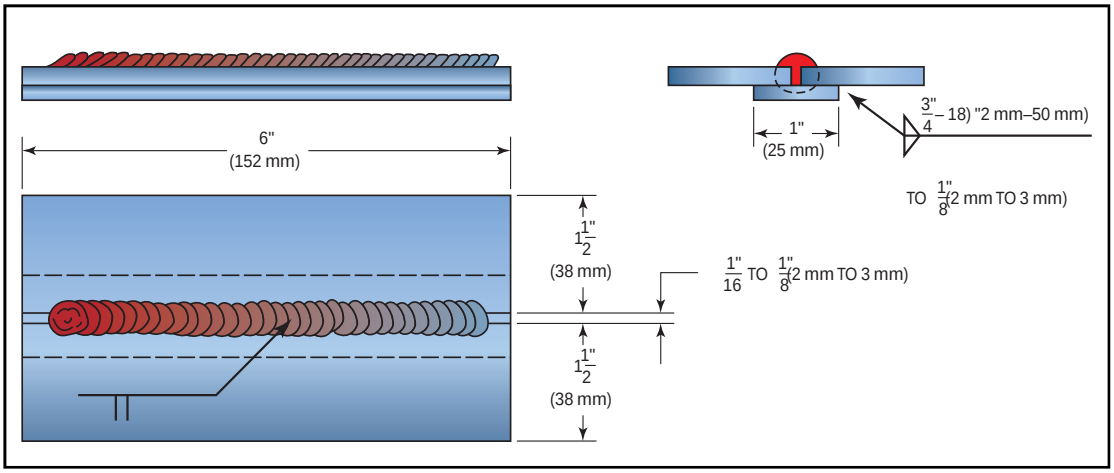
۱ ابتدا دو پلیت فولادی را با فاصله بازشدگی ریشه در حدود ۲ تا ۳ میلی‌متر به صورت لب به لب با یکدیگر مونتاژ کنید.

۲ مطمئن شوید که هیچ فاصله‌ای بین پشت بند و پلیت هنگامی‌که در حال خال جوش زدن هستید وجود ندارد (شکل ۲۲-۱)، اگر فاصله بین این پشت بند و پلیت‌ها وجود داشته باشد، هنگام چکش زدن به‌خال جوش‌ها بر روی سندان، پشت ممکن است از پلیت جوشکاری جدا شود (شکل ۲۳-۱).

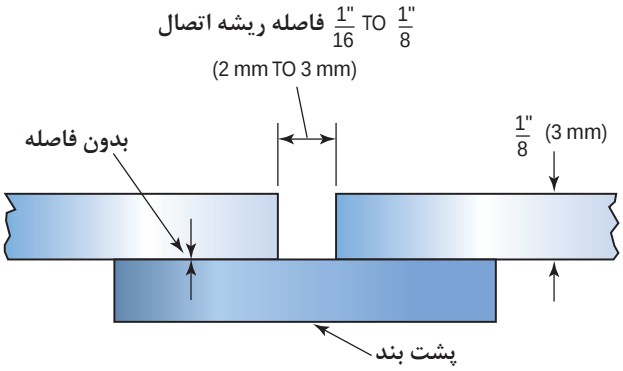
۳ برای جوشکاری پاس ریشه از تکنیک مستقیم یا T استفاده شود. الکترود را به درون ریشه فشار دهید طوری که لبه‌های زیری که در تماس با پشت‌بند می‌باشند، به‌خوبی ذوب شوند. عدم نفوذ کامل درون اتصال، COLD LAP در ریشه جوش می‌شود (شکل ۲۴-۱).

۴ به‌حوضچه جوش نگاه کنید و اندازه آن را تا حد امکان یکنواخت نگه دارید. زمانی که اندازه حوضچه جوش افزایش یافت، الکترود را از حوضچه خارج کنید و هنگامی‌که حوضچه شروع به سرد شدن کرد، مجدد الکترود را به داخل حوضچه برگردانید.

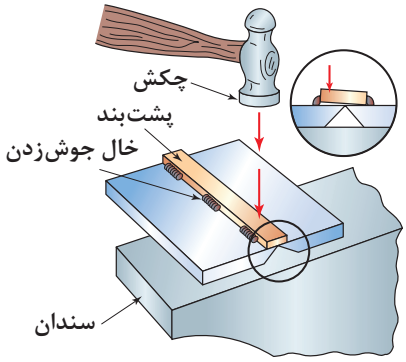
۵ هنگامی‌که جوشکاری کامل شد، پشت‌بند فولادی را به کمک هنرآموز از پلیت جدا کنید، سپس چند مقطع از اتصال را برش دهید و سطح مقطع اتصال را از لحاظ نفوذ مورد بررسی قرار دهید. در پایان دستگاه جوشکاری را خاموش کنید و مواد دورریز را جمع‌آوری کنید و در محفظه مربوط به دورریز قرار دهید. اطراف محیطی که در آن کار کرده‌اید را نظافت کنید و ابزارها را تحویل انبار دهید.



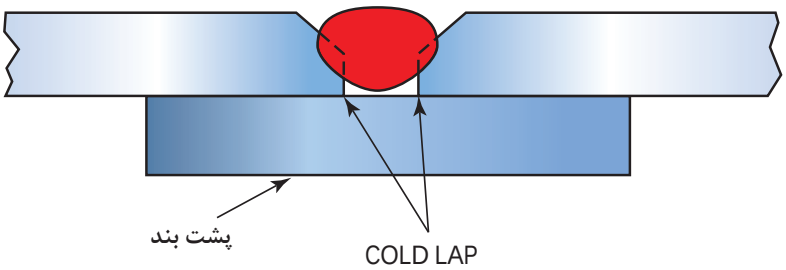
شکل ۲۱-۱- جوشکاری اتصال مربعی با پشت بند



شکل ۲۲-۱- پشت بند فولادی



شکل ۲۳-۱- به کارگیری چکش در تراز کردن پشت بند و پلیت



شکل ۲۴-۱- Cold lap در ریشه اتصال

کارگاهی

جوش شیاری پاس ریشه پلیت فولادی با ریشه باز در وضعیت‌های تخت و عمودی (نفوذ کامل در اتصال لب به لب)

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دست‌کش جوش‌کاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۳ mm و طول ۱۵۲ mmیک عدد نوار فولادی به عنوان پشت‌بند
مواد مصرفی	الکترود E6013

۱ ابتدا دو پلیت فولادی را به صورت لب به لب مربعی با فاصله باز شدگی ریشه ۲ میلی‌متر با یکدیگر مونتاژ کنید،

۲ از طول قوس کوتاه و آمپر ۹۰ برای جوشکاری استفاده کنید،

۳ برای کنترل نفوذ و سوختگی کناره‌ها، زاویه الکترود را تغییر دهید. زمانی که زاویه پشتران کاهش می‌یابد، الکترود را نسبت به‌سطح مماس‌تر کنید، در این صورت نفوذ و سوختگی کاهش می‌یابد (شکل ۲۵-۱)، همچنین برای پایداری قوس و ذوب لبه‌ها، الکترود را به صورت U شکل حرکت دهید.

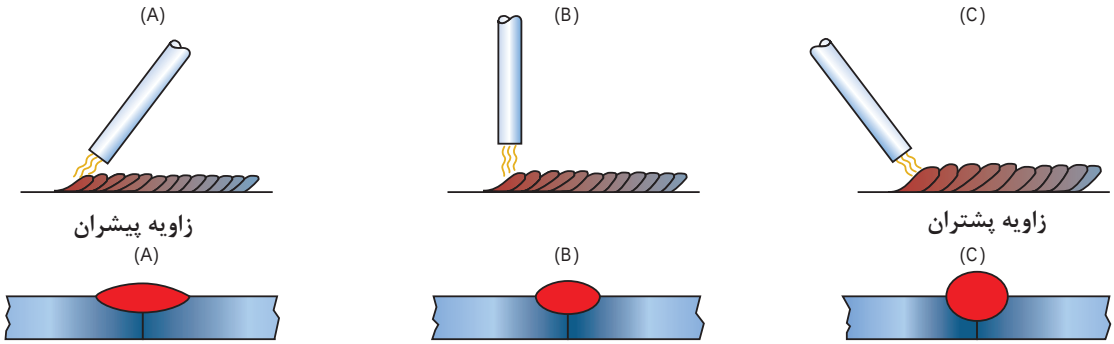
نکته

افزایش زاویه الکترود به سمت عمود عمق نفوذ را افزایش می‌دهد و ممکن است باعث ایجاد سوختگی کناره جوش شود.

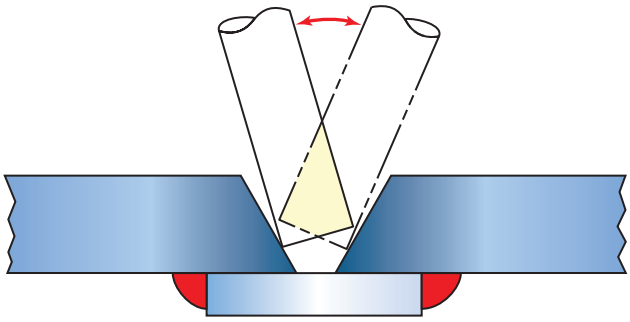
۴ روش حرکت انبر الکترود در درز اتصال در شکل ۲۶-۱ نشان داده شده است

۵ به رنگ سرباره نگاه کنید، اگر فلز جوش در یک سمت خوب ذوب نشود، سرباره در یک سمت روشن‌تر خواهد بود. رنگ روشن‌تر ناشی از سرد شدن آهسته‌تر سرباره می‌باشد.

۶ پس از تکمیل جوش، قطعه را سرد کنید، و پشت قطعه را از لحاظ نفوذ ریشه بررسی کنید، ریشه اتصال باید یک گرده جوش کوچک و یکنواخت داشته باشد (شکل ۲۷-۱).



شکل ۲۵-۱- تأثیر زاویهٔ الکترود بر روی شکل گرده جوش



شکل ۲۶-۱- شیوهٔ حرکت انبر الکترود در ریشه جوش برای پاس ریشه



شکل ۲۷-۱- ساق (toe) جوش یکنواخت

کار کارگاهی

جوشکاری ریشه باز روی پلیت فولادی با استفاده از تکنیک مرحله ای (Step Technique) در همه وضعیت‌ها (ایجاد جوش با نفوذ کامل)

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دست‌کش جوش‌کاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۳ mm و طول۱۵۲ mm یک عدد نوار فولادی به عنوان پشت‌بند
مواد مصرفی	الکترود E6013

۱ ابتدا دو پلیت فولادی را به‌صورت لب به لب مربعی با فاصله باز شدگی ریشه صفر تا ۳ میلی‌متر با یکدیگر مونتاژ کنید،

۲ از تنظیم آمپر متوسط و از روش Short stepping برای حرکت الکترود استفاده کنید.

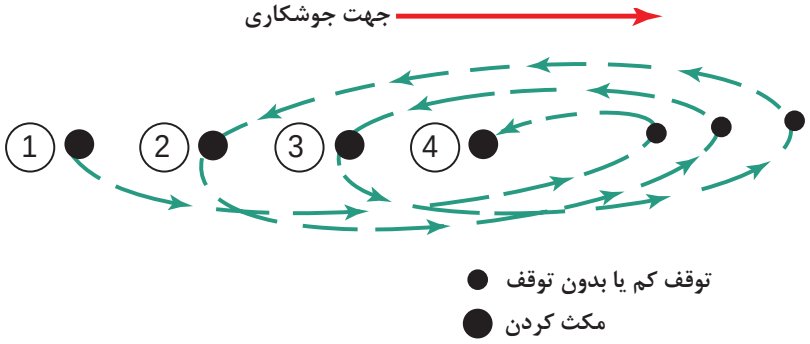
۳ الکترود را به سمت ریشه اتصال هُل دهید تا سوراخ کلید تشکیل شود، سپس الکترود را به‌صورت پایدار از حوضچه جوش به سمت جلو حرکت دهید و آن را برگردانید به داخل حوضچه جوش، به‌صورت ریتمیک این کار را تکرار کنید. به‌حوضچه جوش و اندازه سوراخ کلید نگاه کنید، مقدار ریتم و فاصله حرکت الکترود را تعیین کنید. اگر اندازه حوضچه جوش کاهش یابد، سوراخ کلید کوچک‌تر می‌شود و ممکن است کاملاً بسته شود. برای افزایش اندازه حوضچه جوش و حفظ سوراخ کلید در حین جوشکاری، سرعت حرکت الکترود را کاهش دهید و فاصله حرکت الکترود را از داخل حوضچه جوش به بیرون کاهش دهید. این عمل باعث افزایش اندازه حوضچه جوش و نفوذ می‌شود.

۴ اگر اندازه حوضچه جوش بسیار بزرگ شود ممکن است قطرات مذاب در اطراف سوراخ کلید شوره کند و پشت جوش قندیل از مذاب به‌جا بماند. همچنین اندازه بیش ازحد حوضچه جوش ممکن است باعث ایجاد یک سوراخ بزرگ شود که به‌موجب آن سوختگی کناره جوش ایجاد شود. تعمیر و ترمیم خطرات بزرگ در جوش نیاز به زمان و مهارت بالایی دارد. برای جلوگیری از ایجاد این عیب، سرعت پیشروی را افزایش، زاویه الکترود را کاهش، طول قوس را کاهش، آمپر را کاهش دهید (جدول ۱).

جدول۱: تأثیر پارامترهای جوش بر اندازه حوضچه جوش

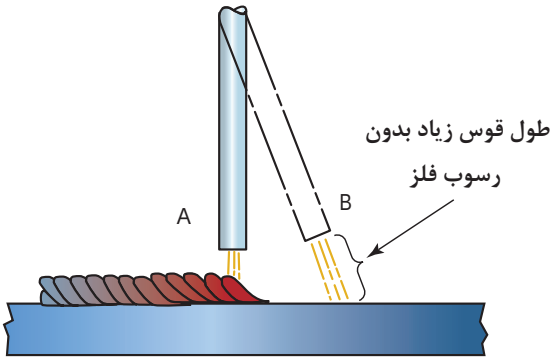
	آمپر	سرعت پیشروی	قطر الکترود	زاویه الکترود
کاهش اندازه حوضچه جوش	کاهش	افزایش	کاهش	پیشران
افزایش اندازه حوضچه جوش	افزایش	کاهش	افزایش	پشتران

اندازه حوضچه جوش هنگامی‌که قوس بر روی حوضچه متمرکز می‌شود، افزایش می‌یابد، این افزایش در حدود دو برابر قطر الکترود می‌باشد (شکل ۲۸-۱).



شکل ۲۸-۱- الگوی موجی شکل برای کنترل اندازه گرده مذاب

برای جلوگیری از انتقال سرباره به جلوی حوضچه جوش و محبوس شدن آن در جوش، فاصله الکترود تا قطعه کار را بیشتر کنید تا طول قوس افزایش یابد (شکل ۲۹-۱).



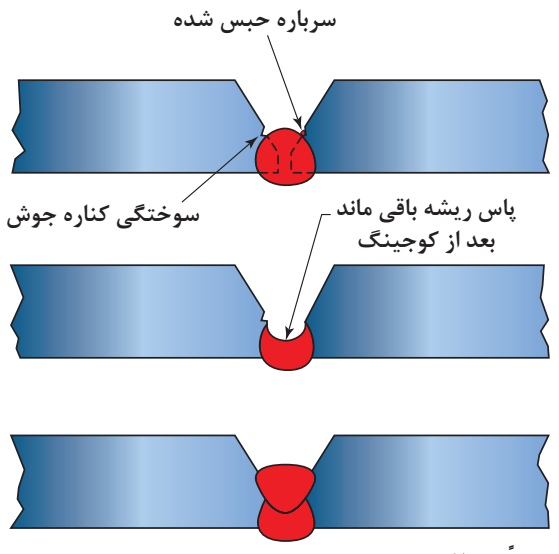
شکل ۲۹-۱- طول قوس بالا از رسوب سرباره به جلوی جوش جلوگیری می‌کند.
به طور نسبی یک جابه‌جایی سریع از نقطه A به نقطه B و برگشت A نیاز است

تغییر وضعیت جوشکاری از یک حالت به حالت دیگر نیاز به تنظیم زمان، آمپر، و زاویه الکترود دارد. وضعیت تخت، افقی و سقفی یک روند تقریباً مشابهی دارند. اما وضعیت عمودی یک دوره زمانی کمتری برای جابه‌جایی الکترود نیاز دارد. مقدار آمپر برای وضعیت عمودی نسبت به‌وضعیت تخت و افقی کمتر می‌باشد اما در وضعیت سقفی تقریباً از یک آمپر نزدیک به وضعیت تخت و افقی استفاده می‌شود. برای وضعیت عمودی، الکترود در یک زاویه پیشران عمودی‌تر از حالت سقفی استفاده می‌شود، که تقریباً عمود بر سطح قطعه کار می‌باشد.

۵ پس از تکمیل جوش، قطعه را سرد کنید، و پشت قطعه را از لحاظ نفوذ ریشه بررسی نمایید، ریشه اتصال باید یک گرده جوش کوچک و یکنواخت داشته باشد.

پاس داغ (Hot Pass)

سطح داخلی پاس ریشه ممکن است همراه برخی از عیوب مـانند: سوختگی کناره جـوش، روی هم‌رفتگی و نـاخـالصی سربـاره بـاشد از این رو سطح ریشه جوش را باید بـه وسیله سنگ‌زنی، یـا پاس داغ تمیز نمود. در شرایط بـحـرانـی، جایی کـه از جوش‌هـای استحکـام بـالا استفاده مـی‌شود، نیاز است کـــه پاس ریشه و هر یک از پاس‌هـای پرکننده سنگ‌زده شوند. این عملیات بـاعث مـی‌شود تا ناپیوستگی‌هـایی که در نتیجه حبس سرباره ایجاد شده‌اند،حذف شوند. همچنین از این عمل می‌تـوان بـرای حذف فلز جوشی کـه به‌وسیله الکترودهـای سری ۶۰ ایجاد شده است، استفاده کرد. در جوش‌های استحکام بالا، که باید از الکترودهایی کـه استحکام بالایی دارند استفاده شود، حذف رسوب الکترودهـای استحکام پایین با سنگ‌زنـی و شیارزنـی بسیار حـائز اهمیت است (شکل ۳۰-۱).



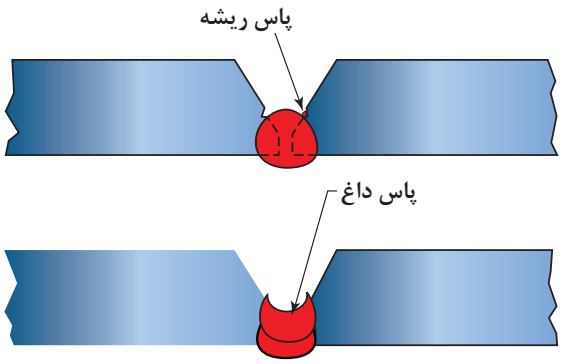
تقریباً ۱۰۰% از جوش در اتصال رسوب کرده، با استحکام بالا می‌باشد.

شکل ۳۰-۱- شیارزنی و سنگ زنی برای حذف ناپیوستگی‌ها و حذف فلز پرکننده که برای پاس ریشه استفاده شده است

نکته

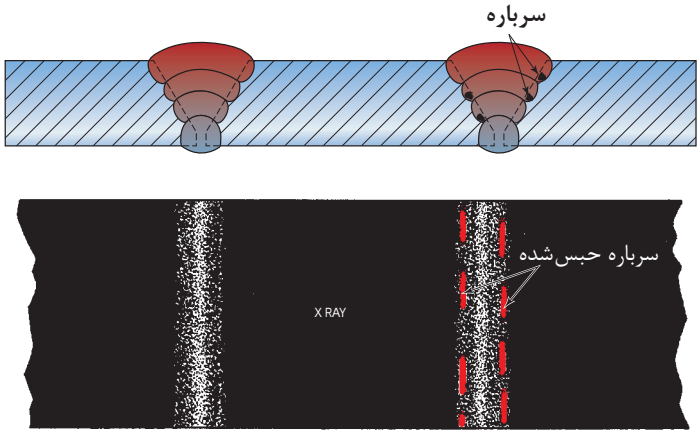
الکترود استحکام بالا، به الکترودهایی گفته می‌شود که استحکام کشی بالایی دارند، به عنوان مثال الکترود E۶۰۱۰ فیت E۷۰۱۸ استحکام کنترل دارد.

یکـی از سریع‌ترین روش‌ها برای حذف سرباره حبس شده و یکنواخت کردن پاس ریشه،استفاده از پاس‌های داغ می‌باشد. در پاس داغ از یک آمپر و سرعت پیشروی بـالاتر نسبت به پاس ریشه برای کاهش سرعت سرد شدن و حـذف سربـاره حبس شده استفاده مـی‌شود. (شکل ۳۱-۱).



شکل ۳۱-۱- استفاده از پاس داغ برای تمیز کردن سطح پاس ریشه

هنگام اعمال پاس ریشه ممکن است مقداری فلز در اتصال رسوب کند به‌طوری که گرده جوش به‌صورت مقعری شکل ایجاد شود. جوش مقعر در مقایسه با محدب به‌وسیله برس سیمی و سنگ زنی به‌راحتی تمیز می‌شود. عدم تمیز کاری صحیح درز اتصال در حالت جوش محدب موجب ایجاد ناپیوستگی‌هایی که در شکل ۱-۳۲ نشان داده شده است، می‌شود.



شکل ۳۲-۱- سرباره محبوس شده بین پاس‌ها

پاس داغ همچنین برای ترمیم و تعمیر یا پر کردن عیب ذوب ناقص به‌کار می‌رود. الگوی معمول برای پاس داغ الگو مستقیم یا T می‌باشد. الگوی T برای حذف سرباره‌های حبس شده در جوش بهتر از الگوی مستقیم عمل می‌کند.

کار کارگاهی

تعمیر و ترمیم گرده جوش ضعیف به‌وسیله پاس داغ

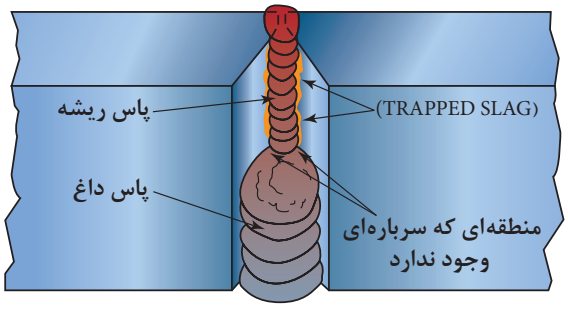
دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	قطعه جوشکاری شده معیوب (ناخالصی، ذوب ناقص، تخلخل و سوختگی کناره جوش)
مواد مصرفی	الکترود E6013 با قطر ۳

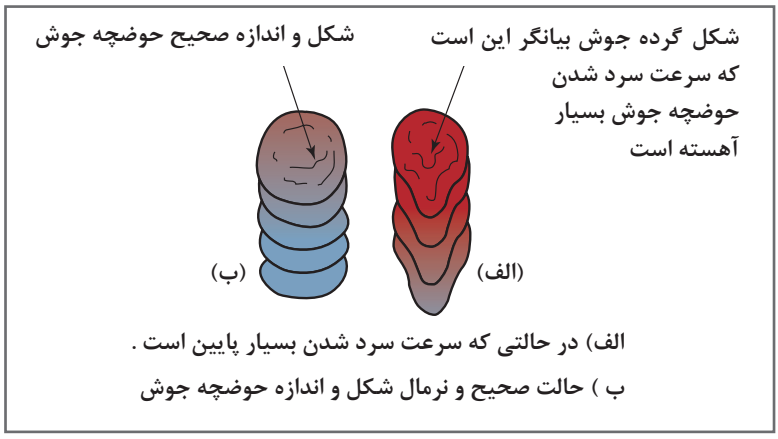
بهترین حالت برای اعمال پاس داغ، وضعیت عمودی می‌باشد. سرباره رسوب کرده تمایل دارد بر روی حوضچه مذاب شناور شود، و درحالت تخت در عمق زیاد محبوس مانده و از جوش خارج نمی‌شود. در وضعیت عمودی،

سرباره می تواند از اتصال خارج شود و بر روی سطح جوش قرار گیرد. برای این کار آمپر را تا حد ممکن افزایش دهید، به‌طوری که الکترود بیش از حد داغ نشود و نسوزد. از پایین قطعه شروع به اعمال پاس داغ نمایید و به سمت بالا حرکت کنید، از تکنیک‌های مستقیم و T شکل به‌صورت ترکیبی استفاده کنید تا فلز جوش به صورت یکنواخت ایجاد شود (شکل ۳۳-۱).



شکل ۳۳-۱- حذف سرباره حبس شده در جوش با پاس داغ

به‌دلیل آمپر بالا در پاس داغ و حرارت ورودی بالا ، قطعه ممکن است بیش از حد داغ شود، اگر حین جوشکاری متوجه شدید که گرده جوش تشکیل شده با آرامی سرد می‌شود و طول گرده جوش همانند شکل ۳۴-۱ زیاد شده است، شما باید جوشکاری را قطع کنید و اجازه دهید قطعه سرد شود و مجدداً شروع کنید. پس از اتمام جوشکاری، قطعه را سرد کنید، سپس از لحاظ یکنواختی آن را بازرسی کنید. برای بازرسی بهتر می‌توانید قطعه را از منطقه‌ای که ناپیوستگی بزرگ داشت برش دهید وسپس آن را بررسی کنید. در پایان دستگاه جوشکاری را خاموش کنید و ناحیه‌ای که درحال کار بوده‌اید را نظافت کنید و مواد دورریز را در محفظه‌های مخصوص قرار دهید.

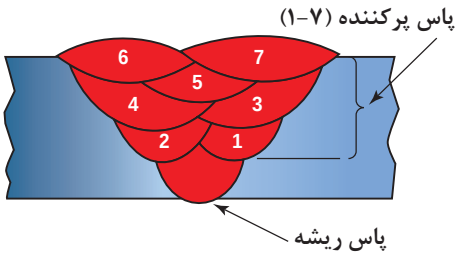


شکل ۳۴-۱- شکل گرده جوش

پاس پرکننده (Filler Pass)

پس از تکمیل پاس ریشه و تمیز کردن آن، پاس پرکننده اعمال می‌شود در مرحله پرکردن درز اتصال اکثر مواقع بیشتر از یک پاس استفاده می‌شود. برای پاس‌های پرکننده از گرده‌های زنجیره‌ای یا موجی شکل استفاده می‌شود. همان‌طور که در (شکل ۳۵-۱) نشان داده شده است، در گرده زنجیره‌ای مقدار روی هم افتادگی ٪۵۰ و در گرده موجی شکل تقریباً برابر ٪۲۵ می‌باشد. قبل از اعمال پاس پرکننده بعدی پاس قبلی

باید تمیز شود تا ناخالصی وارد جوش نشود.
پس از اتمام جوشکاری، می‌توان قطعه را با روش‌های مختلفی بازرسی نمود، کـه یکی از ساده‌ترین روش‌ها مقطع‌زدن قطعات است، بـه‌عبارت دیگر برش عـرضی قطعه و تمیز کردن با سنباده و بازرسی پاس‌های مختلف از لحاظ عدم وجود عیب در بین پاس‌ها. همچنین می‌توان از تکنیک گوجینگ برای بازرسی قطعه جوشکاری شده در چند پاس استفاده کرد.



شکل ۳۵-۱- پاس‌های پرکننده

کارگاهی

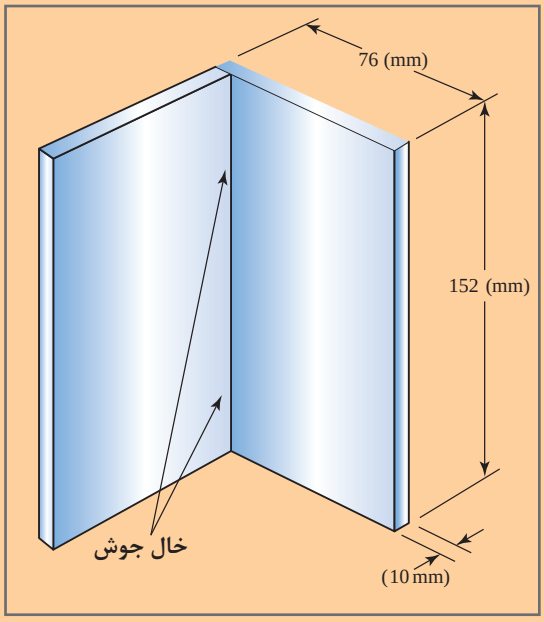
جوشکاری چند پاسه - پرکننده - برای اتصال V شکل (V-joint) در همه وضعیت‌ها

دستور کار:

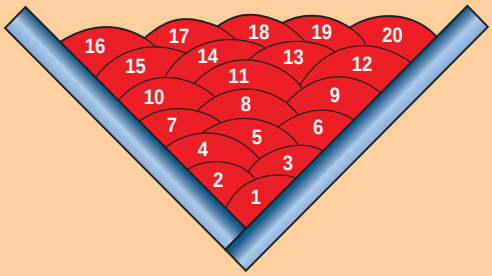
قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۱۰ mm و طول ۱۵۲ mm با عرض ۷۶ mm
مواد مصرفی	الکترود E6013 با قطر ۳/۲۵

۱ با توجه به نقشه پلیت‌ها را با یکدیگر از گوشه مونتاژ کنید (خال جوش زدن) تا به شکل V درآیند (شکل ۳۶-۱).
۲ از یک طرف (انتهای قطعه) جوشکاری را شروع کنید، و یک گرده جوش زنجیره‌ای در تمام طول قطعه ایجاد کنید، یا از الگوی موجی به صورت T شکل استفاده کنید.
۳ سپس سرباره مربوط به پاس اول پرکننده را قبل از اعمال پاس بعدی کاملاً تمیز کنید.
۴ شکل ۳۷-۱ ترتیب پیشنهادی برای ایجاد گرده را نشان می‌دهد. در ادامه پاس‌های بعدی را ایجاد کنید تا ضخامت گرده‌ها به۲۵ میلیمتر برسد.
۵ همانطور که در شکل ۳۸-۱ نشان داده شده است انتها و ابتدای پلیت، تکه اضافه قرار می‌دهند تا به‌صورت مربعی شکل درآیند. در انتهای جوشکاری تکه‌های اضافی باید از پلیت جدا شوند.
۶ پس از تکمیل پاس‌ها، قطعه را از لحاظ یکنواختی پاس‌ها بررسی نمایید.



شکل ۳۶-۱- مونتاژ کردن پلیت‌ها برای تمرین پاس پرکننده



شکل ۳۷-۱- ترتیب ایجاد پاس پرکننده



شکل ۳۸-۱- ترتیب ایجاد پاس پرکننده

کارگاهی

جوش چند پاسه ـ پرکننده ـ برای اتصال V شکل (V-joint) در همه وضعیت‌ها با استفاده از الکترود E۷۰۱۸ :

دستور کار :

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی‌می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

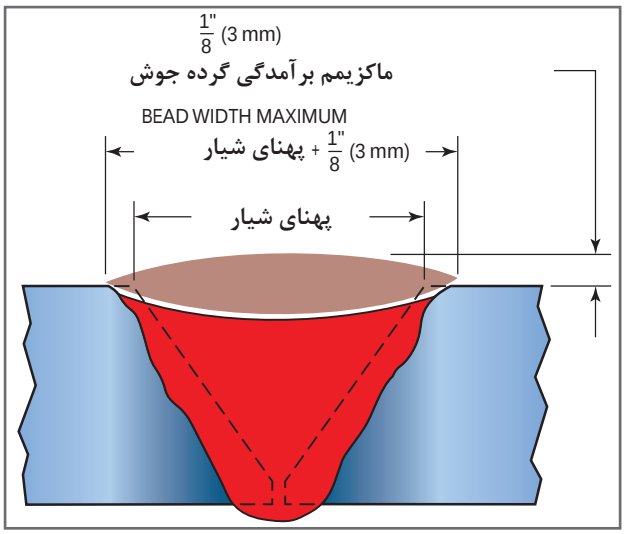
موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۱۰ mm و طول ۱۵۲ mm با عرض ۷۶ mm
مواد مصرفی	الکترود E۷۰۱۸ یا E۶۰۱۳ با قطر ۳/۲۵

۱ پلیت‌ها را با یکدیگر از گوشه مونتاژ کنید (خال جوش زدن) تا به شکل V درآیند.
۲ به صورت مستقیم با الگوی T یا V حرکت کنید، یک گرده زنجیره‌ای در پاس ریشه ایجاد کنید.
۳ سرباره را تمیز کنید و سپس پاس بعدی را اعمال کنید تا ضخامت آن به ۲۵ میلی‌متر برسد.
۴ اگر در طول جوشکاری گرده ناصاف شده است یا سرباره بزرگ در جوش حبس شده است، حتماً باید شیارزنی شود از جوش خارج شوند و تعمیر شوند. در صنعت، جوش‌های شیاری در حدود ۲۵ میلیمتر و بالاتر از آن معمولاً تعمیر و ترمیم می‌شوند.
۵ پس از تکمیل جوش، قطعات را از لحاظ عیب و ناپیوستگی بررسی کنید.
۶ دستگاه جوش را خاموش کنید و محدوده‌ای که درحال کار بودید را نظافت کنید.

پاس پوششی (Cover Pass)

جوش نهایی در جوش‌های چند پاسه به‌عنوان پاس پوششی شناخته می‌شود. در پاس پوششی می‌توان از الکترودهای متفاوت استفاده کرد یا از الکترود مشابه پاس پرکننده استفاده نمود. یکنواخت بودن و داشتن ظاهر زیبا برای جوش پوششی (cap weld) بسیار مهم است. در این پاس، جوش‌ها تست نمی‌شوند و اغلب بررسی‌ها از روی ظاهر جوش می‌باشد.

پاس‌های پوششی باید عاری از هر نوع عیبی باشند، عیوب مانند سوختگی کناره جوش، تخلخل، ناخالصی سرباره در آن نباشد و از لحاظ عرض و جوش باید یکنواخت باشد. شکل ۳۹-۱ مقدار عرض گرده پاس پوششی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۹-۱- پاس پوششی نباید بیش از اندازه بزرگ باشد

نکته

پاس های پوششی که بسیار عریض می باشند، موجب افزایش استحکام جوش نخواهند شد. بنابراین جوشکاری بیش از حد یا ایجاد گرده پوششی بزرگ‌تر، مزیت نمی‌باشد.

کارگاهی

پاس پوششی برای همه وضعیت‌ها

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۱۰ mm و طول ۱۵۲ mm
مواد مصرفی	الکترود E۷۰۱۸ با قطر ۳/۲۵ میلیمتر

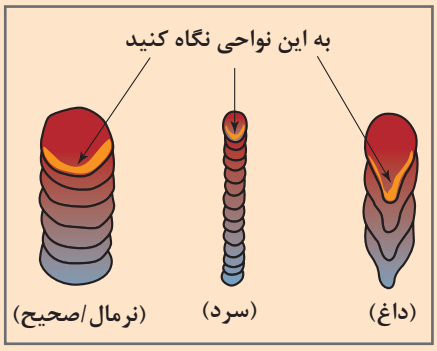
۱ توجه داشته باشید که گردهٔ جوش باید در حدود ۷ میلی‌متر عرض داشته باشد و مقدار برآمدگی گرده جوش نباید از ۳ میلیمتر بیشتر باشد (شکل ۴۰-۱).

۲ شکل مهره جوش را با نگاه کردن لبه حوضچه جوش کنترل کنید (شکل ۴۱-۱).

۳ نفوذ عمیق برای جوش‌های پوششی نیاز نیست، و ممکن است باعث ضعف در برخی مواقع شود. پس از سرد شدن کامل جوش، جوش را از لحاظ یکنواختی گرده جوش و عیب بررسی کنید. همانطور که در شکل ۴۱-۱ نشان داده شده است، مقدار آمپر صحیح را می‌توان به صورت تجربی نیز تعیین نمود. به عنوان مثال به سه گرده ایجاد شده در روبه‌رو نگاه کنید، سه رنج آمپر را نشان می‌دهد، آمپر بالا، آمپر پایین و آمپر متوسط یا نرمال که مدنظر است.



شکل ۴۰-۱- اندازه گرده جوش در پاس پوششی



شکل ۴۱-۱- به انتهای لبه حوضچه نگاه کنید و مقدار آمپر را تعیین کنید

ارزشیابی شایستگی‌های پودمان ۱ :جوشکاری شیاری

شرح کار :جوشکاری دو پلیت فولادی با طرح اتصال V شکل در وضعیت تخت (اعمال پاس ریشه، داغ، پرکننده، پوششی)

استاندارد عملکرد:

جوشکاری دو قطعه فولادی با فرایند الکترود دستی در وضعیت‌های مختلف

- تنظیم و راه‌اندازی دستگاه (انتخاب آمپر و قطعه مناسب بر اساس استاندارد)
- آماده سازی طرح اتصال بر اساس نقشه
- ایجاد نقشه جوشکاری بدون عیب و کامل
- کنترل قطعه از لحاظ ابعادی (برابر نقشه)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

کارگاه استاندارد با تجهیزات ایمنی، دستگاه جوشکاری با قوس الکتریکی (موتور ژنراتور، ریکتیپایر) کابل ها، انبر الکترودگیر، سنگ سنباده، سوهان، برس سیمی، چکش، چکش گل زنی، لوازم حفاظت فردی، الکترود، قطعه کار

مدت زمان : یک جلسه

معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی دستگاه	۱	
۲	آماده سازی قطعات	۲	
۳	جوشکاری	۱	
۴	عملیات تکمیلی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: **رعایت نکات ایمنی شامل**: پوشیدن ماسک جوشکاری، دستکش، کفش ایمنی، پیش‌بند، کلاه ایمنی، مدیریت دور ریز (پس ماند الکترود، گل جوش و قطعه کار)، مسئولیت پذیر بودن در انجام وظایف محوله	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۲

جوشکاری لوله



در دهه‌های اخیر، صنعت نفت‌وگاز به دلیل اهمیت بالایی که دارند تبدیل به یکی از صنایع تأثیرگذار در اقتصاد کشورها شده است. همچنین در کشور عزیزمان «ایران» این صنعت نقش بسیار اساسی در پیشرفت اقتصادی ایفاء کرده است. داشتن زیر ساخت، فناوری نوین، تجهیزات و سازه‌های استخراجی و انتقالی مهندسی شده فاکتورهای بسیار مهم هستند که در توسعه این صنعت نقش اساسی دارند. در ساخت سازه‌های انتقال نفت‌وگاز جوشکاری یکی از فرایندهای مهم به‌شمار می رود. برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر از فرایندهای متعددی استفاده می شود، اما در این فصل روش جوشکاری لوله به فرایند الکترود دستی آموزش داده می‌شود.

واحد یادگیری ۲

جوشکاری لوله با الکترود دستی

آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- لوله‌ها چه کاربردی در صنایع مختلف دارند؟
- تفاوت بین پایپ و تیوب در چیست؟
- اطلاعات مورد نیاز برای آماده‌سازی لوله را از چه منبعی می‌توان استخراج کرد؟
- چگونه می‌توان دو قطعه لوله را به یکدیگر متصل نمود؟

جوشکاری با الکترود دستی یکی از روش‌های مرسوم در صنایع مختلف به شمار می‌رود. در واحدهای یادگیری قبلی چگونگی برقراری قوس، ایجاد خط جوش، جوشکاری گوشه و جوشکاری شیاری را آموخته‌اید. در این واحد یادگیری، شما روش جوشکاری دو لوله به یکدیگر را فرا می‌گیرید. در این واحد یادگیری، ابتدا کاربرد لوله‌ها، تفاوت بین پایپ و تیوب ارائه شده است و در ادامه آماده‌سازی اتصال و روش جوشکاری لوله را فرا خواهید گرفت.

استاندارد عملکرد

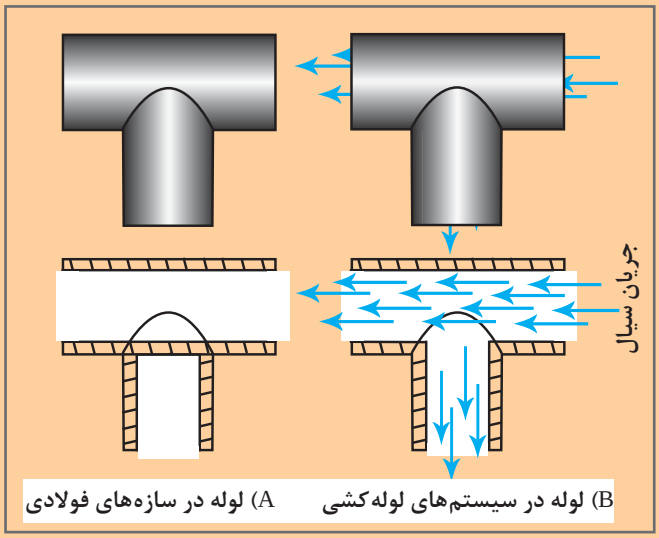
در پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود که بر اساس نقشه دو قطعه لوله فولادی را در وضعیت‌های مختلف جوشکاری کنند.

آماده‌سازی لوله برای جوشکاری

به‌طور کلی دو کاربرد اصلی برای لوله‌ها وجود دارد:
سیستم‌های لوله‌کشی (Piping System) و سازه‌های لوله‌ای (Structural Pipe) اما آیا مهارت مورد نیاز برای جوشکاری لوله‌ها در دو مورد یکسان است؟

فعالیت کلاسی

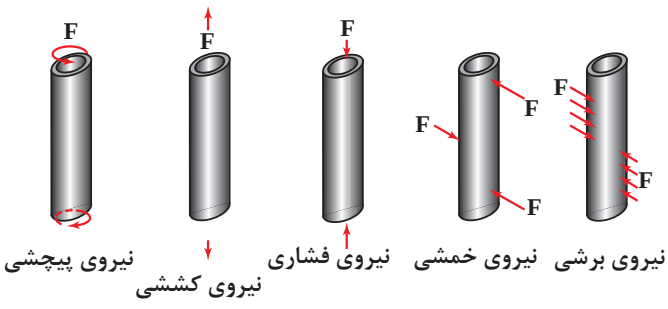
با کمک هنرآموز فرد تفاوت‌های اصلی بین این لوله‌ها را بیان کرده و جدول زیر را تکمیل کنید.



شکل ۱ـ۲ـ تفاوت بین لوله در سازه و در سیستم لوله‌کشی

نوع کاربرد	تفاوت
سازه‌های لوله‌ای	
سیستم لوله‌کشی	

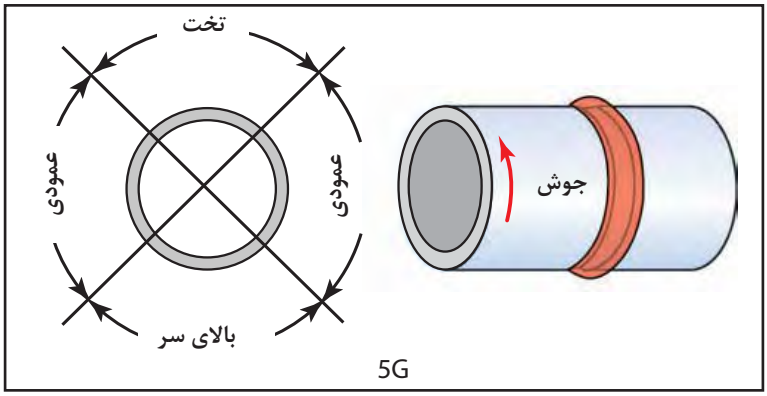
نکته‌ای که در کاربرد سازه‌ها بسیار مهم است، استحکام لوله در برابر نیروهای معمولی به هر سازه جوشی وارد شده، می‌باشد. البته لوله‌ها می‌توانند نیروهای معمولی را تحمل کنند.
شکل ۲ـ۲ تنش‌های مکانیکی خارجی بر روی لوله را نشان می‌دهد، لوله‌ها در برابر نیروهای پیچشی استحکام خوبی از خود نشان می‌دهند.



شکل ۲ـ۲ـ تنش‌های خارجی مکانیکی روی لوله

نکته

در جوشکاری لوله دو مشکل اساسی وجود دارد؛
ـ مشکل مونتاژ یا اصطلاحاً فیت کردن لوله‌ها به یکدیگر
ـ تغییر وضعیت جوشکاری (شکل ۳ـ۲)

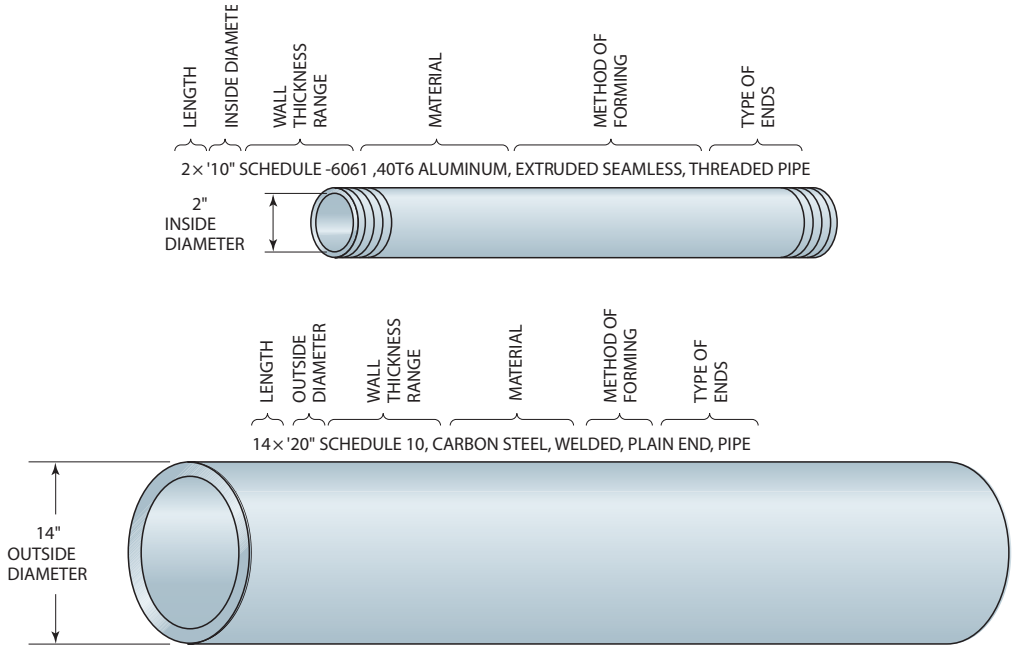


شکل ۳ـ۲ـ تنش‌های خارجی مکانیکی روی لوله

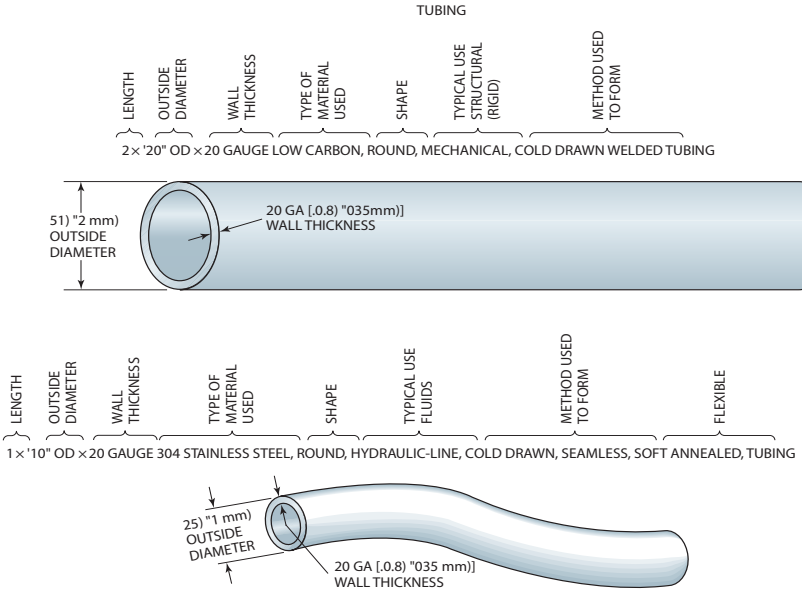
آیا پاپ با تیوپ مشابه است؟ پایپ (Pipe) ، تیوب (Tube)

اگرچه ممکن است پایپ و تیوب یکسان باشند، اما آنها تفاوت‌هایی از لحاظ مشخصات و کاربرد دارند، جدول زیر بعد تفاوت بین این دو را نشان می‌دهد.

<table>
<tr><th colspan="2">نوع / فاکتور</th><th colspan="2">پایپ</th><th colspan="2">تیوب</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">کاربرد</td><td>اصلی</td><td>فرعی (به ندرت)</td><td>اصلی</td><td>فرعی (به‌ندرت)</td></tr>
<tr><td>انتقال سیالات</td><td>سازه‌های لوله‌ای</td><td>سازه‌های لوله‌ای</td><td>انتقال سیالات</td></tr>
<tr><td rowspan="3">مشخصات و نقشه‌خوانی</td><td rowspan="2">اندازه روی نقشه</td><td>تا قطر ۱۲ in و کمتر</td><td>قطر بزرگ‌تر از ۱۲ in</td><td colspan="2" rowspan="2">براساس قطر خارجی داده می‌شود</td></tr>
<tr><td>براساس قطر داخلی داده می‌شود</td><td>براساس قطر خارجی داده می‌شود</td></tr>
<tr><td>ضخامت دیواره</td><td colspan="2">براساس Schedule داده می‌شود
(این جدول در همراه هنرجو آمده است)</td><td colspan="2">براساس گیج‌های استاندارد ضخامت ورق فلزی سنجیده می‌شود</td></tr>
<tr><td colspan="2">شکل ظاهری</td><td>سطح مقطع دایره‌ای شکل</td><td colspan="3">سطح مقطع دایره‌ای شکل، مربعی شکل، مستطیلی شکل</td></tr>
<tr><td colspan="6">به‌طور کلی در این کتاب تیوب یا پایپ با واژه لوله بیان شده است.</td></tr>
</table>



شکل ۴ـ۲ـ مشخصات معمول برای سفارش پایپ

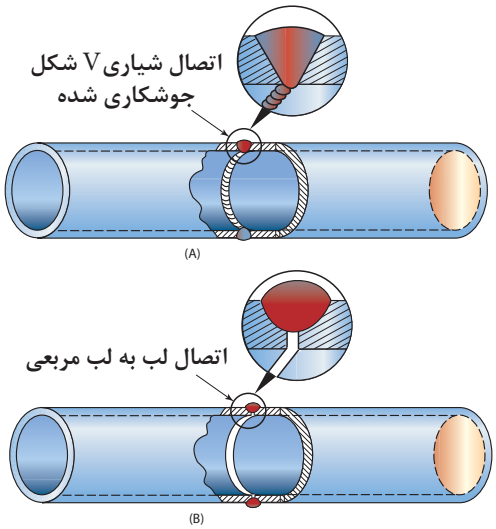


شکل ۵ـ۲ـ مشخصات معمول برای سفارش تیوب

آماده‌سازی و مونتاژ لوله (Fit-Up)

برای جوشکاری لوله به یکدیگر باید دو سر لوله آماده‌سازی شوند. لوله‌ها ممکن است به‌صورت اتصال مربعی یا مورب (پخ‌دار) آماده‌سازی شوند. اغلب لوله‌ها با قطر کوچک که برای کاربردهای سازه‌ای به‌کار می‌روند، به صورت لب‌به‌لب (اتصال مربعی) و بدون پخ جوشکاری می‌شوند. در حالی که لوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر که در انتقال سیالات استفاده می‌شوند، را به‌صورت پخ‌دار آماده می‌کنند. چرا لوله‌ها را به‌صورت پخ‌دار آماده‌سازی می‌کنند.؟

به شکل ۶ـ۲ نگاه کنید و به‌این سؤال پاسخ دهید:



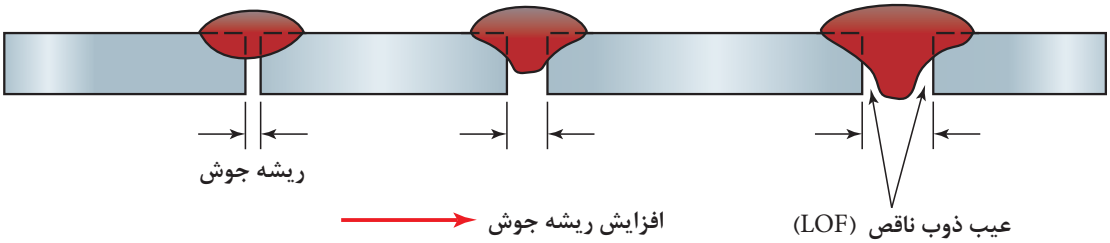
شکل ۶ـ۲ـ مقایسه نفوذ جوش در دو اتصال لب‌به‌لب مربعی و شیاری V شکل

نکته

به اتصال مربعی، اگر ضخامت جوش و فلز پایه برابر باشد، استحکام آن برابر با استحکام اتصال پخ‌دار می‌شود (شکل ۷ـ۲). در حالت مربعی شکل امکان ایجاد قسمت‌های ذوب نشده (عدم ذوب) وجود دارد، اما با آماده‌سازی لوله به‌صورت پخ‌دار، قسمت‌های عدم ذوب به‌وجود نمی‌آید.

نکته

عدم ذوب ریشه اتصال ممکن است باعث حبس آب و زنگ‌زدایی لوله در سیستم لوله‌کشی شود.



شکل ۷ـ۲ـ تأثیر مقدار فاصله ریشه جوش بر روی نفوذ

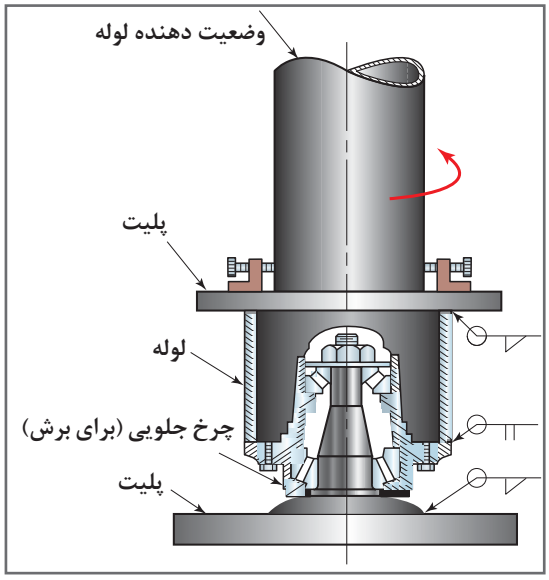
همان‌طور که در پودمان قبلی آموخته‌اید، پاشنه جوش باعث می‌شود که جوشکاری حوضچه جوش و مقدار نفوذ را به خوبی کنترل کند.

برای آماده‌سازی لوله به‌صورت پخ‌دار از روش‌های برشکاری با شعله، سنگ زنی و ماشین‌کاری و روش

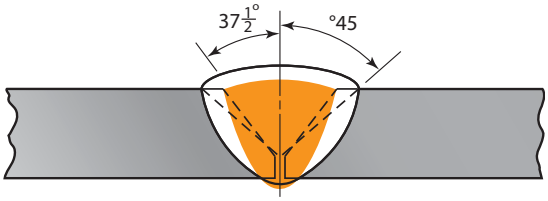
ترکیبی می‌توان استفاده کرد. شکل۸ـ۲ ماشین قابل حمل برای پخ‌سازی لوله را نشان می‌دهد. شکل ۹ـ۲ یک نمونه دستگاه پخ زدن را نشان می‌دهد که می‌توان در کارگاه از آن استفاده نمود.



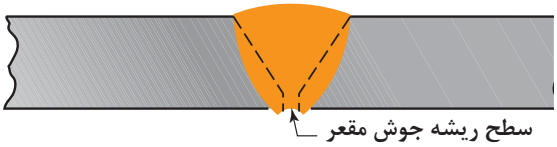
شکل ۸ـ۲ـ دستگاه پخ زدن



شکل ۹ـ۲

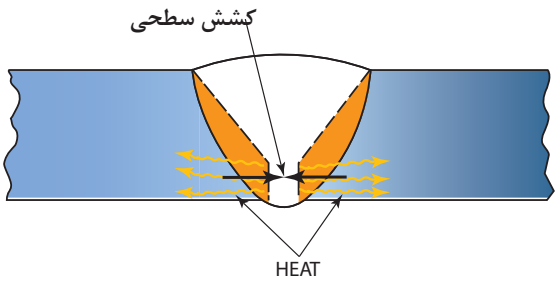


شکل ۱۰ـ۲



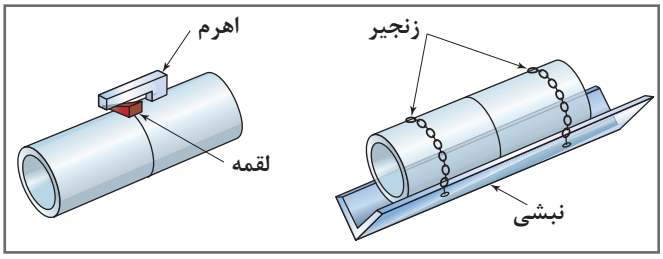
شکل ۱۱ـ۲ـ مقدار تقعر ریشه جوش

پاشنه جوش زیاد باعث عدم نفوذ کافی و پاشنه جوش کم باعث ریزش مذاب می‌شود، و علاوه بر آن پاشنه باعث کنترل کشش سطحی و شکل سطح ریشه جوش مناسب را ایجاد می‌کند و ممکن است تقعر در ریشه‌جوش را ایجاد کند.



شکل ۱۲ـ۲ـ خروج حرارت از قطعه

فیت‌کردن لوله‌ها با یکدیگر و نگهداشتن در موقعیت جوشکاری با افزایش قطر لوله دشوارتر می‌شود. برای این کار باید از یک سوی ابزار، برای ثابت و محکم نگه‌داشت آنها استفاده نمود. (شکل ۱۳ـ۲).



شکل ۱۳ـ۲

چگونه می‌توان لوله‌ها را با جوشکاری به یکدیگر متصل نمود؟

همان‌طور که در ابتدا ذکر شد، انتقال مداوم وضعیت جوشکاری از یک حالت به حالت دیگر، یکی از مشکلات اساسی در جوشکاری لوله‌هایی است که به‌صورت افقی ثابت قرار گرفته است. با افزایش قطر لوله سرعت تغییر وضعیت جوشکاری کاهش می‌یابد. (شکل ۱۳ـ۲). وضعیت‌های مختلف را در حین جوشکاری لوله نشان می‌دهد)، اما زمان بیشتری نیاز است تا جوش تکمیل شود.

برای آموزش بهتر است هنرجویان ابتدا از لوله‌هایی با قطر بزرگ‌ترشروع کنند و با توسعه مهارتشان به سمت قطر کوچک‌تر بروند.

نکته

برای جوشکاری لوله‌هایی که در سیستم‌های لوله‌کشی به‌کار می‌روند اغلب از الکترودهای E6010 یا E6011 برای پاس ریشه و الکترود E7018 برای تکمیل جوشکاری استفاده می‌شود (شکل ۱۴ـ۲). الکترود E7018 جوش مستحکم‌تری ایجاد می‌کند، و از آن می‌توان برای تکمیل‌کاری تمام اتصال نیز استفاده کرد.
برای لوله‌هایی که کاربرد سازه‌ای دارند، نیز می‌توان به همین صورت عمل کرد یا اینکه الکترودهای E6012 یا E6013 در صورتی که ظاهر جوش مهم‌تر است از استحکام، استفاده می‌شود.



شکل ۱۴ـ۲

جوشکاری لوله را در چند مرحله می‌توان انجام داد؟

جوش‌های شیاری لوله تعداد پاس‌های متعددی دارد که باید تکمیل شود. به شکل ۱۵ـ۲ نگاه کنید.

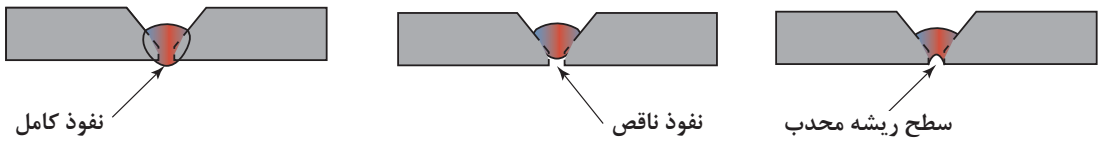


شکل ۱۵ـ۲ ـ یکنواختی در پاس بیانگر درجه مهارت جوشکار است

پاس‌های مربوط به جوش شیاری لوله در صورت زیرمی‌باشد:

پاس ریشه (Root Pass)

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، پاس ریشه، اولین پاس جوش در اتصال می‌باشد (شکل ۱۶ـ۲). همچنین جوش پاس ریشه مقدار عمق نفوذ را تعیین می‌کند. توجه داشته باشید که قبل از اجرای پاس‌های بعدی، باید روی پاشنه مرتب تمیز شود و عاری از ناخالصی گردد. تمیز کردن سطح به‌وسیله پرس‌زنی، سنگی‌زنی تمیز می‌شود.



شکل ۱۶ـ۲

پاس داغ (Hot Pass)

پاس داغ برای خارج کردن ناخالصی / سرباره‌های خیلی کوچکی که در جوش محبوس مانده، به‌کار می‌رود. این ناخالصی به راحتی با برس زنی از جوش خارج نمی‌شود.

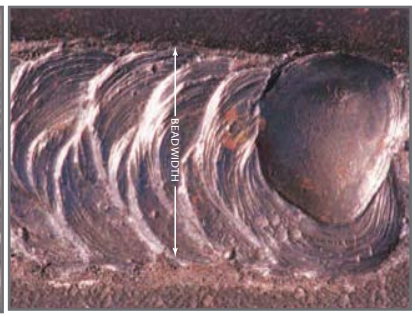
پاس پرکننده (Filler Pass):

پس از حذف یا خروج ناخالصی‌های محبوس شده از شیار، باید شیار را با پاس‌های پرکننده تکمیل کنیم. به‌طورکلی برای الگوهای جوش‌کاری در هرمرحله پاس پرکننده از الگوی خطی و موجی استفاده می‌شود (شکل ۱۷ـ۲) و (شکل ۱۸ـ۲) .

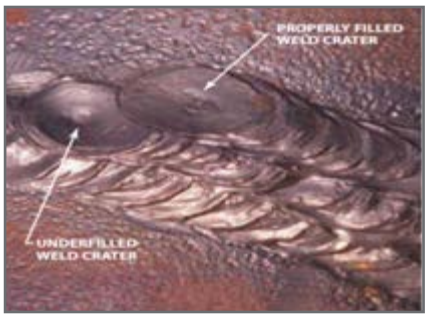
برای ایجاد یک جوش با الگوی خطی دلیل اینکه مقدار فلز ذوب شده در یک زمان معین کمتر است، به مهارت کمتری نسبت به الگو موجی نیاز است . قبل از شروع الکترود بعدی، انتهای گرده جوش باید تمیز شود. برای جلوگیری از ایجاد ترک، انتهای گرده جوش (چاله جوش) باید به‌درستی پر شود، همان‌طور که در شکل نشان داده شده است (۱۹ـ۲).



شکل ۱۷ـ۲ـ الگوی خطی



شکل ۱۸ـ۲ـ الگوی موجی



شکل ۱۹ـ۲

از آنجایی که شروع پایان جوش دارای استحکام کمتری نسبت به جوش می‌باشد، توجه داشته باشید که شروع و پایان جوش در یک نقطه متمرکز نشود و در جوش توزیع شود (شکل ۲۰ـ۲).



شکل ۲۰ـ۲

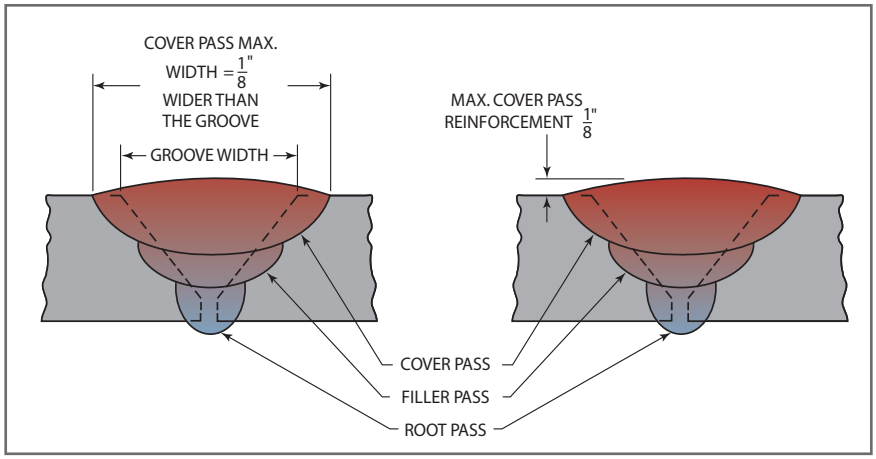
پاس پوششی (Cover Pass)

به پاس نهایی در جوش لوله، پاس پوششی یا نما می‌گویند. این پاس می‌تواند به صورت خطی یا موجی ایجاد شود، باید دقت شود عرض و برآمدگی این پاس بیش از حد نباشد زیرا سبب تمرکز تنش و ایجاد آسیب در جوش می‌شود.

پاس پوششی نباید خیلی عریض و برآمدگی آن (گرده جوش) نباید خیلی زیاد باشد (شکل ۲۱ـ۲).

سؤال

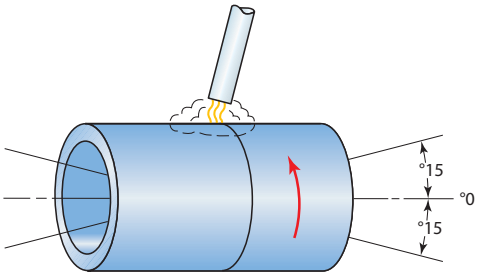
به نظر شما پاس پوششی بیش از اندازه بزرگ باعث افزایش استحکام اتصال لوله می‌شود یا آن را کاهش خواهد داد؟



شکل ۲۱ـ۲

چگونه لوله‌ها را در وضعیت افقی (1G) جوشکاری کنیم؟

در جوش‌هایی که در شرکت‌های تولیدی انجام می‌شود و امکان چرخش لوله فراهم است معمولاً جوشکاری در وضعیت تخت انجام می‌شود. در این روش به‌جای چرخیدن دست جوشکار، به‌صورت مرحله مرحله لوله را می‌چرخانند جوشکاری با این روش معمولاً سریع‌تر و ساده‌تر انجام می‌شود.



شکل ۲۲ـ۲

با استفاده از فیکسچرهای وضعیت‌دهنده‌ها می‌توان موقعیت لوله‌ها را به‌طور پیوسته تغییر داد.



شکل ۲۳ـ۲

کارگاهی

جوش پوششی به روش خطی در وضعیت 1G

مهارتی که می‌آموزد:

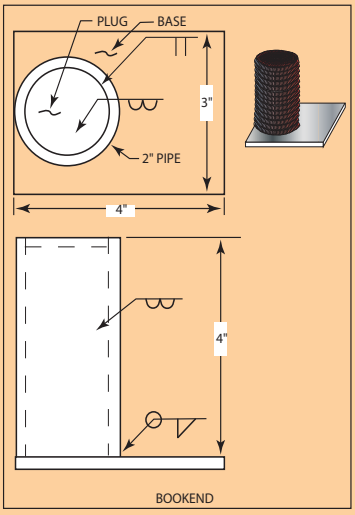
دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری، تجهیزات برش اکسی گاز، برس سیمی، چکش، فیکسچر نگه‌دارنده - لوله‌بر
مواد اولیه	لوله به قطر ۲ اینچ به طول ۳۵۰ میلی‌متر پلیت ۶ میلی‌متر ۷۵×۳۵۰
مواد مصرفی	الکترود E6013 به قطر ۳/۲۵ تعداد ۸ عدد

۱ نقشه زیر را تحلیل کنید، و اندازه‌های مورد نیاز را از آن استخراج کنید (شکل ۲۴ـ۲)

۲ توسط لوله‌بر با نیروی‌کم روی لوله خط‌کشی نمایید تا محل جوشکاری مشخص شود (شکل ۲۵ـ۲)



شکل ۲۴ـ۲



شکل ۲۵ـ۲

۳ لوله را براساس نقشه برش دهید، روش‌های برش‌کاری مختلفی وجود دارد، که می‌توان از آنها برای برش لوله استفاده کرد، به عنوان مثال برش با اره پروفیل‌بر، اکسی گاز، لوله‌بر

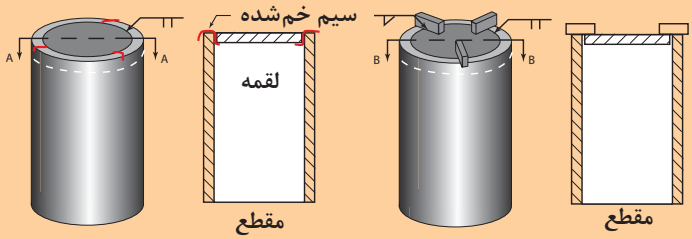
توجه

در صورت نیاز لبه های برش را سنگ بزنید و سپس لقمه را در محل قرار دهید.

۴ قرار دادن پلیت بر روی لوله. برای این کار می‌توان از سه روش استفاده کرد:

روش اول:

سه عدد لقمه را با فاصله ۶۰ درجه نسبت به یکدیگر دور ورق خال جوش می‌زنیم شکل (۲۶-۲)



شکل ۲۶ـ۲

روش دوم:

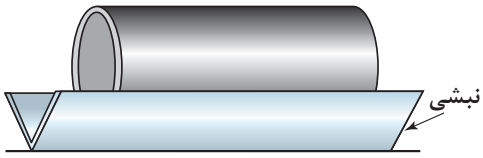
روش دوم نصب سه عدد نگهدارنده مربعی برروی لوله براساس شکل ۲۶ـ۲ همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، پلیت به انتهای لوله نصب می‌شود، سپس جوشکاری بر روی لوله انجام می‌شود.

روش سوم:

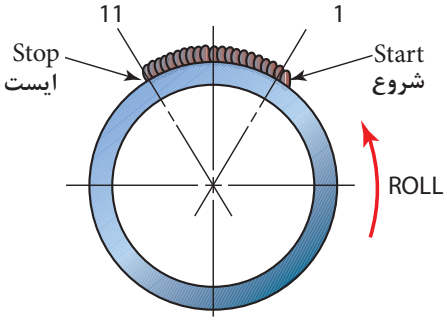
کمی لبه ورق را پخ می‌زنیم و با چکش ورق را داخل لوله قرار می‌دهیم (مانند پرس شدن) سپس به کمک خال‌جوش ورق را به لوله محکم می‌نمائیم.

جوشکاری

همان‌طور که در شکل ۲ـ۲۷ نشان داده شده است، لوله را به‌صورت افقی نبشی قرار دهید. قوس را در وضعیت ساعت ۱۱ شروع کنید و تا وضعیت ساعت ۱ ادامه دهید. در ساعت ۱ قوس را قطع کنید، سپس لوله را بچرخانید تا انتهای لوله (ساعت۱) در وضعیت ساعت ۱۱ قرار گیرد (شکل ۲ـ۲۸) سپس قوس را از وضعیت ساعت ۱۱ شروع کنید و تا ساعت ۱ ادامه دهید و در انتهای ۱ قوس را قطع کنید (شکل ۲ـ۲۸). این کار را تکرار کنید تا دورتادور لوله به‌طور کامل به‌صورت پوششی جوشکاری شود.

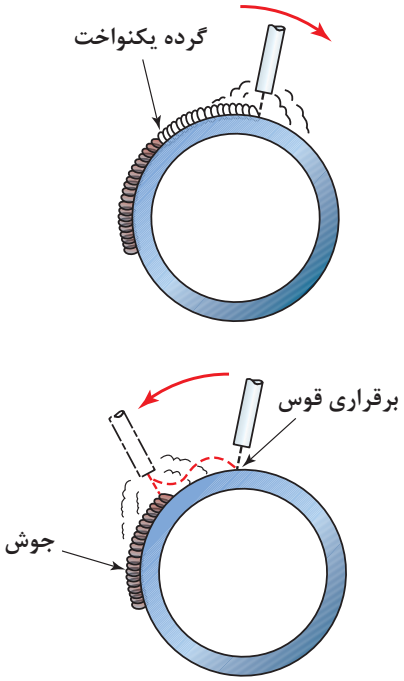


شکل ۲ـ۲۷



شکل ۲ـ۲۸

همان‌طور که در شکل ۲ـ۲۹ مشخص شده است، اگر شروع قوس ضعیف باشد، گرده جوش نیز ضعیف و نفوذ کم خواهد بود، برای افزایش نفوذ باید حرارت بیشتری به قطعه اعمال کرد. برای این کار قوس را در آن ناحیه متمرکز کنید. بعد از هر توقف و قبل از آغاز مرحله بعدی انتهای جوش را تمیز کاری نمایید و برای آغاز مرحله بعدی پس از شروع قوس الکترود را کمی به سمت عقب حرکت داده و سپس به جوشکاری ادامه دهید این کار سبب می‌شود شکل گرده شما بصورت یکنواخت در سرتاسر محیط لوله ایجاد شود .



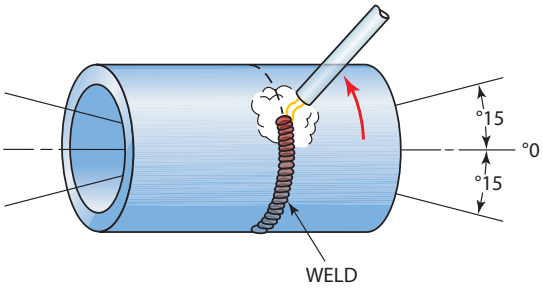
شکل ۲ـ۲۹

مرحله پایانی:

پس از اینکه کل سطح لوله پوشش داده شد، لوله را سرد کنید، وسپس پلیت زیرین لوله را به آن متصل کنید.

جوشکاری در وضعیت افقی 5G ثابت

وضعیت افقی 5G یکی از وضعیت‌های جوشکاری لوله می‌باشد که اکثر اوقات از این وضعیت در جوشکاری استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲ـ۳۰ مشاهده می‌کنید، در این وضعیت لوله ثابت است و جوشکار باید بدور آن بچرخد، شایان ذکر است که تا ۱۵ درجه می‌تواند لوله از افق زاویه داشته باشد. جوشکاری در این حالت می‌تواند به‌صورت روبه‌بالا (Uphill) یا به‌صورت روبه‌پایین (Downhill) انجام شود.



شکل ۲ـ۳۰ـ جوشکاری در وضعیت 5G

نکته

توجه داشته باشید، برای جوش پاس ریشه اتصال لوله، جهت جوشکاری در کد و استاندارد مشخص شده است، و براساس آن جهت را انتخاب می‌کنند. درصورتی که جهت جوشکاری ذکر نشده باشد، کیفیت مونتاژ (فیت آب) تعیین می‌کند که در چه جهتی استفاده کنید. اگر فاصله ریشه کم باشد و کاملاً دقیق مونتاژ شده باشد می‌توان هم سربالا هم سرازیر جوشکاری نمود و اگر فاصله ریشه زیر و کمی نا هم‌ترازی داشته باشد باید با روش سربالا پاس ریشه را جوشکاری نمود. (شکل ۲ـ۳۱)

تسمه جوشکاری شده به لوله به عنوان فیکسچر برای ثابت نگهداشتن لوله

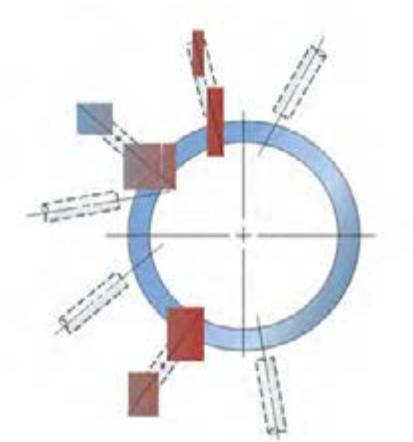


شکل ۲ـ۳۱ـ نگهداشتن لوله در حمل جوشکاری

همان‌طور که در شکل ۲ـ۳۲ نشان داده شده است، زاویه الکترود همیشه بایدپیشران باشد (Traling).

سؤال

تأثیر تعیین زاویه الکترود برروی جوش چیست؟



شکل ۲ـ۳۲ـ حرکت الکترود در ساعت مختلف به‌صورت پیشران

نکته

درصورتی که جوشکاری به‌صورت سرازیر انجام می‌شود، شروع باید از ساعت ۱۲ باشد و تا بعد از ۶ تمام شود تا از ایجاد ذوب کامل در ساق جوش اطمینان حاصل شود.

کارگاهی

جوشکاری در وضعیت 5G خطی لوله به ورق

مهارت: توانایی در کنترل گرده جوش در اتصال لوله در وضعیت افقی ثابت

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری، تجهیزات برش اکسی گاز، برس سیمی، چکش، فیکسچر نگه‌دارنده - لوله‌بر
مواد اولیه	لوله به قطر ۲ اینچ به طول ۳۵۰ میلی‌متر پلیت ۶ میلی‌متر ۷۵×۳۵۰
مواد مصرفی	الکترود E6013 به قطر ۳/۲۵ تعداد ۸ عدد

روش جوشکاری:

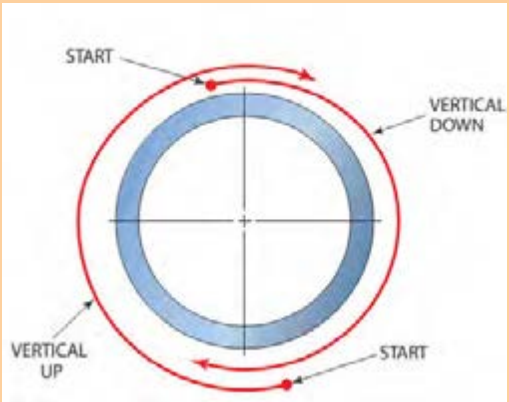
۱ ابتدا لوله را با استفاده از فیکسچر ثابت کنید.

۲ جوشکاری را از وضعیت ساعت ۱۱ با جهت Downhill شروع کنید (الگوی زنجیره‌ای) و تا وضعیت ساعت ۶ ادامه دهید. (شکل ۳۳ـ۲)

۳ در وضعیت ساعت ۷ جوشکاری را قطع کنید.

۴ الکترود را تعویض کنید، سپس از ساعت ۵ به‌صورت Uphill جوشکاری کنید و به‌طور کامل از اتصال بین ساعت ۶ و ۱۲ را جوشکاری کنید.

۵ در ساعت ۱ جوشکاری را قطع کنید و الکترود را تعویض کنید.



شکل ۳۳ـ۲

توجه

در حین جوشکاری زاویه الکترود را برای کنترل گرده جوش تغییر دهید.

۶ در پایان قطعه کار سرد کنید و از حال عیوب ظاهری آن را بررسی کنید.

۷ تمیزکاری نقطه‌ای که در حال تمرین بوده‌اید.

۸ گزارش عملکرد اتصال لوله را بنویسید.

جوشکاری افقی لوله

در برخی اوقات در جوشکاری لوله‌ها می‌توانیم با چرخش لوله، آنها را در وضعیت تخت به‌راحتی جوشکاری کنیم. این روش یکی از راحت‌ترین و مهم‌ترین روش‌های جوشکاری لوله محسوب می‌شود.

کارگاهی

ساخت خانه پرنده

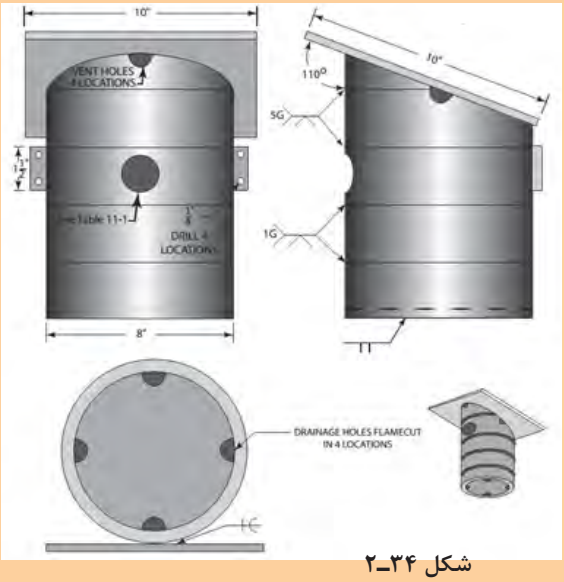
مهارت: توانایی کنترل گرده جوش در اتصال لوله‌های با پخ V شکل (جوشکاری چند پاسه)

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی‌می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری، تجهیزات برش اکسی گاز، برس سیمی، چکش، فیکسچر نگه‌دارنده، سوزن خط‌کشی
مواد اولیه	۱- لوله ۸ اینچ به طول ۵۰ میلی‌متر ۵ عدد ۲ - ورق ۵ × ۲۵۰ × ۲۵۰ یک عدد ۳ - ورق گرده به قطر ۱۹۰ و ضخامت ۵ میلی‌متر یک عدد ۴ - ورق یک عدد ۵ × ۷۵ × ۲۰۰ ۵ - ورق یک عدد ۵ × ۴۰ × ۲۵
مواد مصرفی	الکترود E6010 و E7018 با قطر ۳/۲۵ ، ۱۵ عدد

این خانه پرنده را باید در دو وضعیت متفاوت جوشکاری کرد؛ در وضعیت 1G و 5G دو اتصال اول در وضعیت 1G ایجاد می‌شود و دو اتصال آخر در وضعیت 5G ایجاد می‌شود. این خانه پرنده می‌تواند نوع‌های مختلفی از پرندگان را جذب کند، این کار را می‌توان با انتخاب قطر ورودی مناسب برای هر پرنده انجام داد.

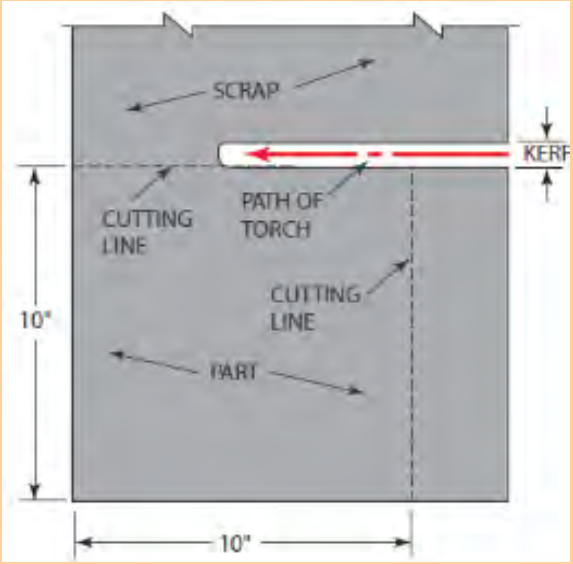


شکل ۳۴ـ۲

پیاده کردن نقشه:

با استفاده از گونیا، خط‌کش و سوزن خط‌کشی، نقشه شکل ۳۴ـ۲ را بر روی پلیت فلزی در ابعاد ۱۰×۱۰ میلی‌متر پیاده کنید.

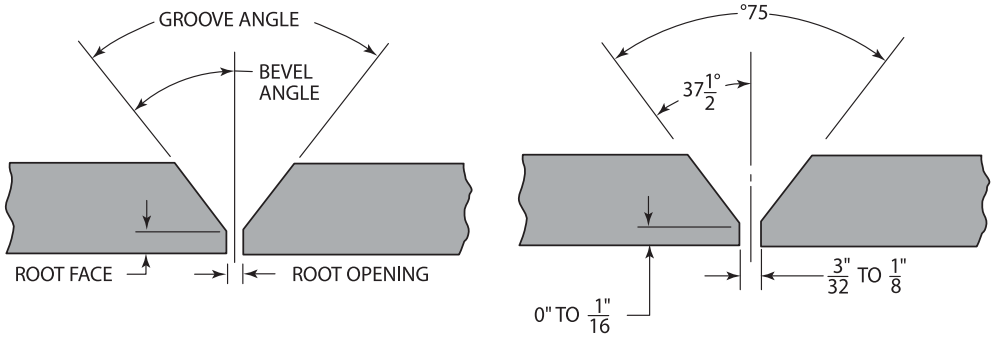
شکل ۳۵ـ۲ نقشه پیاده شده و برش داده شده این پلیت را نشان می‌دهد.
همچنین لـولـه را در طول در انـدازه‌ای که ذکـر شد، مشخص کنید (دورتادور لوله را خط‌کشی کنید) و سپس با استفاده از مشعل اکسی استیلن آن را برش نمایید، برای این پروژه نیاز به۵ عدد لوله ۸ اینچ داریم، توجه داشته باشید که سطح بریده شده لوله باید صاف باشد چون لبه‌های آن به‌صورت اتصال شیاری V شکل آماده‌سازی می‌شود.



شکل ۳۵ـ۲

برشکاری

لوله را همانند شکل ۳۶ـ۲ آماده‌سازی کنید، توجه داشته باشید بهترین راه برای برش لوله با زاویه ۳۷/۵ است در غیر این صورت از سنگ ساب استفاده کنید. پلیت‌ها را با استفاده از قیچی‌های اهرمی‌طبق نقشه برش دهید. دایره‌های روی لوله را با استفاده از شعله اکسی استیلن ایجاد کنید. همچنین چهار نیم دایره روی کف لوله برای تهویه ایجاد کنید.



شکل ۳۶ـ۲

V-GROOVE FOR PIPE TO PIPE

توجه

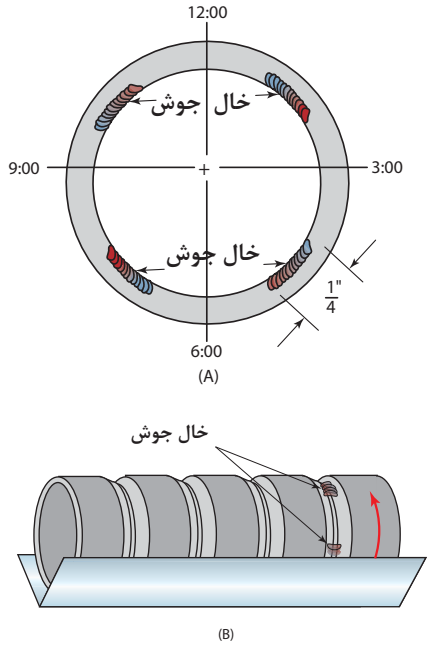
مقطع لوله‌ها را پس از برشکاری و آماده‌سازی برروی زمین نگذارید، چون ممکن است لبه‌های آن خم شود و این موضوع در حین مونتاژ شما را دچار مشکل می‌کند.

فرایند ساخت:

همان‌طور که در شکل ۲ـ۳۷ نشان داده شده است، دو قطعه لوله را به یکدیگر با خال جوش‌زدن مونتاژ کنید.

لوله را به‌صورت افقی در داخل نبشی نگهدارنده قرار دهید، سپس برای جلوگیری از حرکت لوله در داخل نبشی در اطراف آن چند خال جوش بزنید.

دقت کنید خال‌جوش‌هایی که جهت مونتاژ لوله‌ها استفاده می‌کنید، در داخل شیار و در وضعیت‌های ساعت ۱:۳۰، ۴:۳۰، ۷:۳۰، ۱۰:۳۰ می‌باشد. دلیل این کار این است که خال‌جوش در جایی غیر از مکان شروع و پایان جوشکاری پاس ریشه باشد.



شکل ۲ـ۳۷

نکته

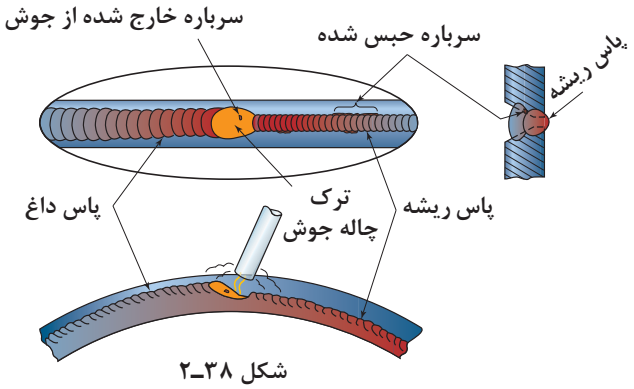
قبل از شروع جوشکاری هر ۵ تکه لوله را به یکدیگر مونتاژ کنید، زیرا تغییر شکل ایجاد شده ناشی از جوش امکان مونتاژ مناسب را از بین می‌برد.

جوشکاری در وضعیت 1G:

پاس ریشه را از وضعیت ساعت ۱۱ آغاز نمایید و تا ساعت ۱ ادامه بدهید. برای رسیدن به جوش مطلوب از طول قوس کوتاه و شدت جریان بالا استفاده نمایید.

جوشکاری را قطع کنید، پس سرباره را حذف کنید، و مجدد جوشکاری کنید این کار را ادامه بدهید تا پاس ریشه کامل شود. در این مرحله الزامی به سنگ زدن پاس ریشه نمی‌باشد، لوله را بر روی میز قرار دهید و پاس داغ را اعمال کنید، شدت جریان را به اندازه‌ای قرار دهید که بتواند پاس ریشه را ذوب کند.

با توجه به شکل ۲ـ۳۸، الکترود را طوری حرکت دهید که ناپیوستگی‌ها و ناخالصی‌های سرباره از جوش خارج شود.

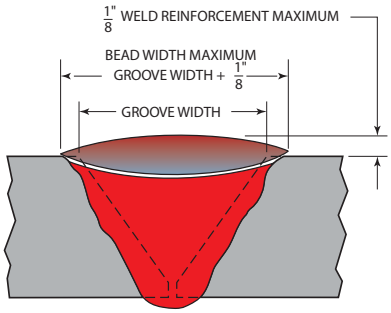


شکل ۲ـ۳۸

پاس پرکننده و پوششی در این اتصال یکی هستند (شکل۳۹ـ۲). در این حالت آمپر را نسبت به پاس داغ کاهش دهید، و با استفاده از الگوهای T ، J ، C و یا زیگزاگ Z این پاس را کامل کنید، جوشکاری را از وضعیت ساعت ۱۰ شروع کنید، و در ۱۲ قطع کنید، سپس نواحی که جوشکاری شده است را تمیز کنید و به لبه انتهایی گرده جوش نگاه کنید، تا مطمئن شوید شکاف یا درز اتصال کامل پر شده است. این کار را ادامه دهید تا اتصال کاملاً پر شود.



شکل ۳۹ـ۲



شکل ۴۰ـ۲

جوشکاری در حالت 5G

در این حالت لوله را به‌صورت افقی روی فیکسچر قرار می‌دهیم، سپس در ساعت‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ خال‌جوش بزنید تا قطعه فیکس شود، پاس ریشه در دو حالت Uphill (از ساعت ۵ تا ۱۳) یا Dowohill (از ساعت ۱۱ تا ۷) ایجاد نمایید سپس از طرف مقابل جوش را به‌صورت قرینه کامل نمایید. پس از تکمیل پاس اول به کمک صفحه سنگ ۲ یا ۳ میلی‌متری سطح جوش (پاس‌ریشه) را تمیز نمایید.

حین سنگ‌زنی از تماس صفحه سنگ با لبه‌های اتصال اجتناب نمایید، این عمل سبب عریض‌تر شدن ارز اتصال و افزایش خطر گیرافتادن سرباره می‌شود سپس با استفاده از الکترودهای E7018 پاس‌های پرکننده و پوششی ایجاد نمایید.

در صورتی که برای ایجاد این پاس‌ها از الگوی موجی شکل استفاده می‌نمایید، دقت کنید عرض موج از ۲/۵برابر الکترود بیشتر نشود.

برای اتصال لوله به ورق، جوشکاری را از یک سر ورق شروع نمایید و تا رسیدن به سر دیگر پلیت ادامه دهید. در شکل ۴۰-۲ طریقه ایجاد اتصال لوله به ورق نشان داده شده است.

سپس از روی نقطه ۱۱ شروع کرده به سمت ساعت ۳ حرکت را ادامه می‌دهیم و سعی می‌کنیم با انعطاف دست راست همواره زاویه ۴۵ درجه الکترود نسبت به حوضچه مذاب را حفظ نماییم. در حال پیشروی کمی‌حرکت نوسانی به دست می‌دهیم تا پهنای مورد نظر تأمین شود. با استفاده از برس سیمی‌گل جوش را تمیز نمایید، سپس لوله را جابه‌جا کرده تا ابتدای جوش در ساعت ۱۱ قرار گیرد، و ادامه مرحله قبلی تکرار شود تا دور لوله توسط جوش کامل شود.

همان‌طور که در شکل ۳۴ـ۲ نشان داده شده است کف خانه پرنده در مکان قرار می‌گیرد، به‌واسطه دریچه‌هایی که برای تهویه در نظر گرفته شده است نگه‌داشته می‌شود، سپس درپوش با استفاده از یک اتصال لب‌به‌لب مربعی شکل به لوله متصل می‌شود. توجه داشته باشید در ابتدا دریچه جوش را قطع کنید و بعد از آن شروع کنید.

برش سقف

سقف مربوط به لانه پرنده به‌صورت شیب‌دار به زاویه ۲۰ درجه می‌باشد، برای ایجاد این زاویه یا پیاده‌سازی نقشه آن بر روی لوله می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود، ساده‌ترین روش استفاده از پرگار است (شکل ۴۱ـ۲) با استفاده از پرگار می‌توان زاویه را تعیین نمود و سپس دورتادور لوله را علامت زد، روش دوم استفاده از Warp A Round است، که یک ابزار انعطاف‌پذیر است که می‌توان به کمک آن ابعاد را بر روی لوله متصل نمود (شکل ۴۲ـ۲).



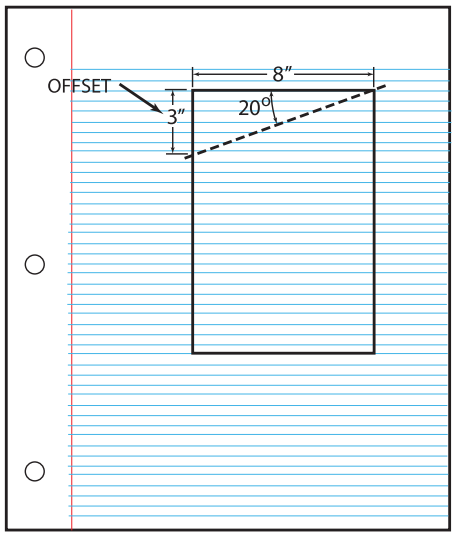
شکل ۴۱ـ۲



شکل ۴۲ـ۲

روش سوم به شکلی است که قطر لوله را بر روی کاغذ انتقال دهیم و از آنجا زاویه پخ را محاسبه کنید. البته این روش دقیق نیست اما برای این پروژه می‌توان از این روش استفاده کرد (شکل ۴۳ـ۲).

با استفاده از مشعل اکسی استیلن لوله را برش دهید و این سطح شیب‌دار را ایجاد کنید. همچنین چهار نیم‌دایره به قطر ۱ اینچ جهت تهویه در بالا ایجاد کنید.

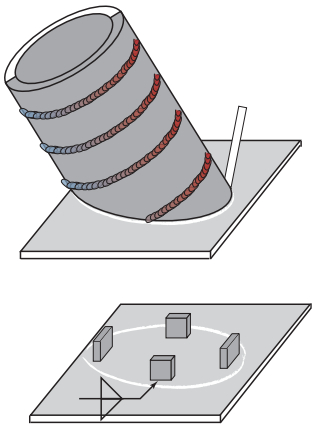


شکل ۴۳ـ۲

نقشه سقف خانه پرنده و مونتاژ آن:

همان‌طور که در شکل ۴۴ـ۲ مشاهده می‌کنید، بر روی پلیت ۴ تسمه اتصال داده می‌شود و سپس لوله بـرروی این ۴ تسمه مونتاژ و جوشکاری می‌شود، در حقیقت پلیت به‌طور مستقیم بـر روی لوله منتقل نمی‌شود.

ابتدا تسمه‌ها را طبق نقشه (شکل ۴۴ـ۲) خال جوش بزنید، سپس در داخل لوله مونتاژ کنید. به‌طوری که لوله محکم و ثابت شود. در نهایت پس از چک کردن و حصول اطمینان از ثابت بودن لوله آن را جوشکاری کنید.



شکل ۴۴ـ۲

تکمیل کاری:

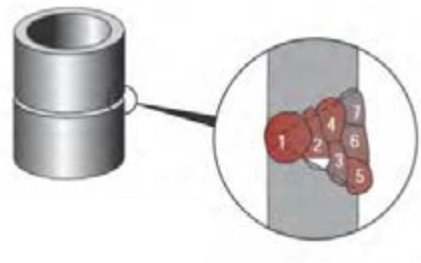
سوراخی براساس نوع پرنده بر روی خانه پرنده ایجاد کنید. سپس قطعات را سرد کنید، و پس از تمیزکاری رنگ‌آمیزی کنید.

گزارش‌دهی: روند انجام پروژه و مراحل ساخت را به‌طور خلاصه به‌صورت یک گزارش تهیه نموده و در کلاس به هنرآموز محترم تحویل دهید.

جوشکاری در وضعیت 2G

در این وضعیت، لوله به‌صورت عمودی بر روی فیکسچر قرار می‌گیرد، و جوش به‌صورت افقی انجام می‌شود، جوشکار نیاز نیست که در حین جوشکاری به طور دائم وضعیت خود را تغییر دهد (شکل ۴۵ـ۲)، مشکل اصلی در این وضعیت، جوشکاری در مکان‌هایی است که لوله در گوشه قرار می‌گیرد، بخشی از لوله که پشت آن دیوار است به‌راحتی قابل جوشکاری نیست.

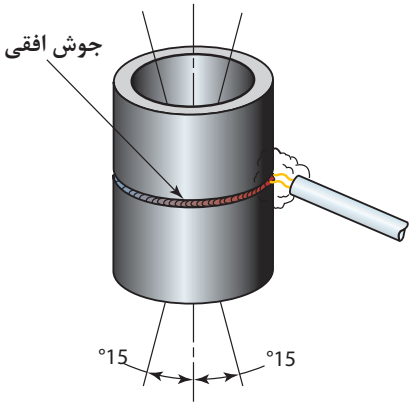
همان‌طور که در شکل ۴۵ـ۲ نشان داده شده است، جوشکاری باید از یک ترتیب مشخصی تبعیت کند.



شکل ۴۵ـ۲

جوشکاری افقی بر روی لوله در وضعیت عمودی

جوشکاری باید از یک ترتیب مشخصی تبعیت کند. بزرگ‌ترین مشکل در اتصال‌هایی که به‌صورت افقی قرار می‌گیرند، جاذبه زمین است که باعث می‌شود مذاب ریزش داشته باشد که در این حالت باید الکترود با زاویه ۷۰ درجه قرار گیرد تا از ریزش مذاب به طرف پایین جلوگیری شود.



شکل ۴۶ـ۲

جوشکاری در وضعیت 2G

مهارتی که می‌آموزد: توانایی کنترل گرده جوش روی یک اتصال لوله چند پاسه V شکل

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی‌می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید:

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری، تجهیزات برس سیمی، چکش، فیکسچر نگه‌دارنده، سوزن خط کشی
مواد اولیه	دو لوله با ارتفاع ۲ اینچ و قطر ۸ اینچ
مواد مصرفی	الکترود E6010 یا E6011 و E7018 با قطر ۳/۲۵ ، ۸ تا ۲۵ عدد

۱ لوله ها را در وضعیت عمودی قرار دهید، با استفاده از فیکسچر دو قطعه لوله را به هم مونتاژ کنید.

۲ قوس را برقرار کنید، و از الگوی "J" برای جوشکاری استفاده کنید (شکل ۴۶-۲)

۳ الکترود را در حالت Upward و با زاویه پشتران (Trailing angle) نگهدارید به‌طوری که نیروی قوس جوش را در حمل اتصال حفظ کند

۴ این کار را ادامه دهید تا اتصال تکمیل شود سپس قطعات را سرد کنید و از لحاظ عیوب ظاهری آنها را بررسی نمایید.

ارزشیابی شایستگی‌های پودمان ۲ :جوشکاری لوله

شرح کار : ساخت خانه پرنده بر اساس نقشه

استاندارد عملکرد:

جوشکاری دو قطعه لوله با فرایند الکترود دستی در وضعیت‌های مختلف
- تنظیم و راه اندازی دستگاه (انتخاب آمپر و قطعه مناسب براساس استاندارد)
- آماده‌سازی قطعات براساس نقشه
- ایجاد جوش بدون عیب
- تمیزکاری، کنترل محصول با نقشه و رنگ‌آمیزی آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

کارگاه استاندارد با تجهیزات ایمنی، دستگاه جوشکاری با قوس الکتریکی (موتور ژنراتور، رکتی‌فایر) کابل ها، انبر الکترودگیر، سنگ سنباده، سوهان، برس سیمی، چکش، چکش گل زنی، لوازم حفاظت فردی، الکترود، قطعه کار

مدت زمان : یک جلسه

معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی دستگاه	۱	
۲	آماده سازی قطعات	۲	
۳	جوشکاری	۲	
۴	عملیات تکمیلی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: **رعایت نکات ایمنی شامل**: پوشیدن ماسک جوشکاری، دستکش، کفش ایمنی، پیش‌بند، کلاه ایمنی، مدیریت دور ریز (پس ماند الکترود، گل جوش و قطعه کار)، مسئولیت پذیر بودن در انجام وظایف محوله	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۳

بازرسی چشمی



روزگاری بشر نوع پوشاک و خوراک و تولیدات دست‌ساز خود را با دیدن و بوییدن بازرسی می‌نمود. با کوبیدن بر فلز و شنیدن تغییرات صدا به سالم‌بودن ورق فلزی تولیدشده می‌پرداخت و یا با نگاه‌کردن به تخم‌مرغ در برابر نور به بررسی آن می‌پرداخت. امروزه علاوه بر چشم، از تجهیزات مدرن و جدید چشمی نیز برای بازرسی استفاده می‌شود. این بازرسی‌ها بسیار دقیق و حساس می‌باشند و باعث بالا رفتن کیفیت محصول چه در زمان ساخت و چه در مرحله نگهداری از آن می‌گردد. در صورت انجام‌نشدن بازرسی دقیق ممکن است بشر دچار ضرر و زیان جانی و مالی جبران‌ناپذیر گردد. نمونه‌هایی از این آسیب‌ها عبارت‌اند از: سقوط هواپیما، فرو ریختن ساختمان و سد و یا انفجار لوله و مخازن تحت فشار. در این پودمان به بازرسی چشمی در جوشکاری می‌پردازیم.

واحد یادگیری ۳

شایستگی بازرسی چشمی

در پودمان‌های گذشته چگونگی جوشکاری با الکترود دستی و اکسی استیلن را آموختید.
همان‌گونه که می‌دانید ممکن است در جوش نواقصی ایجاد گردد که باید شناسایی و تعمیر گردند یا اینکه نمونه از رده خارج شود.
برای بازرسی عیوب جوش روش‌های متنوعی وجود دارند که بازرسی چشمی یکی از مهم‌ترین این روش‌ها می‌باشد.
در این پودمان چگونگی استفاده از ابزار و تجهیزات بازرسی و اندازه‌گیری جوش، نواقص رایج جوش، بازرسی در مراحل مختلف جوشکاری، و نحوه ثبت نتایج ارائه گردیده است.

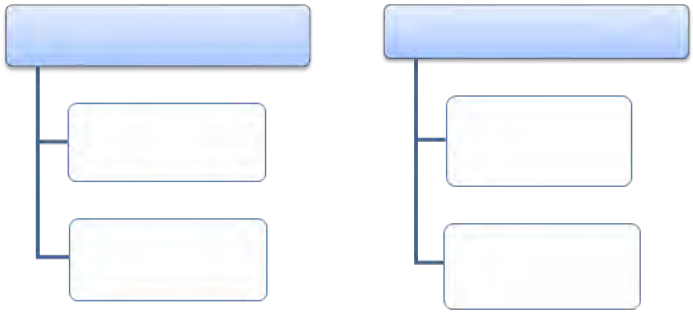
استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد و کسب شایستگی لازم در بازرسی چشمی جوش، هنرجویان قادر خواهند بود با استفاده از ابزار مناسب، در مراحل مختلف جوشکاری، جوش‌ها را در سطح هنرستان بازرسی، ارزیابی و گزارش نمایند.

به تصاویر زیر (شکل ۱ـ ۳) نگاه کنید. آیا می‌توانید تصاویر را به دو گروه و سپس به دو زیرگروه تقسیم‌بندی کنید؟



شکل ۱ـ ۳



در نمودار زیر عکس‌های شکل ۱ـ۳ را به دو دسته و سپس به دو زیرمجموعه دسته‌بندی کنید.

نمودار ۱ـ۳

فعالیت و بحث کلاسی

به شکل زیر (۲ـ۳) نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید:

۱ در زیر هر شکل نوع سازه را مشخص کنید.

۲ یک عامل مشترک و مهم در جلوگیری از تخریب موارد شکل ۲ـ۳ چیست؟ (بحث کنید)



شکل ۲ـ۳

فعالیت

به تصاویر زیر (شکل ۳ـ۳) نگاه کنید و توضیح دهید افراد در حال انجام چه کاری هستند.
هدف از کاری که انجام می‌دهند چیست؟





شکل ۳ـ۳

بازرسی چیست

فعالیت‌هایی که به منظور حصول اطمینان از سلامت و کامل بودن یک کار (نمونه)، با استفاده از ابزار و ملاک معین، انجام می‌پذیرد را بازرسی می‌گوییم.
بازرسی با هدف حصول کیفیت محصول انجام می‌شود. کیفیت مطلوب ایمنی را به ارمغان می‌آورد و به اقتصاد کمک می‌نماید.

تمرین

کدامیک از موارد زیر بازرسی محسوب نمی‌شود؟

( ) آزمایش خون ( ) بررسی روغن اتومبیل ( ) زدن ضربه به هندوانه
( ) سفت کردن پیچ ( ) گرفتن عکس از ریه ( ) بررسی طلا با سنگ محک

انواع بازرسی

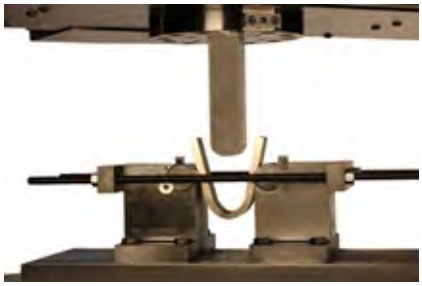
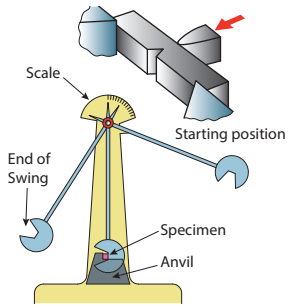
در بخش صنعت انواع مختلفی از بازرسی‌ها وجود دارند که یک دسته‌بندی بسیار مهم از این بازرسی‌ها تحت عنوان بازرسی‌های مخرب[۱] (DT) و غیرمخرب[۲] (NDT) شناخته می‌شوند.

بازرسی‌های مخرب

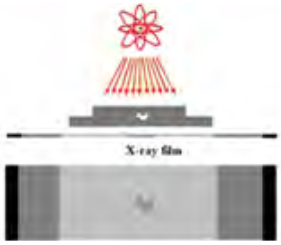
آزمون‌هایی هستند که اغلب به‌منظور تعیین برخی خواص مکانیکی نمونه‌ها انجام می‌پذیرند، در این نوع بازرسی قطعات دچار آسیب شده و مجدداً قابل استفاده نمی‌باشند. در جدول ۱ـ۳ برخی از این نوع آزمون‌ها را ملاحظه می‌کنید.

۱ـ Destructive Testing ۲ـ Non Destructive Testing

جدو ل ۱ـ۳ـ آزمون‌های مخرب

ردیف	نام آزمایش	کاربرد	شکل مرتبط
۱	سختی سنجی	سنجش مقاومت سطح مواد در برابر فرورفتگی	
۲	خمش	سنجش شکل‌پذیری مواد (جوش)	
۳	کشش	سنجش مقاومت مواد به کشش	
۴	ضربه	سنجش مقاومت مواد به شکست‌در برابر ضربه	

جدول۲ـ ۳ـ بازرسی‌های غیر مخرب رایج

ردیف	نام آزمایش	کاربرد	شکل مرتبط
۱	بازرسی چشمی Visual Testing = V.T	بررسی و شناسایی نواقص سطحی نمونه با استفاده از چشم و ابزار مربوطه.	
۲	بازرسی با مواد نافذ Penetrant Testing= P.T	در این روش طی مراحلی و با استفاده از مایع نافذ روی نمونه به شناسایی نواقص بسیار ریز سطحی و یا زیر سطحی که به سطح راه دارند می‌پردازند.	
۳	بازرسی با ذرات مغناطیسی Magnetic Testing= M.T	بررسی و شناسایی نواقص بسیار ریز سطحی و یا زیر سطحی در نمونه‌های آهنی با استفاده از تجهیزات مغناطیسی و ذرات بسیار ریز آهنی.	
۴	بازرسی با امواج فراصوتی Ultrasonic Testing = U.T	بررسی و شناسایی نواقص سطحی و عمقی با استفاده از امواج فراصوتی.	
۵	پرتونگاری صنعتی Radiographic Testing= R.T	شناسایی نواقص سطحی و عمقی در نمونه با استفاده از اشعه‌ایکس و گاما	

بازرسی‌های غیرمخرب

بازرسی‌هایی هستند که با استفاده از یک سری پدیده‌های فیزیکی و به‌منظور تعیین سلامت یک نمونه انجام می‌شوند. در آزمون‌های غیرمخرب آسیبی به نمونه وارد نمی‌شود. شناسایی عیوب، افزایش ایمنی و عمر محصول و صرفه اقتصادی از اهداف بازرسی‌های غیرمخرب می‌باشند.

بازرسی چشمی جوش

بازرسی‌هایی هستند که برای حصول اطمینان از سلامت نمونه جوشکاری شده با استفاده از چشم و ابزار چشمی انجام می‌پذیرند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی تجهیزات بازرسی ارتقا یافته است. در این روش از ملاک معینی برای رد یا قبولی جوش استفاده می‌شود.

بازرس جوش چه کسی است؟

بازرس جوش فردی است که با بهره‌گیری از دانش و مهارت خود و با استفاده از ابزار مرتبط، به بازرسی جوش در مراحل مختلف پرداخته و نتایج را براساس ملاک معین گزارش می‌نماید.

فعالیت کلاسی

در ارتباط با محدودیت و مزایای روش چشمی بحث کنید و با توجه به جدول زیر (۳ـ۳) محل مناسب هر ویژگی را با علامت ضربدر تعیین کنید.

جدول ۳ـ۳ـ محدودیت و مزایای روش چشمی

ویژگی‌ها	مزایای روش چشمی	محدودیت روش چشمی
عمقی‌بودن بازرسی		
سطحی‌بودن		
ارزان بودن		
جلوگیری از فرایند اشتباه		
آسان بودن		
شناسایی نواقص بسیار ریز		

نکته‌های مهم در بازرسی چشمی جوش:

- بازرسی چشمی باید زیر نور مناسب صورت پذیرد.
- کوچک‌ترین شئ قابل رؤیت با چشم سالم حدود ۰/۳ میلی‌متر می‌باشد.
- بازرسی چشمی باید قبل از سایر بازرسی‌ها انجام پذیرد.
- بازرسی چشمی باید از فاصله مناسب و با زاویه مناسب انجام پذیرد.

تجهیزات و ابزار بازرسی چشمی جوش

در بازرسی‌های چشمی جوش ممکن است از متر، کولیس، گونیا و ذره‌بین یا برخی از این ابزار استفاده شود. در جدول ۴ـ۳ شکل و کاربرد این ابزار را مشاهده می‌کنید.

جدول۴ـ ۳ـ ابزار بازرسی چشمی جوش

ردیف	نام وسیله	کاربرد وسیله	شکل
۱	متر	اندازه‌گیری ابعادی مانند طول و عرض	
۲	کولیس	اندازه‌گیری دقیق ابعاد مثال: اندازه‌گیری اندازه نقص یا ضخامت دقیق ورق	
۳	گونیا	کنترل ابعادی بخش‌هایی از نمونه مانند بررسی تابیدگی	
۴	ذره بین	بررسی دقیق‌تر نقص و یا ناپیوستگی‌های ریز	
۵	گیج جوشکاری	اندازه‌گیری ابعاد و اندازه نقص‌ها در جوش	
۶	آینه بازرسی	بازدید از زوایای غیرقابل دسترسی در شرایط معمولی	
۷	گچ یا دستگاه حرارت سنج	کنترل حرارت پیش‌گرم و پس‌گرم	
۸	مارکر ـ علامت‌زن	مشخص‌کردن نقص روی نمونه	
۹	چراغ قوه	استفاده در قسمت‌های کم نور	

متر

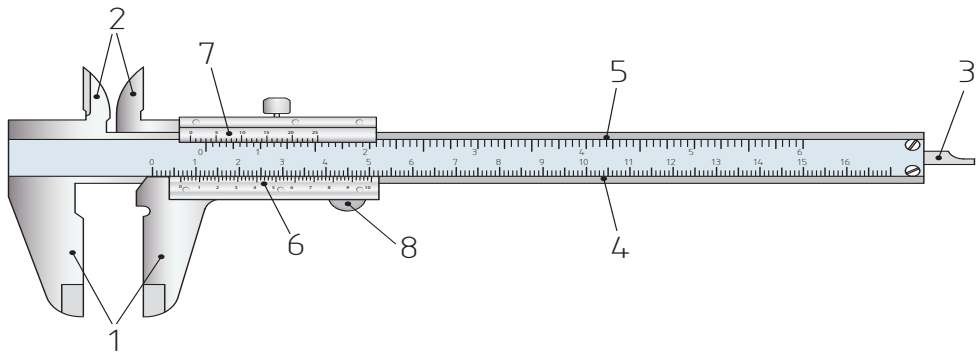
مترها معمولاً به‌صورت فلزی ، لاستیکی وپارچه‌ای ساخته می‌شوند. بهتر است از متر فلزی در بازرسی استفاده شود زیرا سایر مترها به مرور دقت خود را از دست می‌دهند. اندازه‌گیری اولیه از ابعاد اتصالات آماده جوشکاری، اندازه‌گیری طول جوش‌ها و ابعاد مربوط به قطعات ساخته‌شده و تطبیق آن با نقشه‌های اولیه از جمله کاربردهای متر می‌باشند.

نکته

در اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق از مترهای کالیبره شده و معتبر استفاده شود.

کولیس (ریزسنج):

این وسیله برای اندازه‌گیری دقیق ابعادی مانند قطر خارجی و داخلی لوله، اندازه نواقص طول ترک، حفره‌های سطحی، ضخامت نمونه‌ها و مواردی از این قبیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل زیر یک ریزسنج را مشاهده می‌کنید.

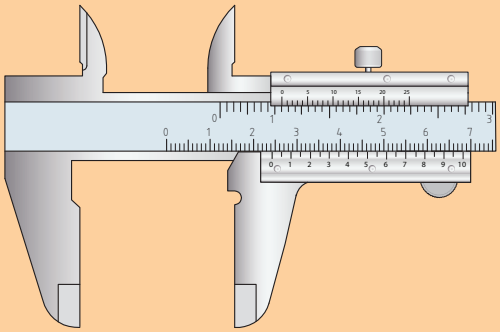


شکل ۴ـ۳ـ ریزسنج یا کولیس

۱ـ فک‌های خارجی ۲ـ فک‌های کوچک داخلی ۳ـ عمق‌سنج ۴ـ نشان‌دهنده میزان اصلی بر حسب میلی‌متر ۵ـ نشان‌دهنده میزان اصلی بر حسب اینچ ۶ـ تقسیم‌بندی بر حسب ۰/۱ میلی‌متر

تمرین

پس از فراگیری چگونگی کار عملی با ریزسنج:
تعیین کنید در شکل (۵ـ۳)، کولیس چه اندازه‌ای را نشان می‌دهد؟



شکل۵ـ۳ـ بخشی بزرگ‌شده از یک کولیس

الف) ۵ میلی‌متر

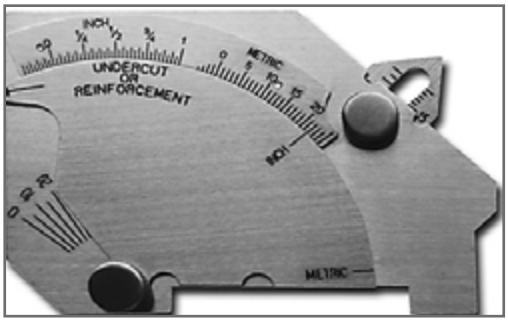
ب) ۲ میلی‌متر

ج) ۲/۴۷ میلی‌متر

د) ۲/۳ میلی‌متر

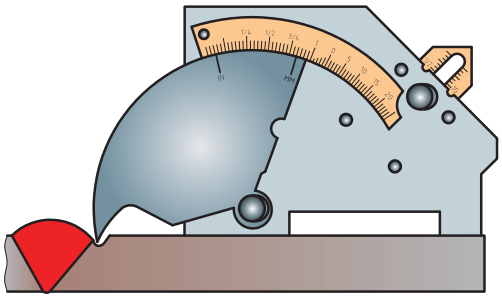
گیج جوشکاری (جوش‌سنج)

ابزاری است که بازرس قادر خواهد بود به وسیله آن برخی از ویژگی‌های موردنیاز در بازرسی، از جمله نواقص، ابعاد مختلف جوش و یا زاویه طرح اتصال را اندازه‌گیری نماید. انواع مختلف ابزار اندازه‌گیری در صنعت جوش وجود دارند. در ایران از یک گیج با نام کمبریج (Cam Bridge Gauge) بیشتر استفاده می‌شود، لذا چگونگی کار با این وسیله در این کتاب ذکر گردیده است.



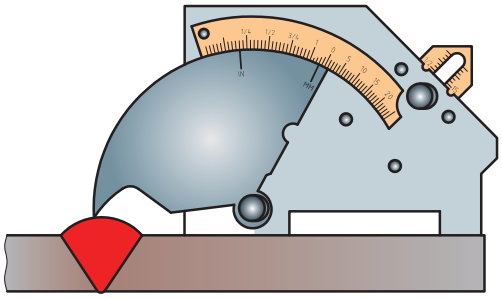
شکل ۶ـ۳ـ یک نوع رایج ابزار اندازه‌گیری جوش

با جوش‌سنج چگونه می‌توان مشخصه‌های جوش را تعیین نمود؟
جهت اندازه‌گیری عمق حفره و یا بریدگی کنار جوش طبق شکل روبه‌رو عمل کنید.



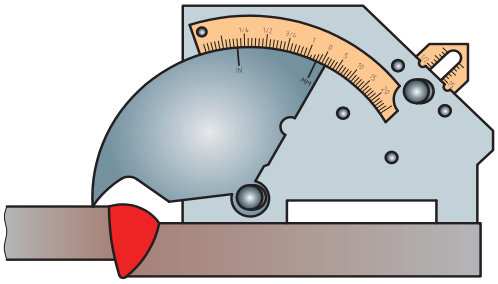
شکل ۷ـ۳ـ چگونگی اندازه‌گیری حفره یا بریدگی کنار جوش

در شکل روبه‌رو نحوه اندازه‌گیری گرده جوش اضافی نشان داده شده است.

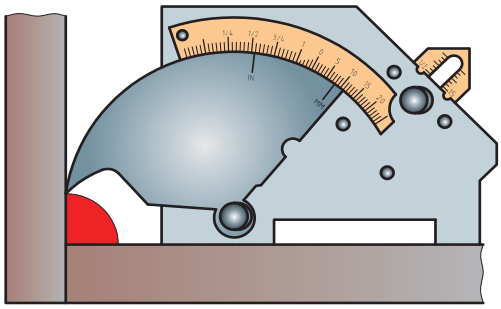


شکل ۸ـ۳ـ نحوه اندازه‌گیری گرده جوش اضافی

در شکل چگونگی اندازه‌گیری بالا و پایین بودن یا عدم تطبیق لبه‌ها را مشاهده می‌کنید.

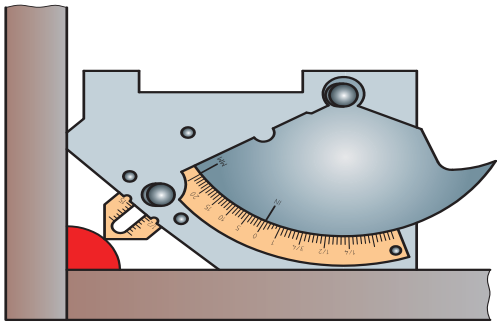


شکل ۹ـ۳ـ بررسی عدم تطبیق لبه‌ها



اندازه‌گیری ساق جوش در جوش گوشه طبق شکل انجام می‌پذیرد.

شکل ۱۰ـ ۳ـ چگونگی اندازه‌گیری ساق جوش



برای اندازه‌گیری گلویی جوش گوشه طبق شکل ۱۱ـ۳ عمل کنید.

شکل ۱۱ـ ۳ـ بررسی اندازه گلویی جوش گوشه

تمرین

۱ جهت بازرسی چشمی از داخل لوله‌های تأسیساتی حساس و بزرگ یا قسمتی از موتور هواپیما (بدون بازکردن آن) از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟

۲ چهار مشخصه از جوش که قابل بررسی ابعادی می‌باشند را نام ببرید.

۳ کاربردها را به نوع وسیله وصل کنید:

مارکر	اندازه‌گیری گلویی جوش
گچ جوشکاری	اندازه‌گیری درجه حرارت جوش
گیج جوشکاری	اندازه‌گیری دقیق‌قطر خارجی و داخلی لوله
کولیس	ثبت علایم روی نمونه

۴ اندازه ساق جوش در شکل روبه‌رو (شکل۱۲ـ۳) چند میلی‌متر می‌باشد؟

الف) ۱۰ میلی‌متر

ب) ۸,۵ میلی‌متر

ج) ۱۸,۵میلی‌متر



شکل ۱۲ـ ۳ـ اندازه ساق جوش

دستگاه آندوسکوپ

این دستگاه از تجهیزات مدرن بازرسی چشمی محسوب می‌شود که دارای کاربردی ویژه می‌باشد. دستگاه آندوسکوپ برای بازبینی بخش‌های غیرقابل دسترسی مانند بخش داخلی لوله‌ها و مجاری حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستگاه آندوسکوپ که در بخش پزشکی نیز کاربرد دارد دارای قسمت چشمی و کابل بازرسی و انتهای کابل دارای تجهیزات مرتبط با گرفتن عکس یا فیلم‌برداری می‌باشد. اپراتور با قسمت چشمی کابل را در مسیر بازرسی هدایت می‌کند و از قسمت‌های باریک و داخلی سیستم‌ها فیلم‌برداری می‌نماید که بعداً می‌تواند توسط متخصصین گوناگون مورد ارزیابی قرار گیرد. در نهایت نواقص شناسایی‌شده تعمیر یا تعویض می‌گردند.

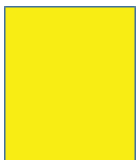


شکل ۱۳ـ۳ـ دستگاه آندوسکوپ

ناپیوستگی (Discontinuity) و نقص (Defect)

یک ناپیوستگی ممکن است نقص باشد و یا نباشد. در این بحث با مفاهیم ناپیوستگی و نقص و تفاوت آنها آشنا می‌شوید.

به شکل زیر (۱۴ـ۳) نگاه کنید و سپس به سؤالات مطرح‌شده پاسخ دهید.

		
روغن استاندارد	روغن ناقص	روغن با قوطی لهیده
بدون ناپیوستگی	ناپیوستگی ـ نقص	ناپیوستگی ـ سالم
۱	۲	۳

شکل ۱۴ـ۳

سه قوطی روغن مایع را مشاهده می‌کنید، که رنگ روغن در یکی از آنها نسبت به یک روغن ایده‌آل به‌علت گذشتن تاریخ مصرف تغییر کرده است و یک قوطی روغن دیگر از همان محصول را که قوطی آن دارای لهیدگی می‌باشد اما دارای تاریخ انقضا و رنگ مناسب است.

کدام قوطی روغن را جهت مصرف انتخاب می‌کنید؟

الف) ( ) شماره ۱ ب) ( ) شماره ۲ ج)( ) شماره ۳ د) ( ) شماره ۱و۳

کدام نمونه یا نمونه‌ها دارای ناپیوستگی یا (تغییر) می‌باشد؟ با ضربدر مشخص کنید.

( )ـ نمونه شماره ۱ ( )ـ نمونه شماره ۲ ( )ـ نمونه شماره ۳

کدام یک از دو نمونه شماره ۲و۳ قابل استفاده نمی‌باشد؟

.....

.....

ناپیوستگی

چنانچه در یکپارچگی و کامل‌بودن یک نمونه تغییر ایجاد شود، می‌گوییم این نمونه دارای ناپیوستگی می‌باشد. در مثال صفحه قبل تغییر رنگ روغن و لهیدگی قوطی هر دو ناپیوستگی محسوب می‌گردند.

نقص

چنانچه هر نوع ناپیوستگی از ملاک قابل قبول خود تجاوز نماید، تحت عنوان نقص یا عیب شناخته شده و بایستی از رده خارج و یا تعمیر شود. در مثال صفحه قبل روغن شماره ۳ علی‌رغم قوطی له شده سالم و قابل استفاده می‌باشد اما روغن تغییر رنگ داده خراب و لذا نوعی نقص می‌باشد.

تمرین

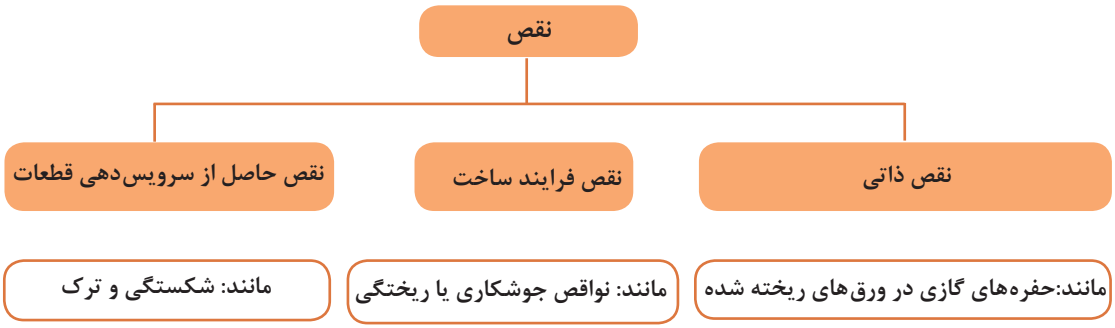
باتوجه به مطالب فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

آیا هرنوع ناپیوستگی یک نقص می‌باشد ؟ الف) بلی ( ) ب) خیر ( )

آیا هر نقص حتماً یک ناپیوستگی می‌باشد؟ الف) بلی ( ) ب) خیر ( )

دسته‌بندی نقص:

نقص ممکن است دارای تقسیم‌بندی‌های مختلفی باشد که در این بخش به یک نوع از آن اشاره می‌کنیم. در نمودار زیر (۲ـ۳) یک دسته‌بندی مهم از نقص‌ها را همراه با مثال مشاهده می‌کنید:



نمودار ۲ـ۳ـ یک دسته‌بندی از نقص

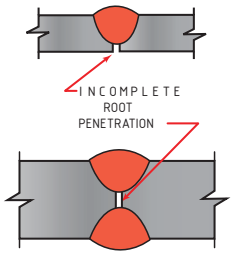
نواقص یا عیوب جوش

در بخش قبل تعریف ناپیوستگی و نقص و تفاوت آنها بیان شد. در این بخش به معرفی نقص‌های جوشکاری یعنی ناپیوستگی‌های غیر قابل قبول در جوش می‌پردازیم. در شکل‌ها به نام لاتین هر نقص، شکل نقص، علت احتمالی ایجاد نقص و روش جلوگیری از آن توجه کنید.

نفوذ ناقص در ریشه جوش

نوعی نقص که به عدم نفوذ و امتزاج جوش در بخش ریشه مربوط می‌گردد.

نفوذ ناقص در ریشه (L.o.P)



علت احتمالی ایجاد نقص	روش جلوگیری از ایجاد نقص
آماده‌سازی ضعیف طرح اتصال	طرح اتصال به‌گونه‌ای باشدکه دسترسی به ریشه امکان‌پذیر باشد.
رویه اشتباه جوشکاری	ـ کاهش سرعت جوشکاری ـ هدایت قوس جوشکاری از قسمت جلویی حوضچه مذاب
حرارت کم	افزایش آمپر و استفاده از الکترود با اندازه مناسب

شکل ۱۵ـ۳ـ نفوذ ناقص در ریشه جوش

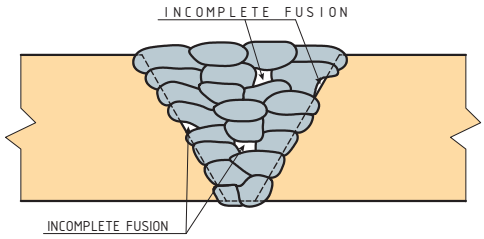
نکته

نفوذ ناقص ممکن است در برخی اتصالات با چشم تشخیص داده نشود، لذا ممکن است از سایر روش‌های غیرمخرب مانند روش فراصوتی یا پرتونگاری نیز استفاده شود.

ذوب ناقص

به عدم ترکیب و امتزاج لایه‌های‌جوش به همدیگر، یا عدم ترکیب جوش به فلز پایه گفته می‌شود.

عدم امتزاج (L.o.F)

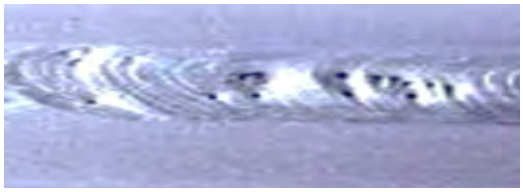


علت احتمالی ایجاد نقص	روش جلوگیری از ایجاد نقص
حرارت ورودی کم	افزایش آمپر
رویه جوشکاری اشتباه	ـ هدایت قوس جوشکاری از قسمت جلویی حوضچه مذاب ـ جوشکاری هر پاس جوش در مکان مناسب ـ باز تر نمودن زاویه طرح اتصال
کثیف بودن فلز پایه	تمیزکاری نمونه قبل از جوشکاری و زدودن چربی و آلودگی سطحی

شکل ۱۶ـ۳ـ نقص عدم امتزاج در جوش

تخلخل

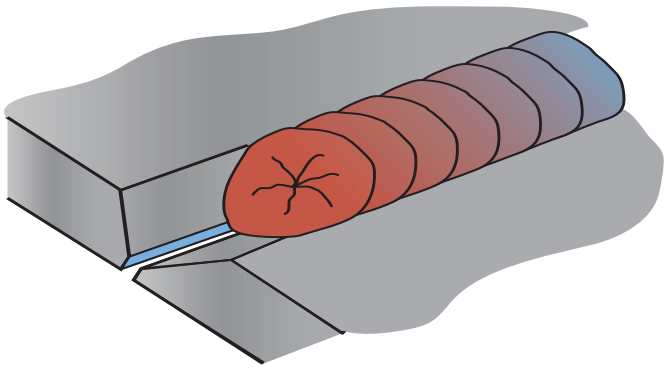
حفره‌های کوچک گازی که در سطح و یا داخل جوش ایجاد می‌شوند.

تخلخل یا حفره (Porosity) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
حفاظت ناقص حوضچه مذاب	حفاظت صحیح از حوضچه
آلودگی سطح مانند گریس و غیره	تمیزکاری نمونه قبل از جوشکاری و زدودن چربی و آلودگی سطحی
مرطوب بودن الکترود	خشک کردن الکترود
وزش باد	جلوگیری از وزش باد

شکل ۱۷ـ۳ـ نقص حفره گازی در جوش

چاله‌جوش پرنشده

انتهای پرنشده جوش که به صورت حفره یا چاله مشاهده می‌شود. در اغلب چاله‌جوش‌ها، ترک ایجاد می‌شود.

ترک چاله جوش (Crack) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
ایجاد حفره یا چاله در انتهای جوش	ـ در انتها کمی به عقب جوشکاری کرده و چاله را پر کنید. ـ کمی مکث درجوشکاری در انتهای خط جوش

شکل ۱۸ـ۳ـ نقص چاله‌جوش پرنشده

پاشش جوش

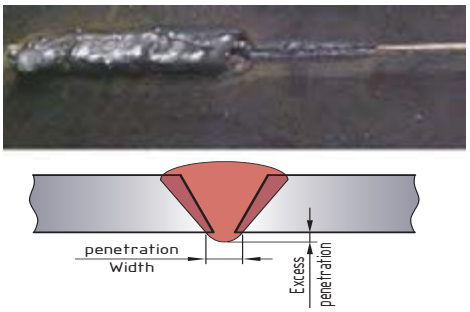
ذرات مذابی که در کناره جوش پاشیده و پس از سرد شدن به‌صورت منجمد در آمده‌اند.

پاشش جوش (Spatter) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
حرارت و آمپر بالا	ـ از الکترود بزرگ‌تر استفاده شود. ـ جریان را کاهش دهید.
طول قوس بلند	کاهش طول قوس
آلودگی سطح کار، باد و رطوبت	تمیزکاری و حذف رطوبت و باد

شکل ۱۹ـ ۳ـ پاشش

نفوذ بیش از حد

یک نقص جوشکاری که بر اثر ذوب‌شدگی بیش از حد فلز جوش و آویزان‌شدن آن در بخش ریشه اتفاق می‌افتد.

نفوذ بیش از حد (Excess Penetration) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
طرح اتصال ضعیف	اصلاح طرح اتصال، کاهش اندازه ریشه و افزایش پاشنه در حد مطلوب
حرارت و آمپر بالا	تنظیم دقیق آمپر
سرعت پایین جوشکاری	تنظیم سرعت

شکل ۲۰ـ۳ـ نفوذ بیش از حد

سوختگی

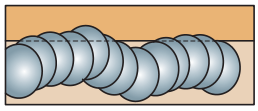
نوعی نقص جوشکاری که بر اثر ذوب شدن فلز جوش درون فلز پایه که به‌صورت سوراخ سوخته در می‌آید.

سوختگی (Burn Through) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
حرارت بالا	ـ کاهش آمپر و تنظیم سرعت جوشکاری ـ استفاده از الکترود کوچک‌تر

شکل ۲۱ـ۳ـ نقص سوختگی

موجی‌بودن جوش

نـامنظم بـودن گـــرده جـــوش به‌صورت موجی.

نامرتب و موجی‌بودن مهره جوش (Waviness of Weld Bead) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
حرکت اشتباه دست جوشکار	استفاده از دو دست و اصلاح روند حرکت با تمرین.

شکل ۲۲ـ۳ـ موجی‌بودن مهره جوش

ناخالصی در جوش

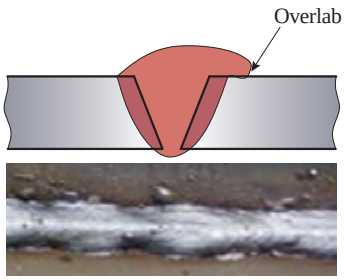
عبارت است از باقی‌ماندن مواد فلزی یا غیرفلزی مانند سرباره و یا لایه اکسید در فلز جوش.

ناخالصی (Inclusions) 	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
آلودگی سطحی فلز پایه	تمیزکاری مناسب فلز پایه
طرح اتصال نامناسب و زاویه پخ نامناسب	استفاده از طرح اتصال استاندارد
تمیزکاری نامناسب سرباره در زمان جوشکاری	تمیزکاری فلز پایه و زدودن سرباره پس از هر پاس جوشکاری
تکنیک نامناسب جوشکاری مانند زاویه غلط دست سرعت جوشکاری بالا و یا شدت جریان کم	استفاده از تکنیک مناسب

شکل ۲۳ـ۳ـ وجود ناخالصی در جوش

سررفتگی جوش

رسوب بیش از حد جوش در کنار اتصال را سررفتگی جوش می‌گویند.

سررفتگی (Overlap)	
	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
آماده‌سازی نامناسب	استفاده از طرح اتصال مطلوب در فلز پایه
نامناسب بودن سرعت جوشکاری (سرعت کم)	تنظیم سرعت جوشکاری

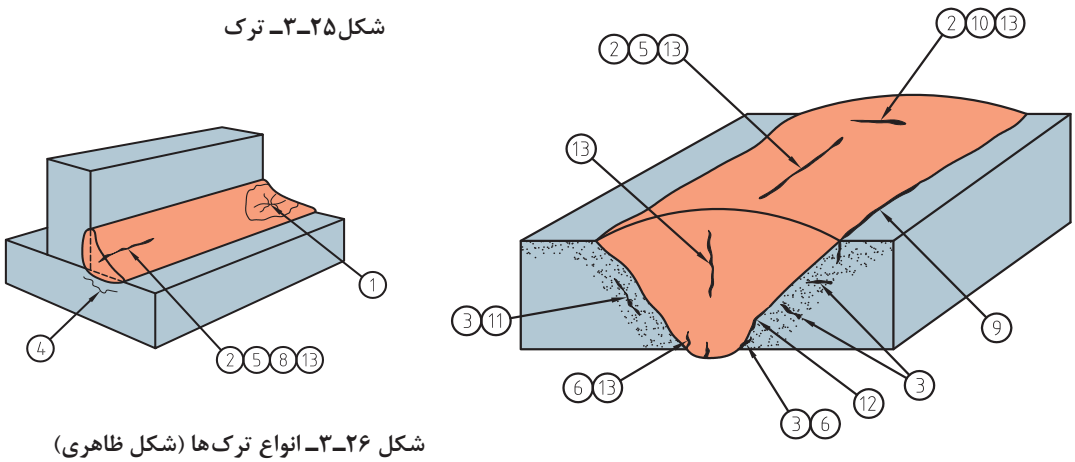
شکل ۲۴ـ۳ـ سررفتگی جوش

ترک

نوعی نقص طولی و مسطح که دارای نوک تیز می‌باشد. ترک ممکن است به‌صورت طولی، عرضی و یا شاخه‌ای دیده شود. این نقص ممکن است در فلز جوش یا فلز پایه مشاهده شود.

ترک (Crack)	
	
علت احتمالی ایجاد نقص	**روش جلوگیری از ایجاد نقص**
سرعت سردشدن بالا جوش پهن و کم‌عمق وجود آلودگی (چربی و رطوبت) مونتاژ نامناسب طراحی نامناسب و بارگذاری زیاد	استفاده از رویه صحیح از قبل تهیه‌شده جوشکاری

شکل ۲۵ـ۳ـ ترک



شکل ۲۶ـ۳ـ انواع ترک‌ها (شکل ظاهری)

تمرین

جدول زیر را با توجه به شکل ترک‌های فوق تکمیل کنید.

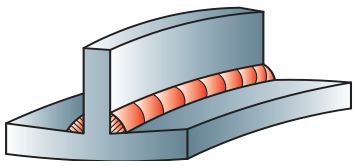
جدول ۵ ـ ۳

شماره نقص	اصطلاح فارسی	اصطلاح لاتین
۱	ترک ستاره‌ای	Crater crack
۱۳	ترک فلز جوش	
۲		Face crack
۳	ترک منطقه تحت تأثیر حرارت	
	ترک ریشه جوش ترک سطحی	Face crack Root crack
۱۳	ترک سطحی	
	پارگی ورقی شکل	Lamellar tear
۷	ترک سطحی در ریشه	Root surface crack
۹	ترک گلویی	Toe crack
	ترک ساق جوش	Throat crack
۱۱	ترک زیر مهره جوش	
۱۲	ترک مرزی جوش	

تابیدگی

نقصی که به‌صورت تغییر شکل و ابعاد در نمونه دیده می‌شود.

تابیدگی (Distortion)



علت احتمالی ایجاد نقص	روش جلوگیری از ایجاد نقص
حرارت ورودی بالا	کاهش جریان و افزایش سرعت در حد نیاز
مونتاژ نامناسب	مونتاژ دقیق و استفاده از قید و بند
عدم رعایت ترتیب جوشکاری	رعایت ترتیب جوشکاری به‌ویژه در مقاطع طولانی

شکل ۲۷ـ۳ـ تابیدگی

تمرین

جدول زیر (۶ـ۳) را تکمیل کنید.

ردیف	نوع نقص	علت احتمالی ایجاد نقص	روش جلوگیری از ایجاد نقص
۱	عدم نفوذ کامل (LACK OF PENETRATION)		
۲			کاهش طول قوس، پاک‌سازی آلودگی سطح مانندگریس و غیره رفع مرطوب‌بودن الکترود
۳		سرد شدن و انقباض سریع مذاب جوش در انتهای جوش	

جدول نواقص ۶ـ۳

در شکل زیر نام نقص‌ها را در زیر هر عکس درج کنید.

ـ حفره گازی ـ ترک خوردگی و شکست ـ بریدگی کنار جوش ـ خوردگی



....

شکل ۲۸ـ۳ـ نقص‌های گوناگون

به تصویر زیر نگاه کنید و جای خالی را پر کنید.

لکه قوس (Arc Strike)



علت احتمالی ایجاد نقص	روش جلوگیری از ایجاد نقص

شکل ۲۹ـ۳

معیارهای پذیرش جوش

به‌منظور قبول یا رد ناپیوستگی‌های جوش باید به ملاک و معیار پذیرش دسترسی داشته باشیم. عوامل مؤثر در انتخاب معیار پذیرش جوش یا همان استاندارد پذیرش عبارت‌اند از نوع سازه، حساسیت آن و دستورالعمل طراح سازه. در این بخش به تعدادی از استانداردهای رایج اشاره می‌کنیم.
جدول ۷ـ۳ـ برخی از استانداردهایی که شامل معیارهای پذیرش جوش می‌باشند را نشان می‌دهد.

جدول ۷ـ۳

ردیف	نام سازمان یا جامعه	استاندارد
۱	سازمان بین‌المللی استاندارد	ISO
۲	جامعه جوش آمریکا	AWS
۳	جامعه مهندسین مکانیک آمریکا	ASME
۴	مؤسسه خطوط لوله آمریکا	API

تحقیق

تحقیق کنید حروف لاتین جدول بالا خلاصه شده چه کلماتی می‌باشند؟

مراحل بازرسی چشمی جوش

بازرسی چشمی جوش حتماً باید قبل از شروع جوشکاری‌ها آغاز گردد و در حین جوشکاری و پس از جوشکاری ادامه یابد. این مسئله از ادامه فرایند اشتباه جلوگیری و صدمات ساختاری ناشی از فرایند اشتباه را به حداقل می‌رساند. به عنوان مثال نقصی مانند نفوذ بیش از حد (Excess penetration) که یکی از دلایل ایجاد آن آمپر بالا می‌باشد ممکن است ساختار جوش در منطقه تحت تأثیر حرارت را تغییر، و جوش را مستعد ترک‌خوردن نماید، لذا اصلاح فرایند یکی از مهم‌ترین اهداف بازرسی می‌باشد.

بازرسی‌های قبل از جوشکاری

قبل از شروع جوشکاری موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرد:
ـ بررسی محیط کار از نظر ایمنی مانند وجود تهویه و اطفاییه.
ـ مناسب بودن محیط کار برای یک جوشکاری ایده‌آل مثلاً عدم وزش باد.
ـ مناسب‌بودن تجهیزات از نظر فنی و محکم‌بودن اتصالات و عدم وجود آلودگی روغن و گریس و غیره.
ـ بررسی نقشه کار از نظر شکل و اندازه‌های نمونه.

ـ بررسی رویه جوشکاری.
ـ بررسی تجهیزات و شرایط پیش‌گرم در صورت لزوم.
ـ بررسی خال جوش.
خال جوش که برای مونتاژ اولیه سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید دارای کیفیتی معادل جوش اصلی باشد.

دستورالعمل جوشکاری WPS: (Welding Procedure Specification)

ویژگی‌های رویه جوشکاری که معمولاً به‌صورت فرم می‌باشد و توسط مهندس و کارشناس جوش تهیه می‌شود، در جوشکاری الکترود دستی شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

ـ طرح اتصال و اندازه جوش‌ها
ـ اندازه و نوع الکترود
ـ نوع قطبیت
ـ موقعیت جوشکاری
ـ پیش‌گرم و پس‌گرم در صورت لزوم
ـ تعداد و توالی پاس‌های جوشکاری
ـ میزان آمپر و ولتاژ
ـ نوع جوش

تمرین

۱ کاربرد گیج جوشکاری شامل شناسایی کدام نواقص می‌گردد؟ سه مورد نام ببرید.
۲ تحقیق کنید عدم وزش باد در کدام روش جوشکاری بیشتر اهمیت دارد.
۳ در بازرسی از تجهیزات و مواد مصرفی جوشکاری کدام موارد زیر قابل توجه هستند؟
( ) الف) لقی بست سیم‌ها ( ) ب) محل نگهداری الکترودها ( ) ج) ایمنی ( ) د) همه موارد
۴ هدف از استفاده از گچ حرارتی جوشکاری چیست؟
۵ موارد بازرسی قبل از جوشکاری را در ردیف‌های زیر با شماره‌گذاری مرتب کنید:
( ) ـ بررسی زاویه پخ‌ها و آماده‌سازی طرح ( ) ـ بررسی نقشه سازه
( ) ـ بررسی رویه جوشکاری ( ) ـ بررسی تجهیزات و محیط کار
( ) ـ بررسی خال‌جوش‌ها

بازرسی در حین جوشکاری

در حین جوشکاری موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرد:
ـ چگونگی جوشکاری و ظاهر مهره جوش و شروع و پایان جوشکاری در هر الکترود.
ـ بررسی تکمیل جوش ریشه قبل از پاس بعدی (در این مرحله توجه به عدم ایجاد ترک مهم می‌باشد).
ـ بررسی پهنا و تعداد پاس جوش‌ها، اندازه گرده جوش و جلوگیری از نفوذ بیش از حد.
ـ در این مرحله بازرس باید نحوهٔ جوشکاری را بررسی کرده تا از به‌وجود آمدن عیوب احتمالی جلوگیری شود.
ـ تقدم و تأخر جوشکاری باید بر اساس رویه جوشکاری موجود انجام پذیرد و تمیزکاری پس از هر پاس‌جوش صورت پذیرد.

توجه

منافع پاک‌کردن سرباره عبارت‌اند از: عدم حبس سرباره در ادامه جوشکاری و مشاهده نواقص جوش پس از هر پاس جوش.

توجه

عدم ایجاد چاله جوش در انتهای هر جوش بسیار مهم می‌باشد زیرا ممکن است باعث ترک گردد.

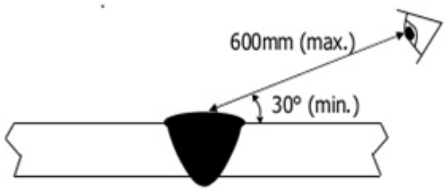
تمرین

۱ کدام یک از موارد زیر در حین جوشکاری بازرسی می‌شود؟ با ضربدر مشخص کنید.
( ) الف) پس‌گرم ( ) ب) اندازه‌گیری تاب جوش ( ) ج) تمیز کاری بین پاسی ( ) د) بررسی طرح اتصال

۲ کدام عامل ممکن است در حین جوشکاری جوش را دچار نقص کند؟
( ) الف) اندازه طول قوس ( ) ب) میزان جریان ( ) ج) زاویه دست جوشکار ( ) د) همه موارد

به شکل زیر (۳۱ـ۳) توجه کنید و جمله بعدی را تکمیل کنید:

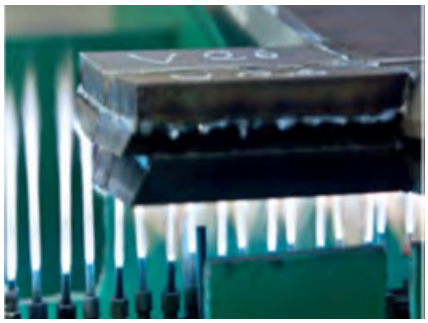
۳ فاصله ایده‌آل بازرسی چشم باید حدود ..... سانتی متر و زاویه چشم نسبت به محل بازرسی باید بیش از ..... درجه باشد.



شکل ۳۱ـ۳ـ فعالیت کلاسی

دلایل نیاز به پیش‌گرم و پس‌گرم

در برخی از جوشکاری‌ها لازم است سردشدن جوش کنترل شود و با سرعت کمتری سرد شود. معمولاً پیش‌گرم و پس‌گرم با گاز استیلن یا جریان برق انجام می‌پذیرد و بسته به نوع کار ممکن است از تجهیزات دستی و یا دستگاه اتوماتیک استفاده شود. جلوگیری از ترک‌خوردن جوش یکی از دلایل کنترل عملیات پیش‌گرم می‌باشد. عملیات پیش‌گرم و پس‌گرم دقیق باعث می‌شود ساختار نمونه آسیب نبیند.

	
تجهیزات الکتریکی که جهت کنترل حرارت پس‌گرم استفاده می‌شود.	استفاده از شعله گاز جهت کنترل پیش‌گرم یا پس‌گرم

شکل ۳۲ـ۳ـ تجهیزات پیش‌گرم و پس گرم

بازرسی جوش پس از جوشکاری

در این مرحله از بازرسی، بازرس جوش موظف است که موارد زیر را کنترل نماید.

ـ بازرسی از شکل ظاهری جوش و یکنواختی آن.

ـ بازرسی جوش از نظر نواقص سطحی جوش مانند بریدگی کنار جوش، وجود تخلخل، چاله‌جوش پرنشده و غیره.

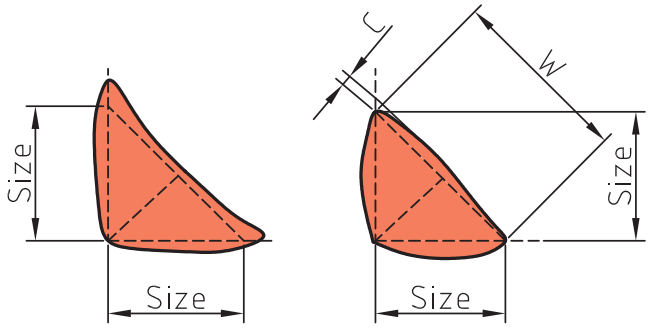
ـ بررسی ابعادی اندازه جوش، گرده جوش و تابیدگی نمونه.

ـ بررسی پس‌گرم در صورت درج در فرم رویه جوشکاری.

ـ ثبت نتایج در فرم استاندارد بازرسی چشمی.

پروفایل یا مقطع جوش

در شکل‌های (۳ـ۳۳) و (۳ـ۳۴) نمای جوش‌های ایده‌آل و نامطلوب آورده شده است.

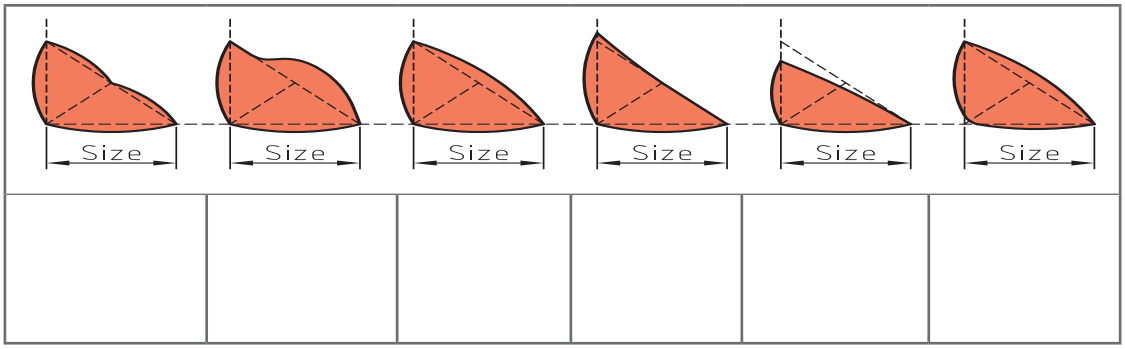


شکل ۳۳ ـ ۳ـ نمای جوش ایده‌آل از نوع گوشه

تمرین

نواقص زیر را در محل مناسب خود در زیر تصویر ۳ـ۳۴ قرار دهید.

ساق جوش کم ـ گلویی ضعیف ـ سررفتگی ـ عدم نفوذ در ریشه ـ بریدگی کنار جوش ـ تحدب



شکل ۳ـ۳۴ـ نمای جوش ناقص و غیر قابل قبول از نوع گوشه

۱ کدام گزینه‌ها در بازرسی‌های بعد از جوشکاری بررسی می‌شوند؟

( ) پیش‌گرم ـ ( ) اندازه بعد جوش ـ ( ) اندازه گرده جوش ـ ( ) میزان آمپر ـ ( ) پاک‌کردن گل جوش‌ها

۲ هدف از ثبت نتایج در فرم بازرسی چیست؟

( ) الف) مسئولیت‌پذیری

( ) ب) بایگانی

( ) ج) هر دو مورد

۳ به جدول زیر توجه کنید و با توجه به روش‌های جوشکاری به سؤالات پاسخ دهید. در این شکل نواقصی که در انواع جوشکاری ایجاد می‌شوند آورده شده‌اند.

	Shielded metal arc welding (SMAW)	Gas metal arc welding (GMAW)	Flux cored arc welding (FCAW)	Gas tungsten arc welding (GTAW)	Oxyacetylene welding (OAW)	Oxyhydrogen welding (OHW)	Submerged arc welding (SAW)	Laser beam welding (LBW)
Porosity	X	X	X	X	X	X	X	X
Inclusions	X	X	X				X	
Inadequate joint penetration	X	X	X		X		X	
Incomplete fusion	X	X	X	X	X	X	X	X
Arc strikes	X	X	X	X				
Overlap (cold lap)	X	X	X	X	X	X	X	X
Undercut	X	X	X	X	X	X	X	
Crater Cracks	X	X	X	X	X	X	X	
Underfill	X	X	X	X	X	X	X	

شکل۳۵ـ۳ـ نواقص جوشکاری در فرایندهای مختلف جوشکاری

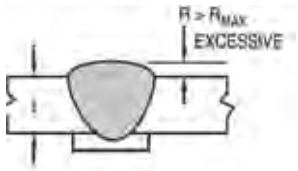
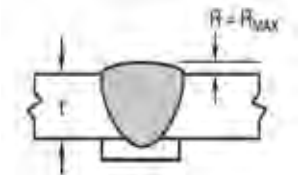
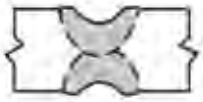
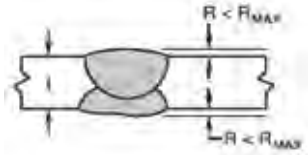
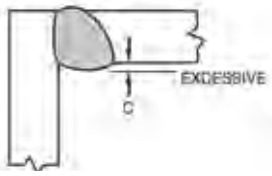
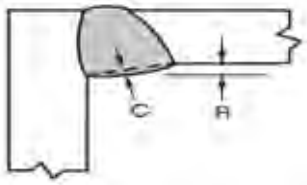
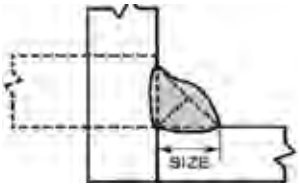
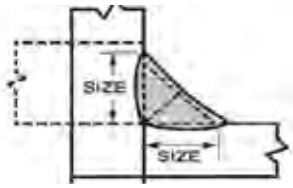
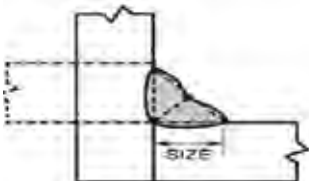
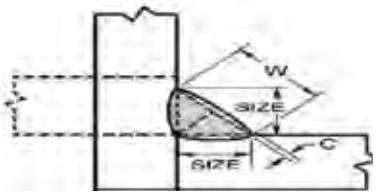
الف) کدام نقص در کلیه روش‌های جوشکاری ایجاد می‌شود؟

ب) در روش‌های جوشکاری با گاز محافظ (GTAW) و جوشکاری با گاز (OAW) کدام نواقص ایجاد نمی‌شوند؟

ج) نقص پر نشدگی گرده جوش Under Fill در کدام روش جوشکاری، ایجاد نمی‌شود؟

بحث کلاسی

همراه با مربی خود به مقطع جوش‌ها در شکل زیر نگاه کنید. دو ردیف جوش مشاهده می‌کنید، جوش‌های قابل قبول (Accept) و جوش‌های غیر قابل قبول (Reject)، دلیل مردودی جوش‌ها در ردیف دوم را بنویسید.

ردیف	علت مردودی	مردود REJECT	قابل قبول ACCEPT
۱	گرده جوش بیش از حد		
۲			
۳			
۴			
۵			

شکل ۳۶ـ۳ ـ مقطع جوش‌های قابل قبول و مردود

توجه

Excessive به معنای اضافی و R max معادل حداکثر اندازهٔ گرده جوش می‌باشد.

فرم بازرسی چشمی

در یک فرم بازرسی چشمی درج حداقل اطلاعات زیر، الزامی است:

- مشخصات کارفرما
- مشخصات پیمانکار
- اطلاعات مربوط به نمونه
- روش بازرسی و تجهیزات
- نتایج بازرسی و تاریخ انجام بازرسی
- نام و نشان و امضای بازرس و ناظر ارشد

در فرم زیر یک فرم بازرسی چشمی هنرجویی را مشاهده می‌کنید. شما در کار کارگاهی خود می‌توانید از این فرم استفاده کنید.

VISUAL INSPECTION TEST REPORT (V.T) گزارش بازرسی چشمی هنرجو				
شماره گزارش Report number		جنس وابعاد نمونه Material &dimensions		
عنوان فعالیت Work title		فرایند کار process		
تاریخ آزمایش Date of inspection		نام هنرستان		
شکل (SCHEME)				
ردیف (ITEM)	PART NO. مشخصات یا کدقطعه	REMARKS توضیحات نقص	Reject مردود	ACCEPT قبول
۱				
۲				
۳				
ارزیابی نهایی	نام مربی		نام هنرآموز	
توضیحات:				

شکل ۳۷ـ ۳ـ فرم بازرسی چشمی هنرجو

کار کارگاهی

بازدید فنی از کارگاه جوشکاری

شماره فعالیت	۱
عنوان فعالیت	بازدید فنی از کارگاه جوشکاری
تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز	فرم گزارش
نمای طرح	ــــــــــــــــــ

توجه

قبل از شروع به بازدید از پوشش مناسب استفاده کنید.

مراحل انجام فعالیت

۱ به کارگاه جوشکاری مراجعه کنید.

۲ کارگاه را بازدید نمایید و فرم بازرسی صفحهٔ بعد را تکمیل نمایید.

۳ با توجه به گزارش تهیه‌شده در کلاس بحث کنید و فرم‌ها را تحویل مربی دهید.

جدول ۸ـ۳ـ فرم بازرسی چشمی هنرجویی

فرم بازرسی کارگاه نام و نام خانوادگی: تاریخ بازرسی:				
ردیف	عنوان	مطلوب	نامطلوب	توضیحات و دلایل
۱	وضعیت چینش و نگهداری کپسول‌های گاز			
۲	تهویه و اطفاییه			
۳	وجود عوامل خطرآفرین برقی وجود سیم سوم تجهیزات (Earth)			
۴	چگونگی چینش کابین‌ها و آماده بودن تجهیزات جوشکاری			
۵	وضعیت کاری تجهیزات جوشکاری			
۶	دستگاه‌های برش			
۷	دستگاه‌های ورق‌کاری			
۸	جعبه کمک‌های اولیه			
۹	محل شست‌وشوی چشم			
۱۰	علایم هشدار دهنده ایمنی			
نظر مربی				

کارکارگاهی

اندازه‌گیری دقیق ضخامت و زاویه پخ در نمونه فولادی

شماره فعالیت	۲
عنوان فعالیت	اندازه‌گیری دقیق ضخامت و زاویه پخ در نمونه فولادی
تجهیزات و مواد مصرفی موردنیاز	دستگاه برشکاری، متر، کولیس، سوهان و سنباده، مارکر و فرم گزارش ورق فولادی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و بیشتر
طرح و اندازه‌ها	ورق ۱۵×۵۰×۱۰۰ میلی‌متر

ایمنی

قبل از شروع کار: از پوشش مناسب (روپوش، ماسک یا عینک) استفاده کنید. مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب‌شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

مراحل انجام فعالیت

۱ با راهنمایی مربی خود و متناسب با شرایط کارگاه و تجهیزات به گروه‌های۲ یا ۳ نفره تقسیم شوید.
۲ هر گروه یک نمونه به ابعاد ۵۰ ×۱۰۰ ورق با ضخامت ۱۵ میلی‌متر یا بیشتر را ضمن تمیزکاری آماده کنید.
۳ مشخصات گروه را با مارکر روی نمونه ثبت کنید.
۴ در انتهای عرض ورق، با زاویه‌ای بین ۳۰ الی ۵۰ درجه یک پخ ایجاد نمایید.
۵ با استفاده از کولیس ضخامت دقیق ورق‌ها را به‌دست آورید. (آیا ورق‌ها دقیقاً ۱۰ میلی‌متر تولید شده‌اند؟)
۶ با استفاده از گیج جوشکاری زاویه پخ نمونه را پیدا کنید.
۷ اندازه‌ها را روی نمونه با مارکر ثبت کنید.
۸ نمونه‌ها را با سایر گروه‌ها مبادله و نتیجه کار یکدیگر را ارزیابی کنید.
۹ نتایج را در فرم گزارش بازرسی چشمی هنرجویی ثبت و به مربی خود تحویل دهید.
۱۰ در ارتباط با فعالیت انجام‌شده بحث و گفت‌وگو کنید.

کار کارگاهی

بازرسی چشمی از نمونه جوشکاری شده با آمپر بالا و طول قوس زیاد

شماره فعالیت	۳
عنوان فعالیت	بازرسی چشمی از نمونه جوشکاری شده با آمپر بالا و طول قوس زیاد.
تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز	ورق ۱۵۰×۱۵۰میلی‌متر و ضخامت ۶ میلی‌متر یا بیشتر الکترود E 6013 شماره ۵ دستگاه جوشکاری، متر، کولیس، گیج جوشکاری، مارکر و فرم بازرسی
نمای طرح	-

ایمنی

قبل از شروع کار: از پوشش مناسب (روپوش، ماسک یا عینک) استفاده کنید. مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب‌شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

مراحل انجام فعالیت

۱ گروه‌های ۲ یا ۳ نفره تشکیل دهید.
۲ هر گروه دو ورق با ضخامت ۶ میل یا بیشتر و ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر آماده کند.
۳ قطعه را کدگذاری، و روی نمونه به همراه نام خود با مارکر بنویسید.
۴ دستگاه و مواد اولیه لازم را جهت جوشکاری آماده کنید.
۵ یک خط جوش از نوع 1F را با شرایط ایده‌آل جوشکاری کنید.
۶ کنار جوش فوق و با کمی‌فاصله یک خط جوش از نوع 1F را مجدداً و تنها با افزایش آمپر جوشکاری کنید.
۷ مجدد یک خط جوش از نوع 1F را با کمی فاصله از جوش قبل و تنها با افزایش قوس جوشکاری کنید.

پس از سرد شدن نمونه:

الف) با استفاده از گیج جوشکاری اندازه گرده جوش در بخش‌های مختلف را اندازه‌گیری و روی نمونه ثبت کنید.
ب) اندازه ناپیوستگی‌های ایجادشده را با استفاده از گیج و کولیس به‌دست آورید و روی نمونه ثبت کنید.
نتایج را در فرم بازرسی چشمی گزارش کنید.
نمونه‌ها را با یک گروه دیگر مبادله و کار همدیگر را بررسی کنید.
فرم و نمونه را تحویل مربی دهید.

کار کارگاهی

بازرسی چشمی از جوش تولیدشده با آمپر پایین و طول قوس کم

شماره فعالیت	۴
عنوان فعالیت	بازرسی چشمی از جوش تولید شده با آمپر پایین و طول قوس کم
تجهیزات و مواد مصرفی موردنیاز	ورق ۱۵۰×۱۵۰میلی‌متر و ضخامت ۶ میلی‌متر یا بیشتر الکترود E6013 شماره ۵ دستگاه جوشکاری آماده، متر، کولیس، گیج جوشکاری، مارکر و فرم بازرسی
نمای طرح	-

ایمنی

قبل از شروع کار: از پوشش مناسب (روپوش، ماسک یا عینک) استفاده کنید. مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب‌شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

مراحل انجام فعالیت

۱ گروه‌های ۲ یا ۳ نفره تشکیل دهید.
۲ هر گروه دو ورق با ضخامت ۶ میل یا بیشتر و ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر آماده کند.
۳ قطعه را کد گذاری، و روی نمونه به همراه نام خود با مارکر بنویسید.
۴ دستگاه و مواد اولیه لازم را جهت جوشکاری آماده کنید.
۵ یک خط جوش از نوع 1F را با شرایط ایده‌آل جوشکاری کنید.
۶ کنار جوش فوق و با کمی فاصله یک خط جوش از نوع تخت 1F را مجدداً با شرایط فوق اما تنها با کاهش آمپر جوشکاری کنید.
۷ مجدد یک خط جوش از نوع 1F را با کمی فاصله و با شرایط استاندارد و (تنها با کاهش قوس) جوشکاری کنید.

پس از سرد شدن نمونه:

الف) با استفاده از گیج جوشکاری اندازه گرده‌جوش در بخش‌های مختلف را اندازه‌گیری و روی نمونه ثبت کنید.
ب) اندازه ناپیوستگی‌های ایجادشده را با استفاده از گیج و کولیس بدست آورید و روی نمونه ثبت کنید.
نتایج را در فرم بازرسی چشمی گزارش کنید.
نمونه‌ها را با یک گروه دیگر مبادله و کار همدیگر را بررسی کنید.
فرم و نمونه را تحویل مربی دهید.

کار کارگاهی

بازرسی چشمی از مقطع شکسته‌شده جوش (بازرسی مخرب)

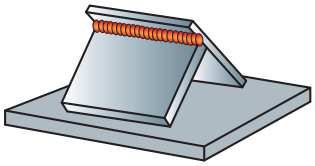
شماره فعالیت	۵
عنوان فعالیت	بازرسی چشمی از مقطع شکسته شده جوش
تجهیزات و مواد مصرفی موردنیاز	ورق ۱۲۰×۱۲۰میلی‌متر و ضخامت ۱۰ میلی‌متر یا بیشتر الکترود E 6013 شماره ۵ و۳ دستگاه جوشکاری آماده متر، کولیس، گیج جوشکاری، مارکر و فرم بازرسی
نمای طرح	-

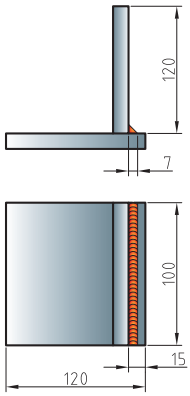
ایمنی

قبل از شروع کار: از پوشش مناسب (روپوش، ماسک یا عینک) استفاده کنید.
مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب‌شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

دستور کار

۱ هر دو یا چهار هنرجو یک گروه کاری تشکیل دهید.
۲ هر گروه ۴ عدد ورق به ابعاد ۱×۱۰×۱۲ سانتی‌متر تهیه کنید.
۳ ورق‌ها را به صورت شکل زیر روی هم قرار دهید و با خال‌جوش ثابت نمایید.
۴ با روش الکترود دستی ابتدا با الکترود شماره ۳ یکی از اتصالات را با ساق حدود ۷ میلی‌متر جوشکاری کنید.
۵ سپس با همین روش دو ورق بعدی را با الکترود شماره ۵ طبق شکل جوشکاری نمایید.
۶ طبق شکل زیر و با استفاده از پتک یا گیره جوش را بشکنید.
۷ مقاطع شکسته‌شده را بررسی و چگونگی نفوذ و سایر نواقص را گزارش نمایید.





شکل ۳۸ـ۳ـ چگونگی شکستن نمونه

کارگاهی

اندازه‌گیری تابیدگی ورق جوشکاری شده

شماره فعالیت	۶
عنوان فعالیت	اندازه‌گیری تابیدگی ورق جوشکاری شده
تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز	دستگاه جوشکاری، الکترود E6013 شماره ۵، ورق آهنی به ضخامت ۱۰و ۶ میلی‌متر و کولیس و گونیا
نمای طرح	

ایمنی

قبل از شروع کار: از پوشش مناسب (روپوش، ماسک یا عینک) استفاده کنید.
مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب‌شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

مراحل انجام فعالیت

۱ هنرجویان به گروه‌های ۲ یا ۳ نفره تقسیم شوند.
۲ هر گروه فعالیت‌های زیر را انجام دهد.
۳ دو عدد ورق به ابعاد ۱۰×۱۵۰×۱۵۰ و ۶×۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر تهیه کنید.
۴ ورق با ضخامت کمتر را روی ورق بزرگ‌تر طبق شکل مونتاژ نمایید.
۵ بدون وقفه یک طرف جوش گوشه را با شرایط استاندارد و الکترود شماره ۵ جوشکاری کنید.
۶ پس از سرد شدن نمونه آن را بازرسی نمایید.
۷ میزان تابیدگی ورق نازک‌تر را با استفاده از ابزار مناسب اندازه‌گیری نمایید. (گونیا و متر فلزی یا کولیس)
۸ نواقص و میزان تابیدگی را روی نمونه با مارکر درج نمایید.
۹ نواقص و میزان تابیدگی را در فرم بازرسی ثبت کنید.
۱۰ نمونه را با گروهی دیگر مبادله و هر گروه، گروه دیگر را ارزیابی نماید.

معیار پذیرش جوش

این جدول براساس بخشی از معیارهای پذیرش در استانداردهای سازه‌های ساختمانی ایران تهیه شده است.

تمرین

با مراجعه به جداول ارائه شده در کتاب همراه، قسمت چپ جدول (معیار پذیرش) را تکمیل کنید.

ردیف	نام نقص	معیار پذیرش
۱	ترک (CRACK)	
۲	ذوب ناقص (LACK OF FUSION)	
۳	چاله جوش پر نشده و ترک‌های ستاره‌ای (CRATER)	
۴	بریدگی کنار جوش (UNDER CUT)	
۵	حفره‌های گازی یا تخلخل (POROSITY)	
۶	سرریختگی (OVER LAP)	
۷	مقطع و شکل جوش	
۸	ابعاد جوش	

ارزشیابی شایستگی‌های پودمان ۳: بازرسی چشمی

شرح کار : بازرسی چشمی (توسط بازرس) در سه مرحله از جوشکاری دو نمونه از نوع تخت و سپری

استاندارد عملکرد:

بازرسی از قطعات جوشکاری با استفاده از چشم مسلح یا غیر مسلح در مراحل مختلف جوشکاری

- مطالعه نقشه و چگونگی مونتاژ اولیه
- اندازه‌گیری ابعاد با استفاده از گیج، کولیس، متر (هندسه اتصال)
- بازرسی جوش و اندازه‌گیری ابعاد آن
- ثبت عیوب شناسایی شده با مارکر + استاندارد
- تکمیل فرم بازرسی چشمی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

کارگاه جوشکاری استاندارد با تهویه و نور کافی مجهز به سیستم گرمایشی و سرمایشی، الکترود دستی

مدت زمان : یک جلسه

ابزار و تجهیزات: دستگاه جوشکاری، الکترود ورق آهنی، متر، کولیس، گیج جوشکاری، مارکر و فرم بازرسی چشمی

معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بازرسی قبل از جوشکاری	۱	
۲	بازرسی در حین جوشکاری	۲	
۳	بازرسی پس از جوشکاری	۲	
۴	ثبت نتایج و گزارش	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: **رعایت نکات ایمنی شامل**: پوشیدن ماسک جوشکاری، دستکش، کفش ایمنی، پیش‌بند، کلاه ایمنی، مدیریت دور ریز (پس ماند الکترود، گل جوش و قطعه کار)، مسئولیت پذیر بودن در انجام وظایف محوله	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۴

بازرسی با مایعات نافذ



چشم انسان در سالم‌ترین وضعیت خود قادر است اجسام و علائم را تا اندازه معینی ببیند. یک چشم سالم قادر است یک شیء به اندازه تقریباً ۰/۳ میلی‌متر را ببیند. در بازرسی چشمی با چگونگی شناسایی نواقص جوشکاری از طریق چشم آشنا شدید. اما حفره‌های بسیار ریز و یا ترک‌های بسیار بسته، با چشم دیده نمی‌شوند. در این بخش با روش بازرسی با مواد نافذ آشنا می‌شوید. در این روش بسیاری از این نوع نواقص ریز شناسایی می‌گردند.

واحد یادگیری ۴

آزمون مواد نافذ (P.T)

در فصل گذشته با نحوه بازرسی چشمی آشنا شده‌اید. در این فصل با اصول اولیه بازرسی با مایعات نافذ، روش‌ها، ابزار ، تجهیزات، مزایا و محدودیت‌های این روش آشنا می‌شویم.
این روش در شناسایی عیوب ریز سطحی و عیوبی که به سطح راه دارند بسیار مفید و مقرون به صرفه می‌باشد. از مزیت‌های این روش به گستردگی کاربرد آن در همه مواد (فلزات، سرامیک و پلیمرها) با هزینه مناسب و سرعت بالا می‌توان اشاره نمود و عدم شناسایی عیوب عمیق نیز جزء محدودیت‌های این روش بازرسی می‌باشد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد و کسب شایستگی لازم در بازرسی با مایعات نافذ، هنرجویان قادر خواهندبود با استفاده از ابزار و تجهیزات مناسب به بررسی و بازرسی و شناسایی عیوب بپردازند.

آیا تاکنون آزمون شناسایی اسکناس‌های جعلی از اصلی را دیده‌اید؟ (شکل ۱-۴) برای آنکه بدانید پول تقلبی است یا نه، نشانه‌هایی درون آن به‌کار رفته است که با چشم غیرمسلح و در نور محیط قابل مشاهده نیست. ولی با کمک ابزارهای خاص می‌توان آن را مشاهده نمود. در صنعت هم با کمک ابزارهایی می‌توان عیوبی را که با چشم به راحتی قابل رؤیت نیستند مشاهده نمود.



شکل ۱ـ۴ـ استفاده از نور ماورای بنفش در تشخیص اسکناس

به تصویر روبه‌رو نگاه کنید، قبل از ریختن چای در فنجان، ترک موجود در آن مشخص نمی‌باشد. برداشت شما از چگونگی نمایان شدن ترک روی آن پس از ریختن چای چیست؟



فنجان ترک‌دار پس از ریختن چای در آن



فنجان ترک‌دار قبل از ریختن چای

شکل ۲ـ۴

بازرسی با مواد نافذ

همان‌گونه که در بخش قبل یادآوری گردید، در صنعت روش‌های غیر مخرب مختلفی برای شناسایی عیوب محصولات در زمان تولید و یا قطعات در حال سرویس وجود دارد.

یکی از این روش‌ها بازرسی با مایعات نافذ است، که تحت عنوان (P.T)[1] شناخته می‌شود.

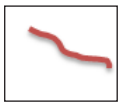
بازرسی با مواد نافذ روشی است که برای شناسایی نواقص بسیار ریز که به سطح راه دارند (مانند ترک و حفره‌ها) در نمونه‌های غیر اسفنجی (حفره‌دار)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از یک ماده نافذ روی سطح استفاده می‌شود که به‌دلیل خاصیت مویینگی وارد نواقص ریز سطحی می‌شود. این ماده رنگی محبوس‌شده در نقص طی مراحل بعدی مجدداً بر روی سطح تمیز شده کشیده می‌شود و به راحتی توسط بازرس دیده می‌شود.

در اواخر قرن هجدهم قطعات راه‌آهن برای اولین بار با این روش بازرسی شدند. ابتدا قطعات را به روغن سوخته، آغشته می کردند و پس از گذشت مدتی سطح آلوده را پاک کرده و محلول گچ و الکل را روی سطوح تمیز شده به‌کار می‌بردند. پس از خشک شدن سطح، روغن سیاه رنگ وارد شده به درون ترک و نواقص به سطح نمونه که دارای یک زمینه سفید نیز بود کشیده شده و به راحتی قابل شناسایی بودند. این روش تحت‌عنوان « نفت‌زدن و سفیدکردن» شناخته می‌شد که به مرور با ایجاد تغییرات در ساخت مواد نافذ و افزایش ویژگی‌های آن، به بازرسی با مواد نافذ امروزی تبدیل شد.

۱ـ PENETRANT TESTING

مراحل بازرسی با مواد نافذ را در جدول زیر مشاهده می‌کنید:

جدول ۱ـ۴ـ مراحل بازرسی با مواد نافذ

					
شکل نقص روی سطح نمونه از بالا	اعمال آشکارسازی روی سطح	تمیزکاری سطح از مواد نافذ	زمان اسکان (ماندن مواد روی سطح)	اعمال مواد نافذ روی سطح	تمیزکاری اولیه سطح‌نمونه
۶	۵	۴	۳	۲	۱

تمرین

مراحل بازرسی را با گذاشتن اعداد ۱ الی ۶ مرتب کنید.

( ) اعمال ماده نافذ
( ) رعایت ماندن ماده روی سطح
( ) بازرسی
( ) تمیزکاری سطح
( ) به‌کارگیری آشکارساز
( ) تمیزکاری مایع نافذ

ویژگی‌های یک ماده نافذ خوب

یک ماده نافذ خوب که بتواند عملکرد خوبی در شناسایی نواقص داشته باشد، باید دارای ویژگی‌های فیزیکی زیر باشد:

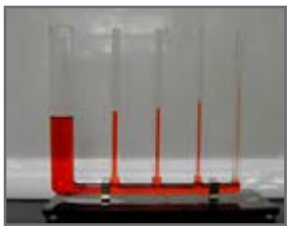
- کشش سطحی بالا
- خاصیت ترکنندگی بالا
- ویسکوزیته (گرانروی) پایین
- خاصیت مویینگی بالا (نفوذ و جاری‌شدن در منافذ باریک)
- شفافیت رنگ (رنگ با خاصیت درخشندگی بالا)
- حل‌کنندگی بالا (قابلیت حل‌کردن ناخالصی‌های درون نقص)

توجه

قبلاً با تعریف و مفاهیم این ویژگی‌ها آشنا شده‌اید.

کارکلاسی

به تصاویر روبه‌رو نگاه کنید به نظر شما آیا بین این دو تصویر ارتباطی وجود دارد؟ می‌توانید برای آن یک دلیل علمی پیدا کنید؟





شکل ۳ـ۴

چرا در لوله باریک‌تر سطح مایع، ارتفاع بیشتری دارد؟

کارکارگاهی آزمایشگاهی ۱

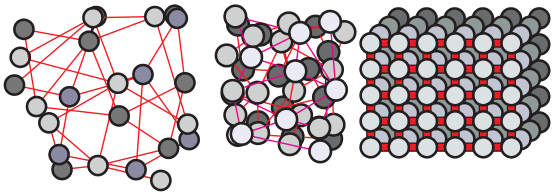
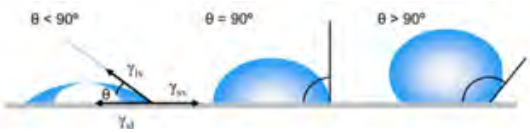
با تهیه وسایل موجود در تصاویر زیر آزمایش را یک بار به کمک آب (رنگ‌شده با جوهر) و یک‌بار با روغن سوخته انجام دهید و نتایج را با هم مقایسه کنید. کدام ماده دارای خاصیت مویینگی بهتری می‌باشد؟

۱	مواد مورد نیاز: گیره کاغذ، لام (تیغه شیشه‌ای) کش، ظرف آب و روغن	
۲	نحوه قراردادن ورقه‌ای شیشه بر روی هم	
۳	نحوه قراردادن گیره کاغذگیر و بستن با کش	
۴	قراردادن نمونه‌های آماده در آب رنگی و روغن سیاه و مشاهده نفوذ	

بحث کلاسی

به کمک مربی خود نقش عوامل مؤثر بر کیفیت ماده نافذ را در ستون مربوطه توضیح دهید.

جدول ۲ـ۴

عوامل تأثیر گذار بر خاصیت موییینگی	تصاویر	توضیح
چگالی Density	 چگالی پایین　چگالی متوسط　چگالی بالا	
خاصیت تر کنندگی Wetting Ability	 ترکنندگی زیاد　ترکنندگی متوسط　ترکنندگی کم	
کشش سطحی Surface Tension	 	
گرانروی Viscosity		

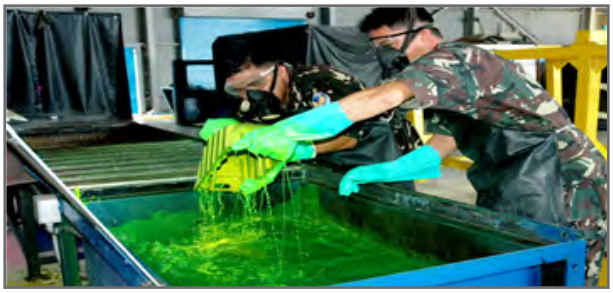
ایمنی در بازرسی با مایعات نافذ

در بازرسی با مواد نافذ، موارد زیر را همیشه در نظر داشته باشید.

- مواد نافذ سمی و قابل اشتعال است.
- مواد نافذ تأثیر نامطلوب روی پوست و چشم دارد.
- نور فرابنفش برای پوست و چشم مضر می‌باشد.
- محل بازرسی باید دارای تهویه مناسب و شیر آب برای شست‌وشوی چشم و پوست باشد.

تمرین

به شکل (۴ـ۴) نگاه کنید و تجهیزات حفاظت فردی که بازرس مورد استفاده قرار داده است را در جدول زیر بنویسید.



شکل ۴ـ۴ـ تجهیزات فردی

جدول ۳ـ۴

ردیف	نام تجهیزات حفاظ فردی	دلایل استفاده
۱	دستکش پلاستیکی	
۲		جلوگیری از ورود گازها و بخارات تبخیر شده از مایع نافذ و حلال‌های پایه نفتی به ریه
۳	عینک	
۴	پیش‌بند پلاستیکی	

توجه

قبل از انجام آزمون مایعات نافذ چک لیست زیر را پر کنید. (هدف: جلوگیری از خطرات احتمالی)

جدول ۴ـ۴

ردیف	نوع خطر	وجود دارد	وجود ندارد	راهکار
۱	کار با مواد شیمیایی			
۲	خطر آتش‌سوزی			
۳	تهویه مناسب			
۴	خطر تماس مواد شیمیایی با پوست و چشم			
۵	نور مناسب محیط			
۶	خطر سقوط اجسام			
۷	خطر برق گرفتگی			
۸	سقوط از ارتفاع			

تمیزکاری سطح قطعات

در بازرسی با روش مواد نافذ، تمیزکاری، که اولین مرحله بازرسی نیز می‌باشد بسیار مهم و تأثیرگذار است. در این مرحله باید تمام پوشش‌های سطحی مانند چربی، رنگ‌ها و اکسیدهای سطحی از روی‌سطح قطعات برداشته شود؛ چون می‌توانند سبب بسته شدن دهانه عیب شده و از نفوذ مایع نافذ به درون عیب جلوگیری کنند.

نکته

۱ در بازرسی با مواد نافذ نباید سطح نمونه دارای چربی یا هرگونه پوشش یا رنگ باشد.
۲ روش تمیزکاری باید با توجه به جنس نمونه و با دقت انتخاب شود تا آسیبی به کارایی قطعه وارد نیاید.
۳ در روش‌های تمیزکاری با آب، نمونه باید حتماً به اندازه کافی خشک شود زیرا آب مانع ورود مواد نافذ به نقص می‌گردد.

در شکل‌های زیر چند روش تمیزکاری را مشاهده می‌کنید.



روش‌های مکانیکی مانند:
سنگ‌زدن، فرچه‌زدن، سند بلاست



تمیزکاری با امواج مافوق صوت (التراسونیک)
تمیزکاری با ایجاد لرزش‌های صوتی توسط دستگاه انجام می‌شود.



روش‌های شیمیایی مانند:
اسید شویی، استفاده از انواع زنگ برها

شکل ۵ـ۴ـ چند روش تمیزکاری

کارگاهی آزمایشگاهی ۲

تمیزکاری با روش مکانیکی و آب و صابون

الف) برای آنکه با نحوه تمیزکاری مکانیکی آشنا شویم ابتدا سطح دو ورق جوشکاری شده فولادی به ابعاد ۵×۱۰را با سوهان کاملاً پرداخت کنید سپس آنها را در درون یک پارچه خیس پیچیده و به مدت ۴۸ ساعت قرار دهید تا سطح آن مانند تصویر مقابل اکسید شود سپس یکی را با روش (فرچه سیمی‌دستی) تمیز کنید و دیگری را با سنباده تمیز نمایید سپس سطح قطعات را با یکدیگر مقایسه نمایید. (این آزمایش را می‌توان با نمونه‌های زنگ‌زده نیز انجام داد).



شکل ۶ـ۴ـ چگونگی سطوح خورده شده

ب) چربی‌گیری: با کمک مربی خود تعدادی قطعات آلوده به روغن یا گریس تهیه کنید.

دستور تمیزکاری برای چربی‌گیری:

ابتدا روغن و آلودگی اضافی موجود بر روی سطح را با دستمال تمیز کنید.

سپس در مرحله بعد با استفاده از یکی از روش‌های زیر نمونه را چربی‌گیری نمایید.

- استفاده از حلّال و پارچه
- استفاده از آب‌گرم و صابون و یا شوینده‌های رایج

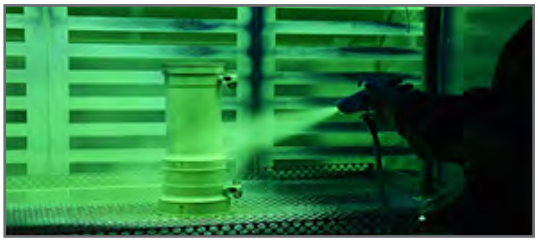
این قطعات پس از خشک شدن برای بازرسی با مواد نافذ آماده می‌باشند.

روش‌های اعمال مواد نافذ

در شکل ۷ـ۴ روش‌های اعمال مواد نافذ را مشاهده می‌کنید.



روش اسپری با قوطی



روش اسپری با کمپرسور فشار باد



استفاده از فرچه



روش غوطه‌وری در مخزن مایع نافذ

شکل ۷ـ۴

کارگاهی آزمایشگاهی ۳

سه نمونه فلزی ترجیحاً کوچک تهیه کنید. آنها را با روش‌های: **اسپری،غوطه‌وری** و **استفاده از قلم مو** به مواد نافذ آغشته کنید. سپس محدودیت و مزایای هر روش را طبق جدول گزارش کنید.

جدول ۵ـ۴

ردیف	روش اعمال	محدودیت	امتیاز
۱	اسپری	پاشش ذرات در قسمت‌های غیرضروری و آلوده‌سازی بیشتر محیط	
۲	غوطه‌وری		
۳	قلم‌مو		

زمان اسکان چیست؟

پس از اعمال مواد نافذ، مدت زمانی معین این مواد باید روی نمونه باقی بماند که به آن زمان اسکان یا (Dwell Time) گفته می‌شود. این زمان بستگی به عواملی چون جنس نمونه، حساسیت و نوع نقص متفاوت می‌باشد. زمان اسکان براساس جداول ثبت شده استاندارد یا کارخانه سازنده مواد نافذ صادر می‌شود. جهت بررسی خوردگی و عیوب ریز به ویژه حفره‌ها به زمان بیشتری نیاز می‌باشد.

زمان اسکان فلزات فولادی معمولاً بیشتر از فلزات رنگی می‌باشد. زمان اسکان ممکن است از ۵ دقیقه الی چند ساعت و بستگی به متغیرهای فوق متفاوت باشد.

در جدول زیر (Dwell Time) طبق استاندارد ASME برای مواد و فرایندهای مختلف ارائه شده است.

جدول ۶ـ۴ـ زمان اسکان بر اساس استاندارد ASME

جدول حداقل زمان Dwell Times و آشکارسازی در بازرسی با مایعات نافذ				
زمان آشکارسازی دقیقه Dwell time	زمان ماندن مایع نافذ دقیقه Dwell time	نوع عیب Type of Discontinuity	روش تولید Form	مواد Material
۱۰	۱۰	ترک، حفرات و عدم ذوب	ریخته‌گری و جوشکاری	آلومینیم ـ آهن
۱۰	۱۰	ترک، حفرات و عدم ذوب	آهنگری، اکستروژن	آلومینیم ـ آهن
۱۰	۵	ترک	همه روش‌های تولید	پلاستیک
۱۰	۵	ترک	همه روش‌های تولید	شیشه
۱۰	۵	ترک	همه روش‌های تولید	سرامیک

دسته‌بندی آزمون مایعات نافذ

بازرسی مایعات نافذ براساس نوع نور بازرسی موردنیاز و روش‌های تمیزکاری مایع نافذ اضافی از روی سطح قطعه دسته‌بندی می‌شوند. در جدول ۷ـ۴ این دسته‌بندی نشان داده شده است.

جدول ۷ـ۴

دسته‌بندی مایع نافذ						
مرئی (visible)			فلورسانس (Fluorescence)			نور محیط بازرسی
قابل شست‌وشو با آب	شست‌وشو با حلال	معلق‌سازی سپس شست‌وشو با آب	قابل شست‌وشو با آب	شست‌وشو با حلال	معلق‌سازی سپس شست‌وشو با آب	روش حذف مایع نافذ اضافی
*	**	***	****	*****	******	اهمیت و میزان حساسیت

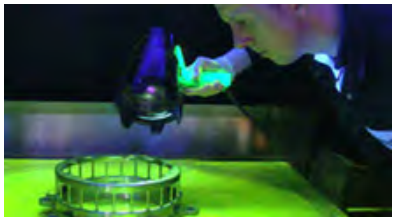
دسته‌بندی مواد نافذ از نظر نور بازرسی

محیط نوری که برای بازرسی قطعات در مرحله نهایی آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند:

مواد نافذ مرئی

مواد نافذی هستند که در مرحله بازرسی زیر نور معمولی بازرسی می‌شوند. در جدول ۸ـ۴ دو نوع مواد نافذ بر اساس نور بازرسی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۸ـ۴

۱	تست با مایعات نافذ مرئی (قرمز رنگ) قابل بازرسی زیر نور معمولی محیط Visible penetrant testing	
۲	تست با مایعات نافذ فلورسانس (معمولاً فسفری رنگ) قابل بازرسی با نور فرابنفش Fluorescent Penetrate Testing	

مواد نافذ فلورسانس

مواد نافذی هستند که زیر نور فرابنفش بازرسی می‌شوند.
دلیل استفاده از مایع فلورسانس، حساسیت چشم انسان نسبت به طول موج رنگ آن می‌باشد. بدین صورت که چشم انسان اثرات رنگ فلورسنت را در زیر نور فرا بنفش به‌صورت شفاف و واضح‌تر می‌بیند. لذا برای بازرسی قطعات حساس و نواقص بسیار ریز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توجه

از تابش مستقیم نور فرابنفش به چشم پرهیز گردد.

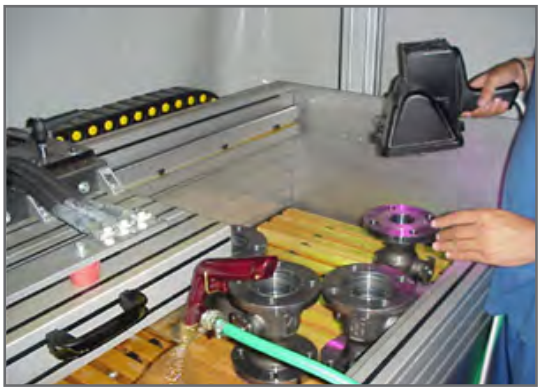


مایع نافذ مرئی فقط در زیر نور معمولی قابل مشاهده است و از حساسیت کمتری نسبت به مایع نافذ فلورسنت برخوردار می‌باشد.

نور فرابنفش

در بازرسی مایعات نافذ از نوع فلورسانس، باید از نور فرابنفش که به نورسیاه نیز معروف است استفاده شود این چراغ ممکن است به‌صورت ثابت و یا قابل حمل مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۸ـ۴).

در بازرسی‌های حساس شدت نور این دستگاه با دستگاه سنجش فرابنفش مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۸ـ۴ـ دستگاه مولد نور فرابنفش

کارگاهی آزمایشگاهی ۴

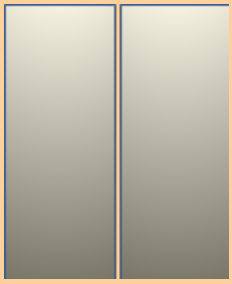
تولید نمونه جوشکاری شده ترک‌دار با وضعیت تخت برای بازرسی P.T.
قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری و برشکاری که شامل ماسک جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس‌کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس نمونه را ایجاد کنید:

ـ تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده همراه حفاظ ایمنی مناسب.

ـ مواد مورد نیاز:

- الکترود E6013 با قطر ۴

- دو تکه قطعه فولادی از جنس **فنر ماشین** با ضخامت ۶ میلی‌متر یا بیشتر با طول ۱۰۰ میلی‌متر و عرض ۳۰ میلی‌متر یا بیشتر.
- ظرف آماده آب‌سرد.



دستور کار:

- ابتدا دو قطعه را با یک گیره دستی ثابت کنید.
- سپس قطعه را جوشکاری کنید.
- بعد از اتمام جوشکاری بلافاصله قطعه را در ظرف آب سرد قرار دهید.

هدف: ایجاد عیوب جهت انجام آزمایش مایعات نافذ.

پس از تولید نمونه یک گزارش چشمی از نواقص قابل مشاهده با چشم تهیه کنید.

اندازه ترک‌ها را مشخص کنید.

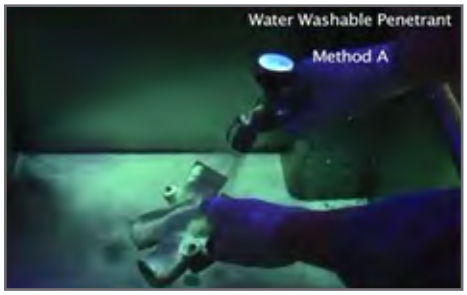
این نمونه را جهت آزمایش بعدی نزد خود نگهدارید.

در آزمایش P.T به تفاوت نتایج توجه و آن را گزارش کنید.

فرم گزارش چشمی در بخش قبل ارائه شده است.

دسته‌بندی مواد نافذ از نظر نوع تمیزکاری ماده نافذ بر روی سطح نمونه:

مواد نافذ قابل شست‌وشو با آب (Water Washable): مواد نافذی هستند که باید با آب تمیز شوند. این نوع ماده ممکن است با پارچه آغشته به آب و یا فشار آب شسته شوند. این نوع مواد از حساسیت کمتری برخوردار هستند. ولی مزیت آن برای قطعات با شکل پیچیده که تمیزکاری آن سخت است مناسب می‌باشد، همچنین برای خطوط تولید مناسب می‌باشد.



مایع نافذ فلورسنت



مایع نافذ مرئی

شکل ۹ـ۴

کارگاهی آزمایشگاهی ۵

بازرسی با مواد نافذ از نوع مرئی و قابل شست‌وشو با آب

بر روی نمونه جوشکاری شده در کار شماره ۴،

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز: دستکش، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی و عینک محافظ را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات و مواد مصرفی:

- نمونه ساخته شده در کار شماره ۴
- اسپری تمیزکننده قطعه، اسپری مواد نافذ از نوع مرئی و قابل تمیزکاری با آب و اسپری آشکارساز
- برس سیمی، پارچه تمیزکننده و نیاز به شیر آب، قلم‌مو، مارکر، فرم گزارش

دستور کار:

- ابتدا قطعه را با برس تمیز کرده و جهت چربی‌گیری با اسپری حلال آن را تمیز کنید.
- سپس با استفاده از یک قلم مو که به مواد نافذ آلوده شده، سطح نمونه را با مواد نافذ پوشش دهید.
- پس از گذشت زمان اسکان (۲۰ دقیقه) قطعه را با آب تمیز کرده و خشک نمایید.
- ماده آشکارساز را (به‌طور یکنواخت و نازک) بر روی سطح نمونه بپاشید.
- قطعه را پس از ۵ دقیقه زیر نور معمولی بازرسی نمایید.
- نقص‌ها را علامت‌گذاری کنید.
- نتایج را در فرم بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.

نتایج نمونه بازرسی شده با روش مایع نافذ را با بازرسی چشمی (کار کارگاهی شماره ۴) مقایسه و نتایج را در زیر برگه بنویسید.

نمونه فرم پر شده گزارش بازرسی با مواد نافذ

در صفحه بعد یک فرم گزارش بازرسی پر شده با مواد نافذ را مشاهده می‌کنید.

مواد نافذ قابل شست‌وشو با حلال(Solvent Removable): مواد نافذی هستند که ابتدا پارچه را به حلال آن آغشته و سپس سطح نمونه با آن تمیز می‌شود. از این مواد اغلب برای قطعات کوچک‌تر و یا خارج از آزمایشگاه استفاده می‌شود و از نوع قابل شست‌وشو با آب حساس‌تر می‌باشد. توجه داشته باشید که از پاشش این حلال روی نمونه، به‌دلیل امکان شستن ماده نافذ در نواقص سطحی پرهیز گردد.



شکل ۱۰ـ۴ـ حذف مایع نافذ به کمک دستمال و حلال

مواد نافذ قابل شست‌وشو پس از معلق‌سازی (Post – Emulsifiable): مواد نافذی هستند که در دو مرحله تمیز می‌شوند، ابتدا پس از گذشت زمان ماندگاری ماده نافذ روی سطح، یک مایع معلق‌ساز روی آن زده می‌شود و پس از گذشت زمانی معین، با آب شسته می‌شوند.

توجه

زمان ماندگاری ماده تعلیق‌ساز طبق دستورالعمل سازنده ماده اجرا شود (معمولاً حدود ۵ دقیقه می‌باشد) در غیراین صورت ممکن است مواد نافذ درون نقص نیز شسته شود.

این نوع مواد اغلب جهت قطعات حساس‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ Penetrant Testing Report Form			
۱	Report No: شماره گزارش	هنرستان فنی	Employer:کارفرما
۹۶/۳/۱۸	Date: تاریخ	۲۰	Dwell time: زمان اسکان مایع نافذ
تر ـ حلال	Developer: نوع آشکارساز	مرئی ـ قابل شست‌وشو با آب	Penetrant type : نوع مایع نافذ
جوشکاری	Process: فرایند ساخت	جوش لب به لب تخت	Part name: نام نمونه
Scheme شکل نمونه	—		

ITEM	Code of component کد نمونه	DEFECT TYPE نوع نقص	REJECT مردود	ACCEPT قبول
۱	P-1	ترک ستاره‌ای	—	—
۲	—	—	—	—
۳	—	—	—	—
۴	—	—	—	—
۵	—	—	—	—

تاریخ	تأییدکننده ACCEPTED BY	بازرس OPERATOR
۹۶/۳/۱۸		

فرم شماره ۱ـ فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ پر شده

فرم پر نشده گزارش بازرسی با مواد نافذ برای کارهای کارگاهی ـ آزمایشگاهی
این فرم پس از هر بار انجام کار بازرسی P.T باید پر شود.

فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ Penetrant Testing Report Form			
Employer:کارفرما		Report No: شماره گزارش	
Dwell time: زمان اسکان مایع نافذ		Date: تاریخ	
Penetrant type : نوع مایع نافذ		Developer: نوع آشکارساز	
Part name: نام نمونه		Process: فرایند ساخت	
Results Scheme شکل نمونه			

ITEM	Code of component کد نمونه	DEFECT TYPE نوع نقص	REJECT مردود	ACCEPT قبول
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				

بازرس OPERATOR	تأییدکننده ACCEPTED BY	تاریخ

فرم شماره ۲ـ فرم پر نشده گزارش بازرسی با مواد نافذ برای کارهای کارگاهی ـ آزمایشگاهی

تمرین

در شکل صفحه بعد یک میل لنگ با روش مواد نافذ بازرسی شده است. شرح مراحل را در مقابل هر عکس بنویسید. نام روش نافذ انجام پذیرفته چیست؟ (.....)

جدول ۹ـ۴

ردیف	تصاویر مربوط به مراحل تست	شرح مرحله تست
۱		
۲		
۳		
۴		تمیزکاری با حلال
۵		
۶		

کارگاهی آزمایشگاهی ۶

بازرسی دو مقطع یک شمش

(هر دو نفر به‌عنوان یک گروه می‌توانند در انجام این آزمایش شرکت نمایند)

۱ـ تجهیزات و مواد مصرفی:

- شمش یا یک لوله توپر از جنس آلومینیم
- اسپری تمیزکننده قطعه
- اسپری مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلّال از نوع مرئی
- اسپری مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلّال از نوع فلورسانس

- اسپری آشکارساز
- اسپری حلّال مواد نافذ
- پارچه تمیزکننده
- قلم‌مو
- مارکر
- فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ

دستور کار: قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی موردنیاز برای کار که شامل ماسک، محافظ چشم و گوش، دستکش، لباس‌کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید:

- ابتدا بخشی از قطعه آلومینیومی را به‌وسیله اره برش‌کاری کنید.
- سطح دو مقطع حاصله را با حلّال تمیز کنید.
- با استفاده از یک قلم‌مو، یک سطح آماده شده را با ماده نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلّال از نوع مرئی، پوشش دهید.
- در مرحله بعد نمونه دوم را با استفاده از قلم‌مو و مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلّال و از نوع فلورسانس پوشش دهید.
- پس از گذشت زمان اسکان (۱۰دقیقه) قطعه را با استفاده از پارچه مناسب و حلّال تمیز و خشک نمایید.
- ماده آشکارساز را بر روی سطح نمونه بپاشید.
- قطعات را پس از ۵ دقیقه زیر نور معمولی و فرابنفش بازرسی نمایید.
- نقص‌ها را علامت‌گذاری کنید.
- نتایج را در فرم بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.
- آیا تفاوت محسوسی در این دو نوع بازرسی مشاهده کردید؟ نتایج را در فرم بنویسید.

کار کلاسی

ویژگی‌های ذکر شده مواد نافذ در جدول را، در ستون مربوطه با علامت ضربدر مشخص کنید.

جدول ۱۰ـ۴

مایع نافذ فلورسنت Fluorescent Penetrants	مایع نافذ مرئی Visible penetrants	ویژگی Specification
		برای انجام تست به نور معمولی نیاز دارد.
		برای انجام تست به نور فرابنفش نیاز دارد.
		در هنگام تست، محیط باید تاریک باشد.
		در هنگام تست، محیط باید روشن باشد.
		برای تست قطعات حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد.
		مایع نافذ به صورت قرمز رنگ است.
		رنگ مایع نافذ فسفری است.

آشکارسازها (Developers)

پس از تمیزکاری مواد نافذ از روی سطح نمونه و خشک‌کردن آن باید از آشکارساز استفاده شود. نقش آشکارساز بیرون کشیدن مواد نافذ حبس شده در نقص، به سطح نمونه و پخش آن روی سطح می‌باشد. آشکارساز به خاطر داشتن رنگ سفید می‌تواند زمینه خوبی برای نشان دادن نقص رنگی حاصل از مواد نافذ باشد؛ لذا باعث افزایش دید و وضوح می‌گردد.

انواع آشکارساز

آشکارساز خشک[1] معمولاً این نوع آشکارساز به‌صورت پودر تولید می‌شود. این نوع آشکارساز بایستی روی قطعات خشک اعمال گردد، اما از حساسیت لازم برای بازرسی قطعات حساس برخوردار نمی‌باشد.

آشکارساز تر[2] این نوع آشکارساز پس از مرحله زدودن مواد نافذ اعمال می‌گردد. ممکن است از نوع محلول در آب و یا به‌صورت معلق در آب باشد. این نوع آشکارساز برای قطعات حساس توصیه نمی‌شود. این نوع آشکارساز معمولاً در خطوط بازرسی با مواد نافذ و به‌صورت مخزنی استفاده می‌شود.قطعات در مایع آشکارساز غوطه‌ور و پس از خشک‌کردن بازرسی می‌گردند.

آشکارساز تر با پایه حلّال[3] این نوع آشکارساز از حساسیت بیشتری نسبت به انواع ذکر شده فوق می‌باشد. سریع‌تر خشک می‌شود و برای هر دو نوع ماده نافذ از نوع مرئی و فلورسانس موجود می‌باشد.

در جدول روبه‌رو انواع آشکارساز را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱۱ـ۴ـ انواع آشکارسازها

۱	آشکارساز پودر خشک	
۲	آشکارساز حل شده در آب	
۳	آشکارساز معلق در آب	
۴	آشکارساز با پایه غیرآبی یا حلّال	

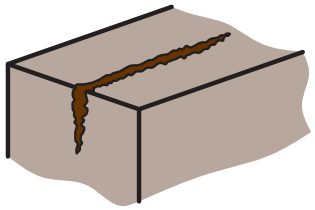
۱ـ Dry Developer ۲ـ Wet Developer ۳ـ Wet Solvent Developer

بازرسی (Inspection)

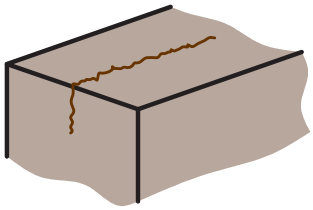
پس از گذشتن زمان ماندگاری ماده آشکارساز، نمونه مورد بازرسی قرار می‌گیرد.
قطعه بستگی به نوع ماده نافذ استفاده شده (مرئی یا فلورسانس) در زیر نور مناسب قرار گرفته و مورد بازرسی قرار می‌گیرد. نواقص شناسایی شده بر روی نمونه با مارکر علامت زنی شده و نتایج بازرسی در فرم مربوطه ثبت می‌گردند.

علایم نقص

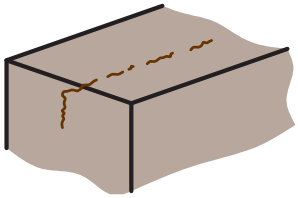
در بازرسی با مواد نافذ ممکن است نواقص به‌صورت گرد یا خطی مشاهده شوند. عیوب حفره‌ای معمولاً به‌صورت گرد دیده می‌شوند. ترک و سایر نواقص مشابه به‌صورت خطی یا منقطع دیده می‌شوند. در شکل‌های زیر چگونگی نواقص را در مرحله بازرسی مشاهده می‌کنید.



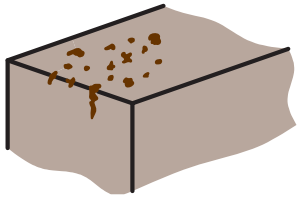
ترک نسبتاً باز



ترک با پهنای بسیار کم (بسته)



نقص نیمه بسته

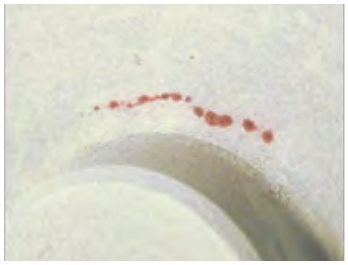


نواقص ریز و درشت گرد

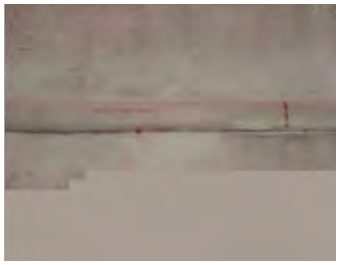
در شکل‌های زیر تصاویر واقعی از ترک طولی و عرضی کم عمق، حفره یا تخلخل و ترک سراسری عمیق را مشاهده می‌کنید.



ترک سراسری نسبتاً عمیق



تخلخل



ترک‌های طولی و عرضی کم‌عمق

شکل ۱۱ـ۴ـ انواع نقص

نشانه‌های نامربوط

ممکن است نشانه‌هایی را بر روی نمونه ببینیم که در واقع نقص نباشند. در داخل رزوه و شیارها یا بر روی قطعه ممکن است به علت تمیزکاری ضعیف، علایم نامربوط دیده شود. چنانچه مجدداً این نشانه‌ها را پس از تمیزکاری با پارچه و استفاده از آشکارساز مشاهده نکنیم، علایم نامربوط می‌باشند.

کار کلاسی

مشخص نمایید کدام‌یک از عوامل قیدشده در جدول زیر (۱۲ـ۴) در بروز علایم غیر مرتبط، تأثیرگذار نمی‌باشد.

جدول ۱۲ـ۴

متغیرات	تأثیر	
	دارد	ندارد
عدم تمیزکاری و برداشتن اکسیدهای سطحی و لکه‌های چربی		
استفاده از مایع نافذ زیاد بر روی سطح		
باقی ماندن ماده نافذ درون رزوه و شیار		
آغشته بودن دست بازرس به مایع نافذ در هنگام بازرسی		

مزایا و محدودیت‌های بازرسی با مایعات نافذ

بازرسی با مایعات نافذ دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشد که در جدول (۱۳ـ۴) آورده شده است.

جدول ۱۳ـ۴

مزایای بازرسی با مایعات نافذ (Advantages)	محدودیت بازرسی با مایعات نافذ (Disadvantages)
این روش بازرسی حساسیت زیادی به ناپیوستگی‌های ریز سطحی دارد.	فقط می‌تواند ناپیوستگی‌هایی که به سطح راه دارند را شناسایی کند.
بازرسی انواع فلزات آهنی و غیرآهنی و سایر مواد	موادی که ساختار متخلخل داشته باشند را نمی‌توان بازرسی کرد.
ارزان	مضر برای چشم و پوست
توانایی در بازرسی سطوح پیچیده	عیب بزرگ‌تر از حد واقعی نشان داده می‌شود.
نسبتاً آسان و قابل‌حمل	باقی ماندن مواد نافذ روی قطعات ممکن است ایجاد خوردگی کند.

کار کلاسی

مراحل انجام بازرسی مایعات نافذ با تصاویر واقعی در جدول ۱۴ـ۴ آمده است، قسمت‌های خالی را پر کنید.

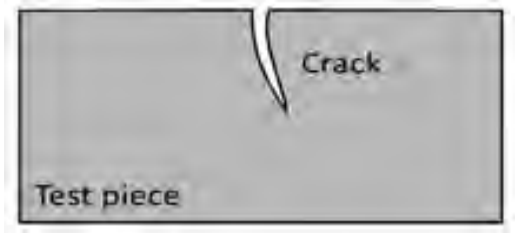
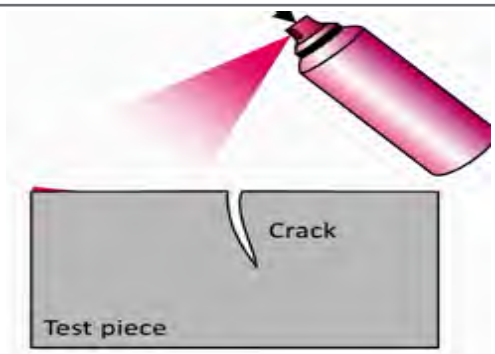
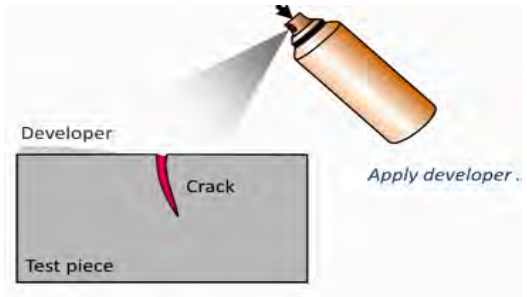
جدول ۱۴ـ۴

ردیف	عنوان مرحله تست	تصویر انجام مراحل تست	هدف انجام این مرحله	روش انجام
۱	تمیزکردن سطح نمونه			تمیزکاری مکانیکی، شیمیایی یا آب و صابون
۲			نفوذ مایع درون ناپیوستگی‌های احتمالی	اسپری کردن روش غوطه‌وری استفاده از قلم‌مو
۳	زمان اسکان			به کمک زمان‌سنج
۴	حذف مایع نافذ اضافی			ـ شست‌وشو با حلّال ـ با استفاده از آب ـ شست‌وشو با آب بعد از معلق‌سازی
۵	اعمال آشکارساز			آشکارساز تر یا خشک
۶			بررسی علائم ظاهر شده در مرحله آشکارسازی	ـ با چشم غیر مسلح ـ با استفاده از ذره‌بین ـ با استفاده از نور فرابنفش ـ یادداشت در فرم‌های مخصوص

کار کلاسی

با توجه به جدول قبل، اعداد جلوی تصاویر را در محل مناسب در ردیف اول قرار دهید.

جدول ۱۵ـ۴

	آشکارسازی از مراحل تست مایعات نافذ می‌باشد، این مرحله سبب بیرون کشیدن مایع نفوذ کرده به درون عیب می‌شود.	۱	
	تمیزکاری ابتدای انجام بازرسی باعث پاک شدن آلودگی‌ها از روی سطح قطعه شده و امکان نفوذ مایع نافذ به درون عیب را برای مایع نافذ فراهم می‌کنند.	۲	
	پوشش‌های سطحی بر روی قطعات سبب بسته‌شدن دهانه عیوب شده و از نفوذ ماده نافذ به درون قطعات جلوگیری می‌کنند.	۳	
	بازرسی غیر مخرب یکی از روش‌های کنترل کیفیت می‌باشد که بدون آسیب‌رساندن به قطعات می‌تواند از سالم بودن یا معیوب بودن ما را آگاه سازد.	۴	
	دومین مرحله از تست مایعات نافذ اعمال (**Penetrant**) بر روی سطح قطعه کار می‌باشد که می‌تواند به صورت اسپری یا با کمک قلم مو یا روش غوطه‌ورسازی قطعه به درون مایع نافذ انجام شود.	۵	

کار کلاسی

در جدول ۱۶ـ۴ کدام تصویر، مزایا و کدام تصویر، محدودیت روش بازرسی با مواد نافذ را نشان می‌دهد؟

جدول ۱۶ـ۴

		
نشان دادن فقط عیوب سطحی	نشان دادن یک ترک بسته	بازرسی مواد متخلخل
۳	۲	۱

مواد قابل بازرسی با مایعات نافذ

به غیر از مواد متخلخل یا موادی که مایع نافذ در آن خوردگی ایجاد کنند، اکثر مواد را می‌توان با این روش بازرسی نمود.

کار کلاسی

الف) تعیین کنید کدام مواد قابلیت بازرسی با روش مواد نافذ را دارد و کدام یک ندارد.

جدول ۱۷ـ۴

نام مواد	قابلیت P.T
فلزات (آلومینیوم، مس، استیل تیتانیم و...)	
شیشه	
پلاستیک‌ها	
کوزه بدون لعاب	
چوب	

ب) کدام یک از عیوب مندرج در جدول زیر قابلیت شناسایی با روش P.T را دارد؟

جدول ۱۸ـ۴

عیوب	Defects	قابلیت بازرسی
انواع ترک‌های سطحی	Surface cracks	
حفره و تخلخل سطحی در جوش	Porosity	
بریدگی کناره جوش	Under cut	
عدم هم ترازی	low-Hi	
ترک‌های زیر سطحی	Under bead crack	

کارگاهی آزمایشگاهی ۷

بازرسی با مواد نافذ دو نمونه از ورق جوشکاری شده چدنی با حالت تخت

هدف: مقایسه کارایی مواد نافذ مرئی و فلورسانس در شناسایی ترک‌های حاصل از سنگ زنی

۱ تجهیزات و مواد مصرفی

- دو عدد ورق چدنی به ابعاد تقریبی ۱۲۰× ۵۰ × ۱۰میلی‌متر و الکترود جوشکاری شماره ۴ چدن.
- اسپری تمیزکننده قطعه
- اسپری مواد نافذ از نوع مرئی و فلورسانس قابل تمیزکاری با حلال یا آب (هر دو از یک نوع باشند)
- اسپری آشکارساز مربوطه
- اسپری حلال مواد نافذ در صورت نیاز
- پارچه تمیزکننده
- قلم مو
- مارکر
- فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ

دستور کار:

توجه: قبل از شروع به کار از تجهیزات ایمنی و پوشش لازم استفاده کنید.

- ابتدا دو قطعه موجود را در کنار هم مونتاژ کنید (با رعایت مسائل ایمنی و پوشش مناسب).
- سپس قطعه را با راهنمایی هنرآموز خود جوشکاری کنید (بدون رعایت پیش گرم).
- پس از سرد شدن نمونه، سطح جوشکاری شده آن‌را با استفاده از سنگ‌فرز با سطح فلز پایه صاف و هم‌تراز کنید.
- سپس آن را از قسمت عرض به دو نمونه مساوی تقسیم و برش بزنید.
- هر دو قطعه را با حلال تمیز کنید.
- سپس با استفاده از یک قلم مو، مواد نافذ مرئی را به سطح آماده شدهٔ یکی از نمونه‌های آماده اعمال کنید.
- در مرحله بعد سطح نمونه دوم را با مواد نافذ فلورسانس با یک قلم موی دیگر پوشش دهید.
- پس از گذشت زمان اسکان (۱۰ دقیقه) قطعات را با استفاده از روش مناسب تمیز و خشک نمایید.
- ماده آشکارساز را بر روی هر دو سطح نمونه بپاشید.
- قطعات را پس از ۵ دقیقه یکی را زیر نور معمولی و دیگری را زیر نور ماوراءبنفش بازرسی کنید.
- نقص‌ها را علامت‌گذاری کنید.
- نتایج را در فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ گزارش کنید.

آیا تفاوت محسوسی در شناسایی نقص‌ها (از نظر اندازه) در دو نمونه بازرسی شده با مواد نافذ مرئی و فلورسانس مشاهده کردید؟ توضیح دهید.

انتخاب نوع روش بازرسی با مواد نافذ (Selection of a penetrant testing technique)

مسئله مهم در بازرسی مایعات نافذ درست انتخاب کردن روش بازرسی است. عوامل مؤثر در انتخاب یک‌روش عبارت‌اند از:

- حساسیت مورد نیاز کار
- تعداد قطعات و حجم قطعات
- چگونگی سطح (زبر یا صاف)

کار کلاسی

با توجه به جدول ۱۹ـ۴ برای هریک از موارد جدول ۲۰ـ۴ تکنیک مناسب بازرسی را انتخاب کنید.

جدول ۱۹ـ۴

مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو با آب	مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو با آب
مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو با حلال	مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو با حلّال
مواد نافذ مرئی قابل شست‌وشو پس از تعلیق‌سازی	مواد نافذ فلورسانس قابل شست‌وشو پس از تعلیق‌سازی

جدول ۲۰ـ۴

ردیف	نوع فعالیت	پیشنهاد تکنیک مناسب بازرسی
۱	قطعات فولادی جوشکاری با سازه معمولی اما سطوح پیچیده	
۲	جوشکاری مخازن تحت فشار	
۳	بازرسی از دو قطعه نسبتاً کوچک بر روی یک دستگاه در حال سرویس‌دهی با حساسیت کم	

مواد وتجهیزات مورد نیاز برای انجام تست با مایعات نافذ:

در جدول زیر لیست تجهیزات مورد نیاز جهت آماده‌سازی یک آزمایشگاه کوچک بازرسی آورده شده است.

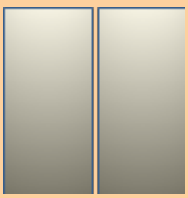
جدول ۲۱ـ۴

۱	مایع نافذ (Penetrant)	مایع نافذ قابل شست‌وشو با آب Water - Washable
		مایع نافذ قابل شست‌وشو با حلال Solvent Removable
		مایع نافذ معلق‌شونده و قابل شست‌وشو با آب Post - Emulsifiable
		امولسیون‌ساز ماده نافذ
۲	آشکارساز (Developer)	آشکارساز پودر خشک Dry Powder
		آشکارساز با پایه حلال SOLVENT DEVELOPER
۳	تمیز کننده حلال(Solvent Remover)	حلال پایه نفتی
۴	تجهیزات	
	ذره بین	با بزرگ‌نمایی ۱۰ برابر
	چراغ فرابنفش	برای انجام آزمایش با مایعات نافذ فلورسنت
	ماژیک مخصوص علامت‌گذاری	برای مشخص نمودن محل عیوب کشف‌شده
	چراغ قوه	برای بررسی دقیق‌تر موضعی نقص
	دستگاه سنجش شدت فرابنفش	برای تست نور فرابنفش مورد استفاده در بازرسی با مایعات فلورسنت
	خط ثابت بازرسی	در صورت زیاد بودن نمونه‌ها و تولید سری
	وسایل تمیزکاری	برای پاک‌کردن مواد نافذ از روی سطح قطعه

نکته

در هنگام خریداری مواد نافذ دقت شود که این مواد از شرکت‌های معتبر که دارای کدهای استاندارد می‌باشند، خریداری شوند.

کارگاهی



تولید نمونه جوشکاری شده دارای چاله جوش، در وضعیت تخت
(هر دو نفر به عنوان یک گروه می‌توانند در انجام این آزمایش شرکت نمایند)

هدف: ایجاد نقص چاله جوش پر نشده و تشخیص ترک ستاره‌ای با انجام آزمایش مایعات نافذ.

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری و برشکاری که شامل ماسک جوشکاری، محافظ چشم وگوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید:

۱ **تجهیزات فنی:** دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده همراه حفاظ ایمنی مناسب ـ تجهیزات برشکاری

۲ **مواد مورد نیاز:** الکترود E6013 با قطر ۴ میلی‌متر ـ دو تکه قطعه فولادی با ضخامت ۶ یا ۱۰ میلی‌متر با طول ۱۰۰ میلی‌متر و عرض ۳۰ میلی‌متر یا بیشتر.

ابتدا دو قطعه را با یک گیره دستی کنار هم قرار دهید، سپس جوشکاری را بر روی قطعه اصلی انجام دهید.

در انتهای کار، جوشکاری را به حالتی که چاله جوش ایجاد شود به پایان برسانید:

در حالی که چاله جوش پر نشده است بدون مکث جوشکاری را قطع کنید.

از جوشکاری به عقب پرهیز نموده تا چاله جوش ایجاد شود.

قطعه را در آب سرد خنک کنید.

قطعه را پس از تمیزکاری با روش مایع نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال بازرسی کنید.

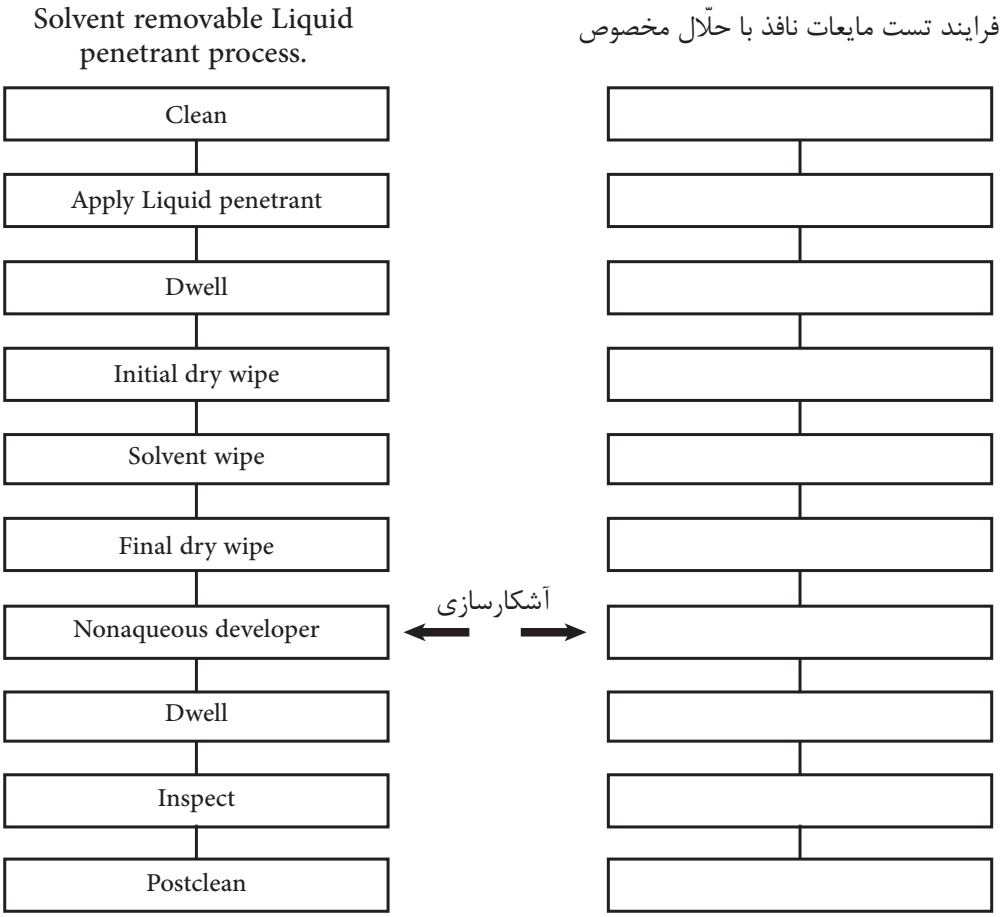
الف) دیاگرام شاخه‌ای از بازرسی انجام پذیرفته را رسم و مراحل کامل بازرسی را در آن ثبت کنید.

(یک نمونه دیاگرام در همین بخش موجود می‌باشد)

ب) نتایج بازرسی را با کشیدن تصویر نمونه و شکل نقص در فرم گزارش ثبت کنید.

ج) اندازه ترک‌ها را مشخص کنید.

دیاگرام مراحل بازرسی با مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال



ارزشیابی شایستگی‌های پودمان ۴ : بازرسی با مایعات نافذ

شرح کار : بازرسی دو نمونه جوشکاری شده با مواد نافذ از نوع مرئی و فلورسانس

استاندارد عملکرد:

بازرسی قطعات با استفاده از مواد نافذ جهت شناسایی عیوب سطحی و یا راه یافته به سطح برابر مرجع استاندارد

- تمیز کاری
- اعمال مواد نافذ ،اعمال ماده آشکار ساز
- بازرسی و شناسایی نواقص
- ثبت عیوب شناسایی شده با مارکر + استاندارد
- تکمیل فرم بازرسی با مواد نافذ

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

ماده نافذ ، آشکار ساز ،نمونه جوشکاری شده معیوب ،مایع تمیز کننده (حلال)، چراغ فرابنفش، مارکر و فرم گزارش بازرسی
گیج جوشکاری ،مارکر و فرم بازرسی چشمی

مدت زمان : (۲ساعت)

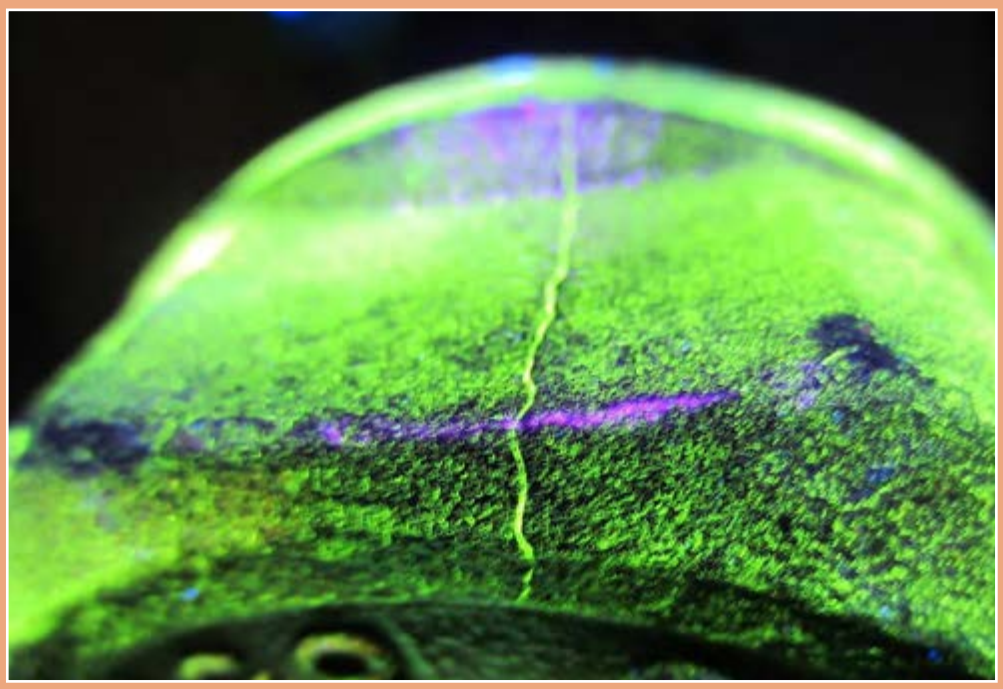
معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تمیز کاری	۱	
۲	اعمال ماده نافذ و رعایت زمان اسکان	۱	
۳	اعمال ماده آشکار ساز	۱	
۴	بازرسی وشناسایی نواقص	۲	
۵	ثبت نتایج و گزارش	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: **رعایت نکات ایمنی شامل**: پوشیدن ماسک جوشکاری، دستکش، کفش ایمنی، پیش‌بند، کلاه ایمنی، مدیریت دور ریز (پس ماند الکترود، گل جوش و قطعه کار)، مسئولیت پذیر بودن در انجام وظایف محوله		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

پودمان ۵

بازرسی با ذرات مغناطیسی



بازرسی با ذرات مغناطیسی یک روش بازرسی از نوع غیر مخرب می‌باشد. این روش برای بازرسی قطعات آهنی از نوع فرو مغناطیس می‌باشد. فرومغناطیس به موادی گفته می‌شود که به مغناطیس تبدیل می‌شوند یا به گونه ای قوی جذب میادین مغناطیسی می‌گردند.با این روش می‌توان ناپیوستگی‌های سطحی و بسیار نزدیک به سطح را با سرعت و حساسیت بالا با هزینه مناسب انجام داد.

واحد یادگیری ۵

آزمون ذرات مغناطیسی (MT)

مقدمه

در پودمان‌های گذشته با چگونگی بازرسی‌های چشمی و مواد نافذ آشنا شدید. در این فصل اصول اولیه بازرسی جوش با ذرات مغناطیسی، روش‌ها، ابزار و تجهیزات، محدودیت و مزایا و مغناطیس‌زدایی را فرا خواهید گرفت.

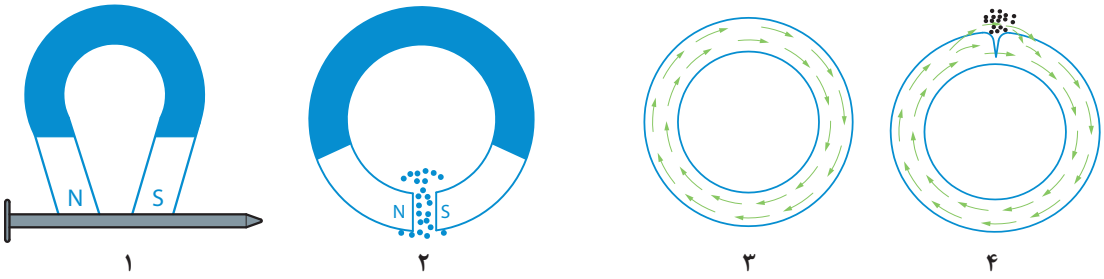
در سال ۱۸۶۸ برای اولین بار این روش به کار گرفته شد. لوله توپ مغناطیس شده سپس با استفاده از یک قطب‌نما به بازرسی نواقص لوله توپ، می‌پرداختند. در این روش عقربه قطب‌نما در محل نقص و به علت نشتی مغناطیس به حرکت در می‌آمد. درسال ۱۹۲۰ اصول اولیه این روش با مشاهده شکل نقص روی صفحه مغناطیس که با جذب ذرات ریز آهنی شکل گرفته بود توسط ویلیام هوک کشف گردید. از سال ۱۹۳۰ این روش به‌صورت استاندارد، در صنعت به‌کار گرفته شد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد و کسب شایستگی لازم در بازرسی با ذرات مغناطیسی، هنرجویان قادر خواهند بود با استفاده از ابزار مناسب، در مراحل مختلف جوشکاری، قطعات به‌ویژه قطعات جوشکاری شده را در سطح هنرستان بازرسی، ارزیابی و گزارش نمایند.

اصول بازرسی با ذرات مغناطیس شونده

به تصاویر نگاه کنید، در مراحل ۱ الی ۴ چه اتفاقی افتاده است؟

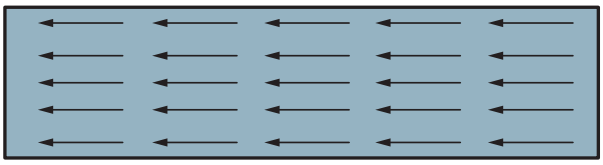


شکل ۱ـ۵

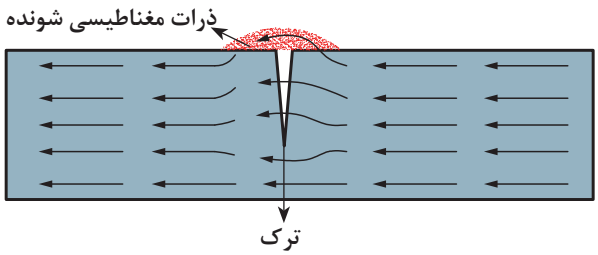
زمانی‌که یک نمونه از جنس فرو مغناطیسی مانند آهن در یک میدان مغناطیسی قوی قرار بگیرد یا جریان الکتریکی از آن عبور نماید، به مغناطیس تبدیل می‌شود.

چنانچه نواقصی سطحی یا زیر سطحی (عمود بر خطوط میدان) در این نمونه وجود داشته باشد، در میدان مغناطیسی گرفتار و باعث فشار و انتقال بخشی از میدان به سطح نمونه می‌گردد. به این حالت نشت میدان گفته می‌شود. حال چنانچه ذرات بسیار ریز آهنی (معمولاً میکروسکوپی) روی سطح پاشیده شود، جذب نشت مغناطیسی گردیده و شکل نقص را به خود می‌گیرد.

در شکل ۲ـ۵ خطوط میدان را یک نمونه بدون نقص و در شکل ۳ـ ۵ یک نمونه دارای نقص را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ـ۵ـ خطوط میدان مغناطیسی (MAGNETIC FIELD LINE) یک نمونه بدون نقص



شکل۳ـ۵ یک نمونه ترک دار، ذرات را به خود جذب کرده است

در شکل ۳ـ۵ مشاهده می‌کنید که ترک باعث ایجاد قطب شمال مغناطیسی (N) و جنوب مغناطیسی(S) نیز گردیده که باعث جذب ذرات میکروسکوپی آهنی می‌گردد.

جریان برق ــ بازرسی

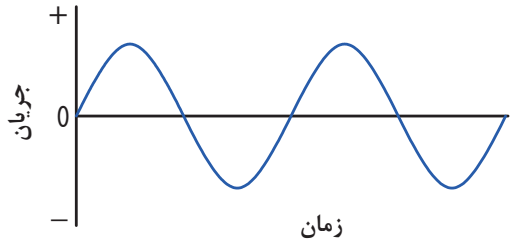
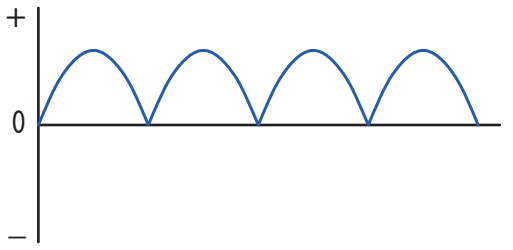
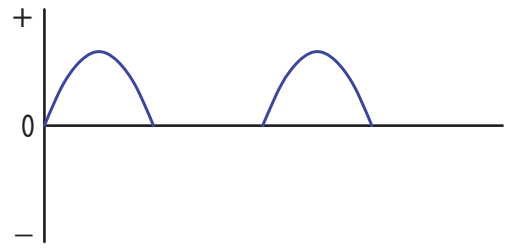
در مغناطیس کردن نمونه‌ها از دو روش می‌توان بهره برد:

- استفاده از یک مغناطیس دائم و قوی (این روش کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد).
- استفاده از جریان برق و به‌وسیله تجهیزات مغناطیس کننده.

جریان مورد استفاده در بازرسی ممکن است اغلب از جریان مستقیم DC،[۱] جریان متناوب AC[۲] و یا جریان نیم‌موج مستقیم HWDC[۳] استفاده شود.

جریان متناوب در بازرسی عیوب سطحی،جریان مستقیم اغلب جهت شناسایی نواقص زیر سطحی و جریان نیم‌موج به علت ایجاد لرزش در قطعات ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل زیر انواع موج‌های ذکر شده را مشاهده می‌کنید. با توجه به متن بالا نوع امواج را در جدول زیر مشخص کنید.

جدول ۱ــ۵ــ انواع موج

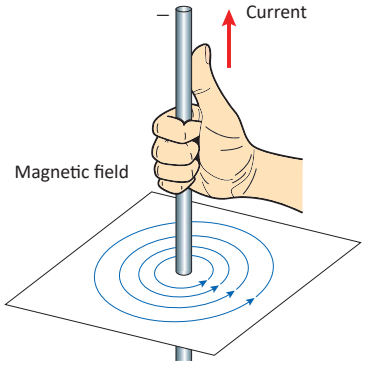
تصویر موج	نوع جریان
	جریان متناوب
	
	

۱ـ Direct Current ۲ـ Alter Natin Current ۳ـ Half Wave Direct Current

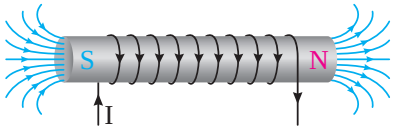
انواع میدان مغناطیسی

۱ میدان مغناطیسی دورانی (CIRCULAR FIELD)

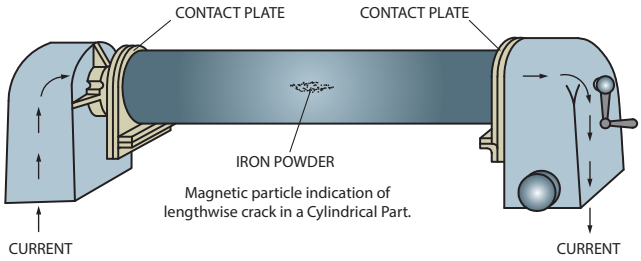
چنانچه جریان برق برای مغناطیس نمودن نمونه از درون آن عبور نماید، یک میدان تحت عنوان میدان دورانی در آن ایجاد می‌نماید (قانون دست راست).در این حالت نواقص عمود بر میدان یعنی عیوب طولی با کیفیت بهتری شناسایی خواهند شد.



شکل ۴ـ۵ـ قانون دست راست



شکل ۵ـ۵ـ میدان دورانی (circular field)

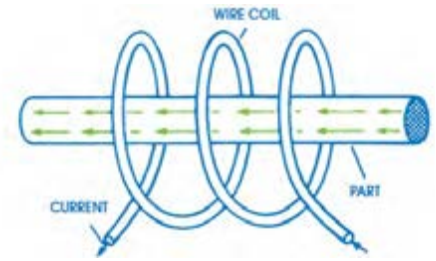


شکل ۶ـ۵ـ میدان مغناطیسی دورانی و شناسایی نواقص طولی

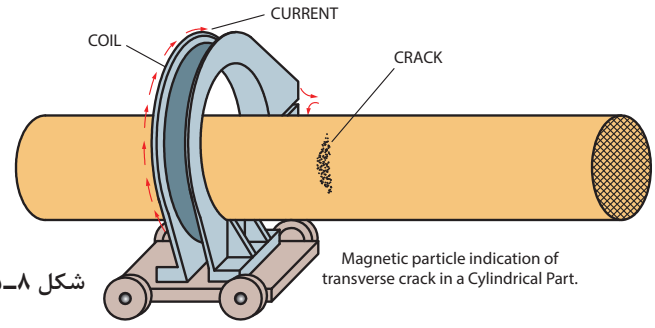
۲ میدان مغناطیسی خطی (LONGITUDINAL FIELD)

درحالی‌که جریان برق توسط دستگاه یا کابل حامل جریان از سطح خارجی به نمونه تحت بازرسی اعمال گردد نوعی میدان در نمونه ایجاد می‌گردد که به میدان خطی معروف است (قانون دست راست).

در این حالت ناپیوستگی‌های عمود بر میدان یعنی نواقص عرضی با کیفیت بهتری مورد شناسایی قرار می‌گیرند.

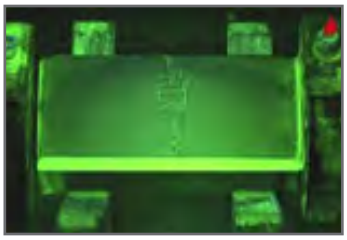


شکل ۷ـ۵ـ میدان مغناطیسی خطی

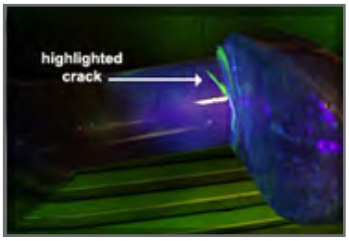


شکل ۸ـ۵ـ نشان دادن نقص عرضی با ذرات جذب شده

در شکل‌های زیر مشخص کنید چه نوع میدانی در شناسایی نواقص به کار گرفته شده است.



.....



.....



.....

شکل ۹ـ۵

تمرین

مشخص کنید کدام یک از مواد زیر دارای خاصیت مغناطیس‌پذیری می‌باشند؟

چدن	آهن	مس	نیکل	سرب	آلومینیوم	فولاد زنگ‌نزن
			ندارد			

محاسبه میزان جریان

چنانچه از تجهیزاتی استفاده شود که نیاز به تنظیم جریان داشته باشد به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

الف) محاسبه جریان در میدان دورانی:

جریان مورد نیاز جهت بازرسی در میدان دورانی به‌صورت $I = D \times 320 \sim 400$ محاسبه می‌گردد.

در این معادله:

I برابر با میزان جریان برحسب آمپر دور

D برابر با قطر نمونه (قطر متوسط) معمولاً برحسب میلی‌متر

۳۲۰~۴۰۰ یعنی می‌توانید بستگی به نیاز و حساسیت، عددی بین ۳۲۰ الی ۴۰۰ را انتخاب نمایید.

مثال:

چنانچه قرار باشد یک نمونه آهنی به قطر ۴mm با روش ذرات مغناطیسی بازرسی شود،چه میزان جریان مورد نیاز می‌باشد؟

$I = D \times 320 \sim 400$

$I = 4 \times 320 = 1280$

$I = 4 \times 400 = 1600$

لذا میزان جریان می‌تواند بین ۱۲۸۰ الی ۱۶۰۰ آمپر انتخاب شود. این انتخاب بستگی به حساسیت نمونه دارد،یعنی چنانچه یک قطعه با کاربرد حساس باشد باید از ۱۶۰۰ آمپر استفاده شود.

تمرین

چنانچه قرار باشد یک نمونه جوشکاری شده آهنی به قطر ۲۵ میلی‌متر با روش ذرات مغناطیسی بازرسی شود، حداقل چه میزان جریان مورد نیاز می‌باشد.؟

ب) محاسبه جریان در میدان خطی:

جریان مورد نیاز جهت بازرسی در میدان خطی به‌صورت $N \times I = \frac{۲۲۰۰۰ \square ۴۵۰۰۰}{L/D}$ محاسبه می‌گردد.

در این معادله:

I برابر با میزان جریان برحسب آمپر دور

L برابر با طول نمونه برحسب میلی‌متر

N برابر با تعداد دور کابل پیچیده شده دور قطعه (در دستگاه‌های استاندارد معمولاً برابر۵ می‌باشد)

D برابر با قطر نمونه (قطر متوسط) معمولاً برحسب میلی‌متر

ضریب متغیر ۴۵۰۰۰~۲۲۰۰۰ یعنی می‌توانید بستگی به نیاز و حساسیت، عددی بین ۲۲۰۰۰ الی ۴۵۰۰۰ را انتخاب نمایید.

مثال:

در بازرسی با ذرات مغناطیسی از یک نمونه فولادی معمولی به طول ۲۰۰ میلی‌متر و قطر۲۰میلی‌متر از جریانی معادل ۴۴۰ آمپر دور استفاده شده است.تعداد دور کابل را به‌دست آورید.

$$N \times I = \frac{۲۲۰۰۰ \square ۴۵۰۰۰}{L/D}$$

$$N \times ۴۴۰ = \frac{۲۲۰۰۰}{۲۰۰/۲۰} \qquad N \times ۴۴۰ = ۲۲۰۰ \qquad N = \frac{۲۲۰۰}{۴۴۰}$$

$N=۵$

تمرین

در بازرسی با ذرات مغناطیسی از یک نمونه فولادی بسیار حساس به طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر۳ سانتی‌متر از ۵ دور کابل استفاده شده است. میزان آمپر را به‌دست آورید.

الف) ۵۰۰۰۰ ب) ۳۰۰۰ ج)۹۰۰۰ د) ۹۰۰

نکته

با توجه به بسیار حساس بودن نمونه از عدد بالای ضریب (۴۵۰۰۰) استفاده کنید.

تجهیزات و مواد مصرفی بازرسی

تجهیزات تست ذرات مغناطیسی

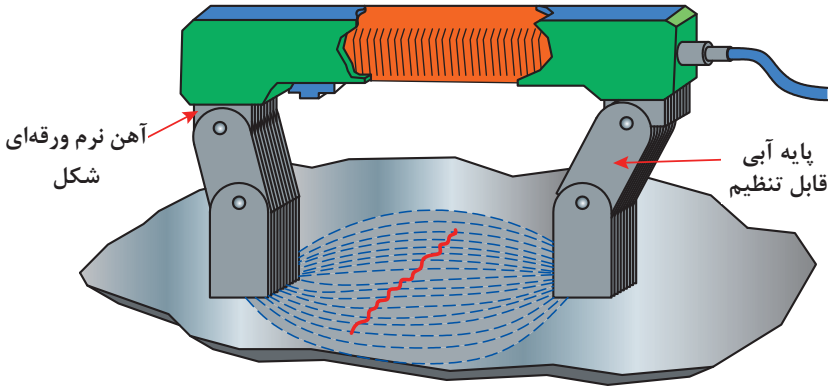
برخلاف بسیاری از آزمون‌های غیرمخرب، مواد، دستگاه‌ها و لوازم و تجهیزات متعددی در آزمون ذرات مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشتر این تعداد تجهیزات مربوط به روش مغناطیس کردن قطعه تحت آزمون می‌باشد.

یوک (Yoke)

یک وسیله راحت و قابل حمل بوده که طرفداران زیادی دارد. جنس دستگاه از آهن نرم که به‌صورت ورقه‌ای (soft iron laminated) درآمده‌اند ساخته شده است.

بازرسی با این وسیله به دو صورت امکان‌پذیر می‌باشد. ممکن است یوک روی نمونه قرار گیرد و یا نمونه در بین فک‌های متحرک دستگاه (adjustable legs) قرار گرفته و نمونه‌ها را مغناطیس نماید.

یک دستگاه یوک استاندارد ممکن است با جریان مستقیم یا متناوب کار کند. چنانچه دستگاه یوک با جریان مستقیم کار کند باید قادر باشد یک وزنه ۱۸ کیلوگرمی را هنگام روشن بودن از زمین بلند کند. در زمانی‌که از جریان متناوب استفاده می‌شود دستگاه در زمان روشن بودن باید قادر به بلند کردن یک وزنه آهنی به میزان ۴/۵ کیلوگرم باشد. در شکل چگونگی مشخص شدن جهت نقص را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۰ـ۵

دستگاه ثابت

این نوع دستگاه اغلب در آزمایشگاه‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه‌ها که معمولاً حدود ۱ الی ۵ متر ساخته می‌شوند شامل قسمت‌های بازرسی با میدان دورانی، خطی و قسمت مغناطیس‌زدایی می‌باشد. از ویژگی‌های این دستگاه بازرسی قطعات بزرگ صنعتی می‌باشد.



شکل ۱۱ـ۵ـ دستگاه ثابت بازرسی با ذرات مغناطیسی در حال بازرسی میل‌لنگ

Prod (تیزک)

وسیله‌ای است قابل حمل و نقل که میدان دورانی ایجاد می‌کند و با رکتیفایر مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر دستگاه شامل دودستک تیز از نوع هادی می‌باشد که قابل جابه‌جایی روی نمونه می‌باشد. این دستگاه ممکن است روی قطعات حساس جای جرقه باقی بگذارد، لذا باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد.
در شکل تجهیزات پراد نشان داده شده است.





شکل ۱۲ـ۵

لامپ ماوراء بنفش

هنگام استفاده از مواد فلورسنت، عملیات بازرسی در فضایی تاریک و زیر نور ماوراء بنفش که با این لامپ تولید می‌شود انجام می‌پذیرد.

میله رسانای مرکزی (Central Conductor)

یک هادی مستقیم (معمولاً مسی) می‌باشد که از آن جریان الکتریکی عبور کرده و میدان دورانی ایجاد می‌کند و قطعه تحت بازرسی آن را در بر می‌گیرد. این روش عموماً برای قطعات رینگی و توخالی نظیر چرخ‌دنده‌ها و بوش‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نشانگر جریان (Field indicator)

نشان دهنده میدان برای یافتن اینکه آیا در قطعه‌ای مغناطیس پس‌ماند وجود دارد یا خیر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱۳ـ۵

ذرات مغناطیسی

ذرات مغناطیسی عضو ثابت بازرسی در این روش می‌باشند. ذرات مغناطیسی ذراتی هستند که به شدت جذب قسمت‌های دارای نشت میدان مغناطیسی می‌شوند. ذرات مغناطیسی می‌توانند به‌صورت خشک یا تر در یک مایع مورد استفاده قرار گیرند. با ذرات مغناطیسی خشک معمولاً عمق بیشتری را می‌توان بازرسی نمود. جنس ذرات مغناطیسی اغلب از آهن و یا اکسید آهن می‌باشد.

اگر اندازه ذرات خیلی کم باشد حین بازرسی مانند غبار پراکنده می‌شوند و اگر اندازه این ذرات خیلی بزرگ باشد دیگر ترک‌ها و عیوب خیلی ریز را با آنها نمی‌توان شناسایی کرد. این ذرات مخلوطی از ذرات گرد و ذرات میله‌ای هستند. گاهی اوقات از ذرات رنگی استفاده می‌شود تا حساسیت برای انجام عملیات بازرسی بالاتر رود و عیوب راحت‌تر دیده شوند. استفاده از ذرات با غلظت کم برای اینکه امکان تشخیص عیوب ریز را از بین می‌برد، نامناسب است. همچنین اگر از ذراتی با غلظت بالا استفاده شود، امکان ماسک شدن عیوب ریز و یا کلوخه‌ای شدن ذرات وجود دارد. ذرات تر دارای حساسیت بالاتری هستند و برای آشکارسازی عیوب ریز و یا عیوب سطحی‌تر مناسب‌اند اگر ذرات به رنگ فلورسنت آغشته گردند در زیر تابش نور ماوراء بنفش به وضوح دیده می‌شوند.

مزایا و معایب ذرات‌تر

مزایای ذرات تر عبارت‌اند از:

- نواقص ریز را بهتر نشان می‌دهند.
- قطعات کوچک و متعدد را می‌توان سریع تر بازرسی کرد.
- سطح نمونه را به راحتی پوشش می‌دهد.
- مایع مجدداً قابل استفاده می‌باشد.

محدودیت‌های ذرات تر عبارت‌اند از:

- برای شناسایی نقص‌های زیر سطحی مناسب نمی‌باشند.
- مواد نفتی قابل اشتعال می‌باشند.

مزایا و معایب ذرات خشک

ذرات خشک به صورت پودر تولید می‌شوند. ذرات خشک مرئی هستند و در رنگ‌های قرمز، مشکی و خاکستری آماده می‌شوند

مزایای ذرات خشک عبارت‌اند از:

- برای شناسایی نقص‌های زیر سطحی مناسب می باشند.
- بیشتر با دستگاه‌های پرتابل استفاده می‌شوند.

محدودیت ذرات خشک عبارت‌اند از:

- برای شناسایی نقص‌های ریز سطحی مناسب نمی‌باشند.
- سرعت پخش کم روی سطح وکاهش سرعت بازرسی.



شکل ۱۴ـ۵

ذرات از نظر شکل میکروسکوپی

هر گاه ذرات را زیر میکروسکوپ مشاهده کنیم آنها را باید به دو صورت گرد و میله‌ای ببینیم.

ذرات گرد

هدف از وجود این نوع ذرات کمک به ایجاد لغزش کل ذرات روی سطح نمونه می‌باشد.

ذرات میله‌ای

این نوع ذرات به علت شکل خود سریع به یک آهنربای کوچک تبدیل و سریع جذب نقص در محل نشتی مغناطیسی می گردند.

ذرات از نظر نور بازرسی

در زمان پاشش ذرات و انجام بازرسی باید از نور مناسب با نوع ذرات استفاده شود.
چنانچه ذرات از نوع مرئی باشند، در نور مناسب معمولی مثلاً نور محیط یا زیر نور یک لامپ قابل مشاهده می‌باشند. اما چنانچه ذرات از نوع فلورسانس باشند نمونه باید زیر نور فرا بنفش مورد بازرسی قرار گیرد.

بازرسی با ایجاد زمینه سفید (White contrast method)

یک روش بازرسی با ذرات مرئی می‌باشد. در صنایع معمولا به صورت اسپری موجود می‌باشد که سفید رنگ است. این اسپری روی سطح پاشیده می‌شود تا یک زمینه سفیدی روی قطعه ایجاد نماید. ذرات آهن ربا شونده را که معمولاً مشکی رنگ است و به صورت اسپری در بازار موجود می‌باشد، روی سطح با زمینه سفید که مغناطیس گردیده می‌پاشند. ذرات مشکی رنگ روی ناپیوستگی‌ها متمرکز شده و نقص ها با وضوح خوبی نمایان می‌گردند. از خواص اصلی رنگ زمینه سفید می‌توان به هادی بودن ، قابلیت خشک شدن سریع و عدم حل شدن آن در مواد پایه نفتی را ذکر کرد.

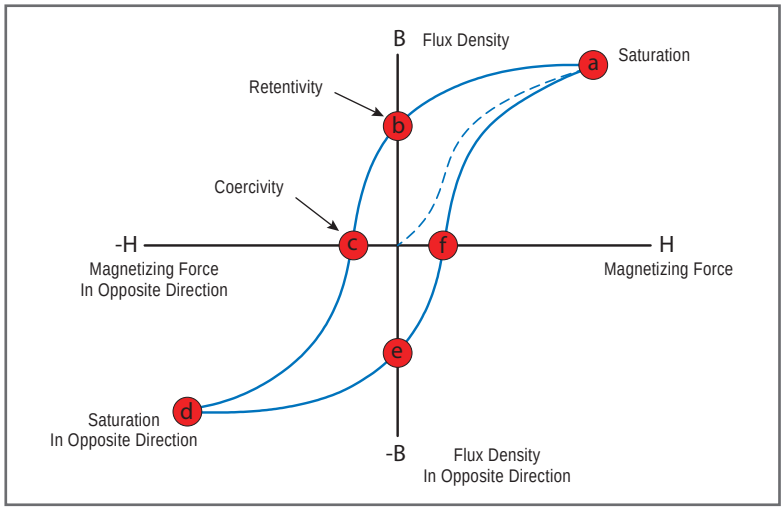
ذرات فلورسانس

ذراتی هستند که به علت دارا بودن ماده شفاف مخصوص، قطعه باید درزیر نور فرابنفش مورد بازرسی قرار گیرد. این نوع ذرات از حساسیت بیشتری نسبت به ذرات مرئی برخوردار می باشند ،لذاجهت بازرسی قطعات حساس تر و شناسایی نواقص کوچکتر مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع ذرات به صورت قوطی اسپری موجود یا ممکن است به صورت مایع تهیه شوند .

مغناطیس پس‌ماند چیست ؟

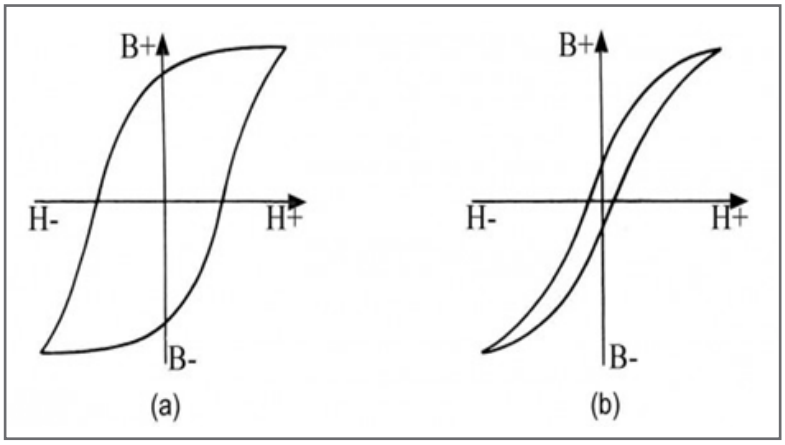
به منحنی مغناطیس(hystersys) در شکل صفحه بعد توجه کنید. منحنی دارای محور عمودی چگالی شار مغناطیسی (flux،density) و محور افقی نیروی محرکه مغناطیسی(magnetizing،force) می‌باشد. پس از اعمال جریان به یک نمونه فرو مغناطیسی مانند آهن نمونه در نقطه a از مغناطیس اشباع و با ادامه اعمال جریان نقشی نخواهد داشت. آنچه دانستن آن برای شما هنرجوی گرامی در بازرسی با ذرات مغناطیسی مهم می‌باشد، میزان مغناطیس پس ماند می‌باشد که در این منحنی b می‌باشد. هرچه میزان b بیشتر باشد، میزان مغناطیس پس‌ماند بیشتر و لذا در انتخاب تکنیک بازرسی مؤثر می‌باشد. چنانچه بر اساس شکل-میزان

پس‌ماند کم یا به نقطه صفر نزدیک باشد، پس از قطع جریان مغناطیس ناچیز در نمونه باقی مانده و لذا بازرسی پس از قطع جریان دقیق نمی‌باشد و یا اصولاً انجام نمی‌پذیرد.



شکل ۱۵ـ۵ـ حلقه هیسترسیس

به شکل زیر توجه کنید ، دو حلقه یا منحنی متفاوت را مشاهده می کنید . منحنی a دارای مغناطیس پس ماند مناسب اما منحنی b دارای مغناطیس پس ماند کمی می‌باشد .



شکل ۱۶ـ۵ـ منحنی هیسترسیس در دو نمونه با مغناطیس پس ماند زیاد (a) و کم (b)

در منحنی(a) به علت وجود مغناطیس کافی در نمونه با روش پس‌ماند (Residual Method) مورد بازرسی قرار می‌گیرد این در حالیست که در منحنی (b) به علت کم‌بودن مغناطیس پس‌ماند پس از قطع جریان، نمونه باید با روش مداوم (Continious Method) بازرسی شود. معمولاً نمونه‌های پر کربن دارای مغناطیس پس‌ماند بیشتری نسبت به فولادهای کم کربن هستند.

میزان مغناطیس پس‌ماند با دستگاه نشان دهنده میدان قابل تشخیص می‌باشد. میزان مغناطیس پس‌ماند کافی در نمونه را طراح و بستگی به حساسیت بازرسی تعیین می‌نماید.

نکته

مواد مغناطیسی نرم که معمولاً دارای شکل منحنی (b) می‌باشند راحت تر از مواد مغناطیسی سخت (a) مغناطیس می‌شوند و سریع مغناطیس خود را از دست می‌دهند. مواد مغناطیسی سخت به نیروی محرکه بیشتری نیاز دارند اما دارای نیروی وادارندگی (c) بیشتر بوده و مغناطیس پس‌ماند را مدت‌ها در خود حفظ می‌کنند.

تمرین

متناسب با تعاریف، شماره‌ها را در جای خود قرار دهید.

۱	عامل لغزندگی مایع بازرسی روی سطح نمونه می‌باشند.		بازرسی با ایجاد زمینه سفید
۲	روشی ایده‌آل برای بازرسی قطعات تیره می‌باشد.		ذرات مغناطیسی فلورسانس
۳	متناسب برای بازرسی نمونه‌های حساس است.		ذرات مغناطیسی گرد
۴	دارای مغناطیس پس‌ماند بالا می‌باشد.		فولاد آهنی نرم با پس‌ماند کم
۵	باید با روش مداوم بازرسی شود.		مواد مغناطیس شونده سخت
۶	برای بازرسی نواقص زیر سطحی مناسب است.		ذرات به شکل پودر خشک
۷	مناسب برای بازرسی نواقص ریز سطحی می‌باشد.		ذرات تر

مراحل بازرسی

– تأیید روش

در این مرحله اپراتور باید از فرو مغناطیس بودن نمونه مطمئن شود. برای این منظور معمولاً از یک آهن‌ربا استفاده می‌شود.

– انتخاب فاکتورهای بازرسی (نوع ومیزان جریان ـ تکنیک بازرسی)

تعیین روش بازرسی، تعیین میزان جریان و نوع ذرات در این مرحله تعیین می‌شود.

– آماده‌سازی نمونه و دستگاه

نمونه باید تمیز و عاری از پوشش باشد. در صورت استفاده از دستگاه ثابت کلیدهای مربوطه باید تنظیم گردد.

– قرار دادن قطعه در محل بازرسی در دستگاه

قرار دادن قطعه در دستگاه یا بردن دستگاه به محل بازرسی.

– اعمال جریان

در این مرحله با کلید مربوطه و به مدت زمان چند ثانیه (بستگی به نوع دستگاه) جریان اعمال می‌گردد.

– اعمال ذرات

پاشش ذرات بستگی به تکنیک پس‌ماند و مداوم متفاوت می‌باشد. در روش پس‌ماند پاشش ذرات بعد از مغناطیس نمودن نمونه انجام می‌پذیرد اما در روش مداوم قبل از برقراری جریان ذرات اعمال و در حین برقراری جریان بازرسی انجام می‌پذیرد.

بازرسی با نور مناسب با توجه به نوع ذرات

همانگونه که در بخش‌های قبل اشاره شد بازرسی ذرات مرئی زیر نور معمولی و ذرات فلورسانس زیر نور فرابنفش بازرسی می‌شوند.

- ثبت علائم روی نمونه
- ثبت در فرم بازرسی گزارش

علایم نامربوط

علایم نامربوط (non relevant indication)

بعضی از علایم نامربوط مهم عبارت‌اند از:

- **لایه‌های اکسیدی**

لایه‌های اکسیدی ذرات را به خود جذب و به شکل نقص ظاهر می‌گردد.

- **چربی**

چربی‌ها نیز ذرات را به خود جذب و باعث گمراهی در بازرسی می‌شوند.

- **غیر متجانس بودن قطعه**

قطعاتی که از دو جنس هستند در محل اتصال امکان دیدن عیب کاذب وجود دارد زیرا خواص دو قطعه مختلف است مثل سوپاپ. یکی از این تغییرات خواص می‌تواند سختی باشد.

- **press fit**

ـ قطعاتی که به‌صورت پرسی در هم منطبق شده‌اند ممکن است عیب کاذب را نشان دهد.
ـ تغییرات سختی در طول قطعه در قطعات دو جنسی یا چند جنسی
ـ شیارها یا خش‌ها

- **نوشتار مغناطیس (magnetic writing):**

این عیب کاذب زمانی رخ می‌دهد که دو قطعهٔ مغناطیس شده در تماس با یکدیگر قرار گیرند.

روش‌های بازرسی (تکنیک‌های بازرسی)

روش مداوم (CONTINIOUS METHOD)

در بازرسی از قطعات با کربن کم که قادر به حفظ و نگهداری مغناطیس در خود نمی‌باشند باید از روش مداوم استفاده شود.

در این روش پس از انجام مراحل اولیه بازرسی اپراتور نمونه را در محل مناسب روی دستگاه تنظیم نموده و قبل از برقراری جریان پاشش ذرات را انجام داده و بلافاصله پس از قطع پاشش ذرات جریان را برقرار می‌نماییم.

در حین برقراری جریان (حدود چند ثانیه و طبق دستورالعمل دستگاه) به بازرسی نمونه ادامه می‌دهیم. در صورت نیاز به زمان بیشتر بازرسی را در چند مرحله انجام می‌دهیم.

روش پس‌ماند (RESIDUAL METHOD)

در بازرسی از قطعات با کربن بالا که قادر به حفظ و نگهداری مغناطیس پس‌ماند در خود می باشند باید از روش پس‌ماند استفاده شود.

در این روش پس از انجام مراحل اولیه بازرسی اپراتور نمونه را در محل مناسب روی دستگاه تنظیم نموده پس از برقراری جریان و مغناطیس نمودن قطعه، جریان را قطع و با پاشش ذرات به بازرسی نمونه ادامه می‌دهیم.

توجه

باید پس از قطع جریان از برقراری مغناطیس پس‌ماند به‌وسیله دستگاه نشان‌دهنده میدان (FIELD INDICATOR) از مغناطیس بودن نمونه در حد استاندارد آگاه شویم.
برقراری جریان به مدت طولانی به دستگاه آسیب وارد می کند.

مغناطیس‌زدایی (DEMAGNETIZATION)

توجه

وجود مغناطیس در قطعات بازرسی شده ممکن است از نظر الکترونیکی و یا مکانیکی به سیستم آسیب برساند. لذا پس از بازرسی قطعات بایستی مغناطیس زدایی شوند.

روش‌های مغناطیس‌زدایی

معکوس کردن جریان (REVERSE DC)

ورود دستگاه، کلید معکوس کردن جریان را انتخاب و جریان را برقرار می کنیم.

تقلیل پله‌ای جریان تاصفر (STEP DOWN)

روی دستگاه، کلید تقلیل تدریجی جریان را انتخاب و جریان را برقرار می‌کنیم.با هر بار کاهش جریان، مغناطیس پس‌ماند کم شده و در نهایت صفر می‌شود.

دور کردن نمونه از محیط مغناطیسی (MOVING PART OR DEVICE AWAY)

نمونه را در میدان گرفته (معمولاً قطعات کوچک) و با تغییر جهت نمونه آن را از میدان دور می‌نماییم.

تمرین

کدام روش مغناطیس‌زدایی بر اساس منحنی هیسترسیس انجام می‌پذیرد ؟

- معکوس کردن جریان.
- تقلیل پله‌ای جریان تاصفر.
- دور کردن نمونه از محیط مغناطیسی.

تشخیص وجود مغناطیس در نمونه



شکل ۱۷ــ ۵ ــ دستگاه نشان‌دهنده میدان

جهت تشخیص وجود مغناطیس در نمونه، از دستگاهی به نام نشان‌دهنده میدان (FIELD INDICATOR) استفاده می‌شود.
این دستگاه در دو مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد:
الف) در زمانی‌که قطعه برای بازرسی مغناطیس می‌شود.
ب) پس از مغناطیس‌زدایی برای آگاهی از عدم وجود مغناطیس در نمونه
برای ارزیابی نمونه باید دستگاه در انتهای قطعه گرفته شده و حرکت عقربه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مزایا

برای شناسایی ناپیوستگی‌های سطحی و نزدیک به سطح مناسب می‌باشد.

- یک روش سریع و حساس می‌باشد.
- یک روش نسبتاً ارزان و آسان است.
- قابل حمل می‌باشد.
- تمیزکاری نهایی آسان است.
- نقص به‌صورت مستقیم و به اندازه واقعی دیده می‌شود.

محدودیت

- مواد غیر آهنی مانند آلومینیم، منیزیم، نیکل و اغلب فولادهای زنگ‌نزن با این روش بازرسی نمی‌شوند.
- قطعات خیلی بزرگ نیاز به دستگاه قوی و بزرگ دارند.
- پوشش‌ها باید زدوده شوند.
- اغلب به مغناطیس‌زدایی نیاز می‌باشد.
- معمولاً بازرسی از دو جهت الزامیست.

تمرین

در این بخش مشخص کنید کدام مورد محدودیت و کدام مورد مزیت روش بازرسی با ذرات مغناطیسی می‌باشد

ردیف	مورد	محدودیت	مزایا
۱	بازرسی یک قطعه فولاد زنگ‌نزن		
۲	بازرسی عمقی		
۳	بازرسی شیشه		
۴	بازرسی نواقص زیرسطحی		
۵	عدم نیاز به برق		
۶	سریع تر از بازرسی با مواد نافذ		
۷	عدم نیاز به برداشتن رنگ و پوشش		

نواقصی که با روش MT قابل شناسایی می‌باشند.

فرم بازرسی با روش ذرات مغناطیسی

M.T TEST REPORT –FORM

فرم گزارش بازرسی با ذرات مغناطیس شونده

Owner /پیمانکار		Report no/شماره گزارش	-
Location: محل بازرسی		SIZE / ابعاد نمونه	
Material		Process/فرایند	
		Date of inspection/تاریخ	

Ref. Standard استاندارد مرجع		Instrument type نوع دستگاه	☐ Yoke / یوک ☐ OTHER
.Particles Type		MAG/CURRENT نوع میدان و میزان جریان	
.Demag	☐ Yes ☐ No	.Technique	☐ Residual پس‌ماندمداوم ☐ Continuous

TEST RESULTS: **نتایج**

ITEMVN		DefectType نوع نقص	(L) mm طول نقص	REJECT مردود	ACCEPT قبول
۱					
۲					

Scheme: **شکل**

OPERATOR : اپراتور	**ACCEPTED BY** : تأیید کننده
Date	**Date**

توجه

معیارهای پذیرش معمولاً همانند ملاک ارزیابی بازرسی چشمی در نظر گرفته می‌شود.

تمرین

دستگاه یا ابزار مورد نیاز و مناسب را در بازرسی با ذرات مغناطیسی تعیین کنید.

نشان دادن عدم وجود مغناطیس در ماده	
بازرسی قطعات بسیار بزرگ در آزمایشگاه	
ایجاد نور فرابنفش	
بازرسی جوش در سایت	
بازرسی قطعات متعدد گرد و کوچک	
بررسی فرو مغناطیس بودن نمونه	

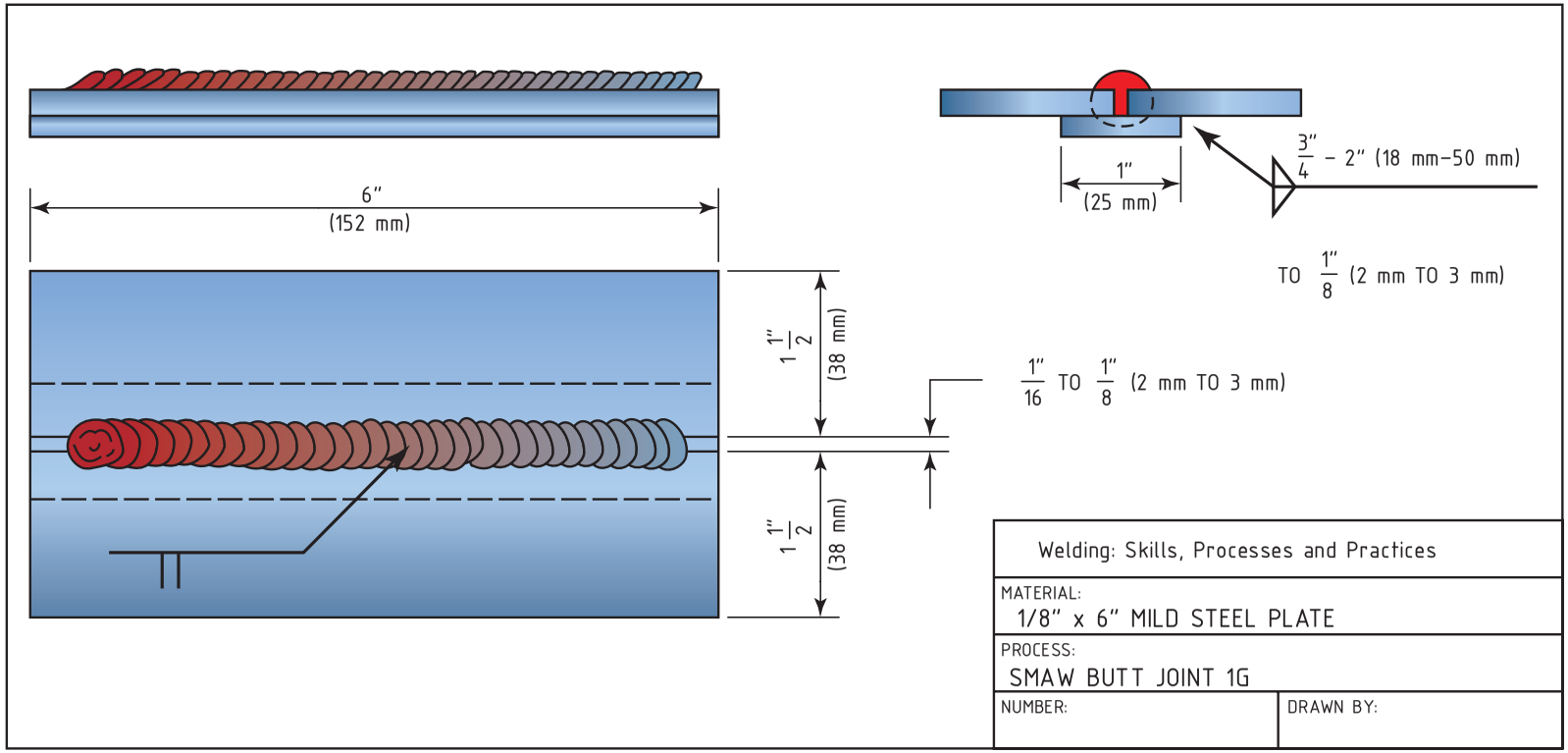
کار کارگاهی

جوشکاری پلیت فولادی در وضعیت تخت و بازرسی آن به روش ذرات مغناطیسی

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ، یوک، ذرات مغناطیسی، اسپری زمینه سفید، اسپری حاوی ذرات، نشان‌دهنده میدان، برس سیمی
مواد اولیه	دو عدد پلیت فولادی با ضخامت ۳ mm یا بیشتر و طول ۱۵۲ mm یک عدد نوار فولادی به عنوان پشت بند
مواد مصرفی	الکترود E6013



شکل ۱۸ـ۵ـ جوشکاری اتصال مربعی با پشت بند

۱ ابتدا بر اساس نقشه، دو پلیت فولادی را به صورت اتصال لب به لب در وضعیت تخت به یکدیگر متصل کنید.
۲ سپس نمونه‌ها را خنک کنید، و با استفاده از برس‌های سیمی سطح جوش را تمیز کنید.
۳ قطعه جوشکاری شده را با استفاده از روش بازرسی ذرات مغناطیسی، ارزیابی کنید و عیوب موجود در قطعه را شناسایی کنید.
۴ نتایج بازرسی را با کشیدن تصویر نمونه و شکل نقص در فرم گزارش ثبت کنید.

کارگاهی

جوشکاری پلیت فولاد فنر در وضعیت تخت و بازرسی آن به روش ذرات مغناطیسی

دستور کار:

قبل از شروع کار، ابتدا تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی می‌باشند را تهیه کنید و سپس تمرین فوق را انجام دهید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده و دارای حفاظ محافظ، یوک، ذرات مغناطیسی، اسپری زمینه سفید، اسپری حاوی ذرات، نشان دهنده میدان، برس سیمی
مواد اولیه	دو عدد پلیت از جنس فولاد فنر با ضخامت ۳ mm یا بیشتر و طول ۱۵۲ mm یک عدد نوار فولادی به عنوان پشت‌بند
مواد مصرفی	الکترود E6013

۱ دو پلیت فولادی را به صورت اتصال لب به لب در وضعیت تخت به یکدیگر متصل کنید، بلافاصله در آب سرد فرو ببرید، به احتمال زیاد دچار نقص می‌شود.
۲ سپس با استفاده از چکش و برس سیمی سطح جوش را تمیز نمایید.
۳ قطعه جوشکاری شده را با استفاده از روش بازرسی ذرات مغناطیسی، ارزیابی کنید و عیوب موجود در قطعه را شناسایی کنید.
۴ نتایج بازرسی را با کشیدن تصویر نمونه و شکل نقص در فرم گزارش ثبت کنید.
۵ چنانچه از عدم وجود نقص در نمونه مطمئن شدید نمونه را سالم گزارش کنید.

ارزشیابی شایستگی‌های پودمان ۵ :بازرسی با ذرات مغناطیسی

شرح کار : بازرسی دو نمونه جوشکاری شده با روش فلورسانس و روش مرئی (TSARTNOC ETIHW)

استاندارد عملکرد:

بازرسی قطعات با استفاده از مواد نافذ جهت شناسایی عیوب سطحی و یا راه یافته به سطع برابر مرجع استاندارد

- تمیزکاری
- اعمال جریان
- پاشش ذرات
- بازرسی و شناسایی نواقص
- مغناطیس زدایی
- ثبت عیوب شناسائی شده با مارکر + استاندارد
- تکمیل فرم بازرسی با ذرات مغناطیسی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

اسپری ذرات مغناطیسی مشکی و فلورسانس اسپری زمینه سفید ،تمیز کننده سطح ، چراغ فرابنفش ،مارکر و فرم گزارش بازرسی، کولیس

مدت زمان : ۲ ساعت (دو نمونه)

معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تمیز کاری	۱	
۲	اعمال جریان	۱	
۳	اعمال ذرات مغناطیس شونده	۱	
۴	بازرسی وشناسایی نواقص	۲	
۵	مغناطیس‌زدایی		
۶	ثبت نتایج و گزارش	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: **رعایت نکات ایمنی شامل**: پوشیدن ماسک جوشکاری، دستکش، کفش ایمنی، پیش‌بند، کلاه ایمنی، مدیریت دور ریز (پس ماند الکترود، گل جوش و قطعه کار)، مسئولیت پذیر بودن در انجام وظایف محوله		
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

کتاب جوشکاری لوله و بازرسی کیفی ـ کد ۲۱۱۴۰۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	پویا بصیر	کهگیلویه وبویراحمد	۷	محسن آزموده	قزوین
۲	قاسم شکوهی راد	شهرستان‌های تهران	۸	جمال مسیح آبادی	گلستان
۳	هادی شفیعی	اصفهان	۹	علی یارمحمدی	خراسان شمالی
۴	محمد رضا محمدیان	آذربایجان شرقی	۱۰	حسن رشنو	لرستان
۵	جعفر مهدوی فرد	فارس	۱۱	محمد لاطف	مازندران
۶	سید ابوالفضل احمدی	خراسان رضوی	۱۲	جلال احمدی	آذربایجان غربی

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir