بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

# بازرسی جوش

رشته صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

**وزارت آموزش و پرورش**
**سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

**نام کتاب:** بازرسی جوش ـ ۲۱۱۴۱۲
**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** احمد مرادی، روح‌اله عشیری، محمدرضا پورارباب، بهرام دلیخون، محسن آزموده، حسن ضیغمی و بهمن طبیب‌نژاد (اعضای شورای برنامه ریزی)
محمدرضا زارعی‌سنا‌آبادی،احمد مرادی، بهرام زارعی، محمدرضا سلطان‌محمدی، محمدرضا پورارباب، روح‌اله عشیری، بهرام دلیخون و محسن آزموده (اعضای گروه تألیف) ـ بهرام دلیخون و احمد مرادی (ویراستار فنی)
**مدیریت آماده‌سازی هنری:** ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
**شناسه افزوده آماده‌سازی:** احمدرضا امینی(مدیر امور فنی و چاپ) ـ جواد صفری (مدیر هنری) ـ سارا ساعدی‌نژاد (صفحه‌آرا) ـ ریحانه رحیمی‌فر(رسام فنی) ـ فاطمه رئیسیان‌فیروزآباد (رسام) ـ مریم کیوان (طراح جلد) ـ فاطمه‌سادات مهدوی‌مقدم، فاطمه‌صغری ذوالفقاری، نگین سیر، فریبا سیر و سیما لطفی (امور آماده سازی)
**نشانی سازمان:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ساختمان شمارهٔ ۴آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: 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 (دارو پخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰ صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
**چاپخانه:** شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
**سال انتشار و نوبت چاپ:** چاپ اول ۱۴۰۵

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 ۴-۲۸۸۸ـ ۰۵ ـ ۹۶۴ ـ 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: اجرای سنگ‌زنی ..... ۲

واحد یادگیری ۲: جوشکاری نفوذی ..... ۳۰

**پودمان دوم: جوشکاری لوله ..... ۵۱**

واحد یادگیری ۱: مونتاژ لوله ..... ۵۲

واحد یادگیری ۲: جوشکاری لوله ..... ۷۹

**پودمان سوم: بازرسی چشمی جوش ..... ۱۰۷**

واحد یادگیری ۱: اجرای بازرسی چشمی جوش ..... ۱۰۸

واحد یادگیری ۲: تحلیل فرم بازرسی چشمی ..... ۱۵۷

**پودمان چهارم: بازرسی جوش با مایعات نافذ ..... ۱۸۷**

واحد یادگیری ۱: بازرسی جوش با مایعات نافذ ..... ۱۸۸

واحد یادگیری ۲: تفسیر و گزارش‌نویسی نتایج آزمون مایعات نافذ (PT) ..... ۲۱۸

**پودمان پنجم: بازرسی جوش ذرات مغناطیسی ..... ۲۳۷**

واحد یادگیری ۱: آزمون ذرات مغناطیسی ..... ۲۳۸

واحد یادگیری ۲: تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی ..... ۲۷۱


این کتاب در سال ۱۴۰۲ و۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه ای، فروشندگان خدمات کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان آموزش فنی وحرفه‌ای، هنرجویان پایه یازدهم و فارغ التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

## سخنی با هنرجویان عزیز

در دنیای در حال تغییر امروز، مهارت‌آموزی و توانایی انجام کارهای واقعی نقش اساسی در موفقیت شغلی و حرفه‌ای شما ایفا می‌کند. آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای در نظام جدید آموزشی جمهوری اسلامی ایران، بر پایه رویکرد «شایستگی محور» طراحی شده‌اند. در این رویکرد، هدف اصلی آن است که شما بتوانید مهارت‌هایی را که برای ورود به بازار کار و نیز پیشرفت در زندگی شخصی و اجتماعی لازم است، به‌طور کامل کسب کنید. شایستگی در این نظام به معنای توانایی انجام درست و استاندارد یک کار واقعی است که شامل سه بُعد دانش، مهارت و نگرش است. برای تحقق این هدف، چهار دسته شایستگی برای شما در نظر گرفته شده است.

۱ شایستگی فنی مرتبط با حرفه و بازار کار

۲ شایستگی غیر فنی مرتبط با مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مهارت‌های ارتباطی

۳ شایستگی مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات

۴ شایستگی مرتبط با یادگیری مادام‌العمر

کتاب بازرسی جوش با هدف توسعه شایستگی‌های ذکر شده تدوین گردیده است. کتاب شامل پنج پودمان آموزشی و هر پودمان از دو واحد یادگیری تشکیل شده است. شرط لازم برای موفقیت در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری است. در صورت عدم احراز شایستگی، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا پایان سال تحصیلی برای شما فراهم خواهد بود.

ارزشیابی هر واحد یادگیری از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است. شرط محاسبه آنها، کسب شایستگی‌های غیر فنی و رعایت استانداردهای ایمنی و بهداشت است. با تمرین و تلاش مستمر و کسب شایستگی در مهارت‌های فنی به موفقیت دست خواهید یافت.

اگر در یکی از پودمان‌ها نمره کمتر از حد انتظار باشد، تنها در همان واحد یادگیری دوباره برای کسب شایستگی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرید و در واحد یادگیری‌هایی که پیشتر به شایستگی رسیده‌اید نیاز به ارزشیابی دوباره نیست. درس کارگاهی دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

توصیه می‌شود در کنار کتاب درسی از سایر اجزای بسته آموزشی مانند «کتاب همراه هنرجو»، فیلم‌ها، نرم‌افزارها و راهنماهای آموزشی نیز استفاده کنید. این منابع به شما کمک خواهند کرد تا در فرایند یادگیری، ارزشیابی و اجرای پروژه‌های عملی، عملکردی موفق و ایمن داشته باشید. کتاب همراه هنرجو را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول اولیه انجام کار است و ضروری است که توصیه‌های هنرآموز محترم خود را با دقت اجرا کنید. با تلاش و کوشش شما عزیزان و هدایت هنرآموزان گرامی، امیدواریم گامی مؤثر در راستای تربیت جوانانی شایسته، ماهر و مؤثر در پیشرفت اقتصادی و اجتماعی کشور برداشته شود.

**دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

## سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار، برنامه درسی رشته صنایع فلزی طراحی و محتوای آموزشی تألیف گردید.این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی‌های غیر فنی است.

از ویژگی‌های کتاب، طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی ازجمله مدیریت منابع، اخلاق حرف‌های و مباحث زیست‌محیطی است. کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده‌شده برای هنرجویان است و لازم است از سایر اجزای بسته 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 مورداستفاده قرار می‌گیرد.

برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیر فنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

- پودمان اول با عنوان «جوشکاری شیاری» شامل دو واحد یادگیری؛ اجرای سنگ‌زنی و جوشکاری نفوذی است.
- پودمان دوم با عنوان «جوشکاری لوله» شامل دو واحد یادگیری؛ مونتاژ لوله و جوشکاری لوله است.
- پودمان سوم با عنوان «بازرسی چشمی جوش» شامل دو واحد یادگیری؛ اجرای بازرسی چشمی جوش و تحلیل فرم بازرسی چشمی است.
- پودمان چهارم «بازرسی جوش با مایعات نافذ» شامل دو واحد یادگیری؛ بازرسی جوش با مایعات نافذ و تفسیر و گزارش‌نویسی نتایج آزمون مایعات نافذ است.
- پودمان پنجم: با عنوان «بازرسی جوش ذرات مغناطیسی» شامل دو واحد یادگیری؛ آزمون ذرات مغناطیسی و تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی است.

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

**دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نظرسنجی کتاب درسی

# پودمان اول

## جوشکاری شیاری



اجرای سنگ‌زنی



جوشکاری نفوذی

در سازه‌های سنگین و سازه‌هایی باضخامت بالا، ایجاد یک اتصال مطمئن تنها با جوشکاری شیاری و نفوذی امکان‌پذیر است. این نوع جوش‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که فلز جوش در تمام ضخامت قطعه نفوذ کرده و یک اتصال کاملاً یکپارچه و مقاوم ایجاد کند. دستیابی به چنین کیفیتی، قبل از هر چیز وابسته به آماده‌سازی صحیح لبه‌ها است. در این مرحله، سنگ‌فرز به‌عنوان ابزار اصلی ایجاد پخ و آماده‌سازی سطح، نقش حیاتی دارد. هر نقصی در سنگ‌زنی لبه‌ها، احتمال بروز عیوبی مانند عدم نفوذ، نفوذ ناقص، تخلخل و ناپیوستگی را افزایش می‌دهد.

# واحد یادگیری ۱

## اجرای سنگ‌زنی

### آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- قبل از جوشکاری شیاری باید لبه‌های قطعه سنگ‌زنی شوند.
- انتخاب نوع صفحه بر اساس جنس فلز اهمیت دارد.
- وسایل حفاظت فردی هنگام کار با سنگ جت لازم است.
- راهکارهایی برای افزایش کنترل و دقت کار با سنگ جت وجود دارد.
- تأثیر تسلط بر سنگ‌زنی در آینده شغلی یک جوشکار مؤثر است.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی، عملیات برش و سنگ‌زنی با سنگ جت و سنگ سنباده به‌صورت دقیق، یکنواخت و کنترل‌شده انجام دهند.

## سنگ‌زنی

به‌منظور پرداخت‌کاری، پلیسه‌گیری، شکل‌دهی و بهبود کیفیت سطح قطعات انجام می‌شود. این عملیات با استفاده از ابزارها و ماشین‌آلات مختلفی صورت می‌گیرد که هرکدام کاربرد، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. ازجمله رایج‌ترین تجهیزات مورد استفاده در سنگ‌زنی می‌توان به سنگ سنباده ایستگاهی برای پرداخت‌های دقیق، سنگ جت پرتابل برای کارهای متنوع، قابل حمل و عملیات در محل و سنگ سنباده نواری برای ایجاد پرداخت یکنواخت سطوح اشاره کرد. آشنایی با ویژگی‌ها، قابلیت‌ها و محدودیت‌های هر یک از این ابزارها، نقش مهمی در انتخاب صحیح دستگاه، افزایش کیفیت کار و ارتقای ایمنی دارد. جدول ۱ به مقایسه این تجهیزات از جنبه‌های مختلف می‌پردازد.

**جدول ۱ــ مقایسه سنگ فرز با ابزار مشابه**

| ابزار | شکل | مزایا | محدودیت |
|---|---|---|---|
| سنگ سنباده ایستگاهی |  | پرداخت دقیق، دقت و ثبات بالا | برای لبه‌گیری قطعات ضخیم مناسب نیست. |
| سنگ جت پرتابل |  | قابل حمل، چندمنظوره و تعویض سریع صفحه | نیاز به مهارت اپراتور، پرتاب جرقه و ذرات، نیاز به رعایت ایمنی دقیق |
| سنباده نواری |  | پرداخت یکنواخت | برای لبه‌گیری قطعات ضخیم و پخ‌زنی مناسب نیست. |

بحث کلاسی

در مورد کاربردهای سنگ‌زنی در مشاغل آهنگری، نجاری، تأسیسات، جوشکاری، صافکاری خودرو بحث و گفت‌وگو نموده و کدام دستگاه مناسب برای مشاغل داده شده است.

**پاسخ** .....

.....

## سنگ‌سنباده ایستگاهی



شکل ۱ـ سنگ سنباده

این فرایند برای ماشین‌کاری و تغییر شکل قطعاتی استفاده می‌شود که اجرا با سایر روش‌های براده برداری امکان‌پذیر نیست، یا دقت لازم را فراهم نمی‌کنند. سنگ‌زنی علاوه بر شکل‌دهی قطعات، برای تیز کردن ابزارهای برشی نیز به کار می‌رود. در دستگاه سنگ‌زنی، جهت چرخش سنگ، خلاف عقربه‌های ساعت بوده و شرایط مناسب برای انجام عملیات ایمن و دقیق سنگ‌زنی را فراهم می‌سازد (شکل ۱).

پرسش کلاسی

درگذشته که سنگ سنباده به شکل کنونی وجود نداشت از چه روشی برای تیز کردن ابزارها استفاده می‌کردند؟

**پاسخ** .....

### دانه‌بندی سنگ سنباده

سنگ سنباده ترکیبی از مواد ساینده همانند پودر سیلیس یا کاربید بوده که پس از مخلوط شدن با چسب، قالب‌گیری و حرارت دیدن در کوره، تولیدشده و قابل نصب روی دستگاه‌های چرخ سنباده است. ترکیبات سنگ سنباده پنجاه درصد ذرات ساینده، ده درصد چسب و چهل درصد حفره، به هم پیوند داده شده می‌باشند. این ترکیب باید یکپارچه و به‌صورت یک صفحه ضخیم مدور باشد که آن را به نام صفحه سنگ دیواری می‌شناسند. ممکن است خمیر ذکرشده را با کمک الیاف و شبکه یا توری فلزی نازکی در یک مقطع نازک صفحه‌ای به حالت بافته‌شده شکل دهند که آن را صفحه ساب یا سنگ فرز می‌نامند و در نوع دیگر، قطعات هندسی از این مواد ساخته می‌شود که به آنها سنگ‌انگشتی گویند. در شکل ۲ انواع صفحه سنگ نشان داده شده است.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| سنگ‌انگشتی | سنگ دیواری | سنگ فرز |

شکل ۲ـ انواع سنگ‌ساب

از سنگ سنباده دانه درشت برای حجم براده برداری زیاد و سرعت براده‌برداری بالا استفاده می‌شود. برای سنگ‌زنی مواد سخت و شکننده نیز بهتر است از سنگ‌دانه ریز استفاده شود، زیرا سنگ‌دانه ریز لبه‌های برشی بیشتری دارد و می‌تواند براده‌های ریزتر و بیشتری از قطعه کار بردارد (شکل ۳).




شکل ۳ـ شبکه‌بندی سنگ سنباده

بحث کلاسی

با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود در مورد علت استفاده از دانه‌بندی درشت در سنگ سنباده دیواری برای سنگ‌زنی مواد نرم، بحث و گفت‌وگو کنید.

**پاسخ** .....

## روش کنترل سلامت سنگ سنباده

قبل از آن‌که سنگ را روی محور سوار کنیم باید آن را از نظر ترک و دیگر عیوب ظاهری بررسی کنیم و با زدن ضربه آهسته چکش چوبی یا پلاستیکی به سطح سنگ وضعیت سالم بودن سنگ را، با توجه به نوع صدایی که از آن شنیده می‌شود، کنترل کنیم (شکل ۴).




شکل ۴

## استقرار چرخ سنباده

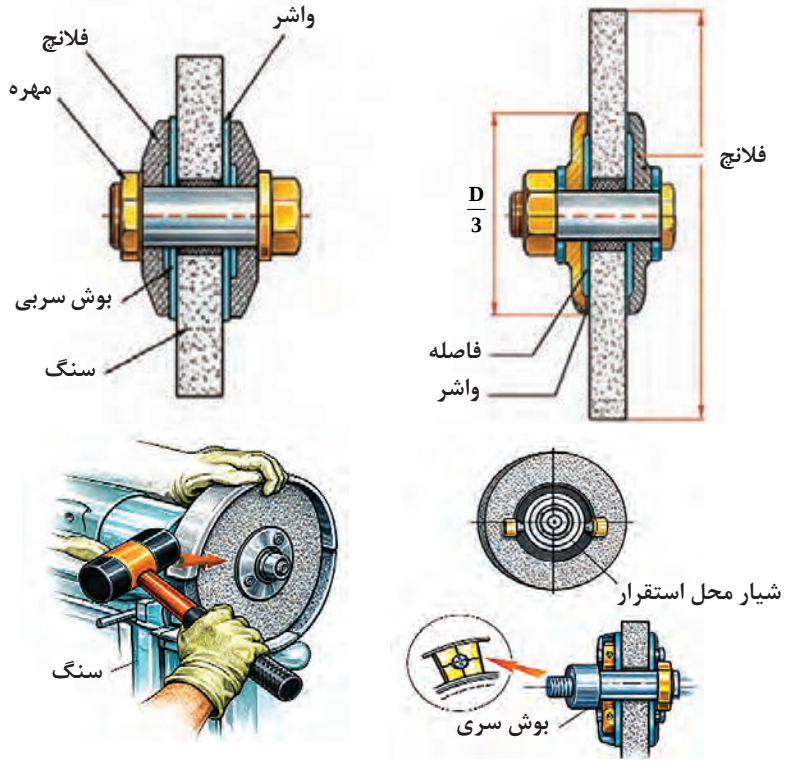
محور این دستگاه به موازات سطح افق یاتاقان‌بندی شده است و با توجه به دور بالایی که دارد، باید به‌طور صحیح تنظیم و نصب شود. رعایت نکردن اصول نصب و ترازبندی آن سبب می‌شود دستگاه از حالت یاتاقان‌بندی خود خارج شود و به‌مرور زمان با سروصدای زیاد کار کند.

نکته

لرزش و سروصدای زیاد در دستگاه سنگ سنباده می‌تواند ناشی از عدم بالانس صحیح چرخ سنباده باشد.

برای نصب سنگ سنباده، آن را به‌آرامی روی محور قرار دهید، به‌طوری‌که به بوش سربی آسیبی وارد نشود. در دو طرف چرخ سنباده از فلانچ استفاده می‌شود که قطر آنها حداقل به‌اندازه $\frac{1}{3}$ قطر چرخ سنباده بوده که فقط حاشیه‌ای از لبه آنها سنگ را نگه می‌دارند. جهت جلوگیری از فشار غیریکنواخت و درنتیجه شکستن سنگ؛ بین فلانچ و بدنه سنگ واشرهایی از جنس مقوا، نمد، چرم یا لاستیک قرار می‌دهند.

جهت گردش مهره نگه‌دارنده سنگ سنباده به نحوی است که در جهت مخالف گردش سنگ محکم شده و در هنگام کار به خودی‌خود باز نمی‌شود. پیچ محور سنگ سنباده‌هایی که جهت گردش آنها موافق عقربه‌های ساعت باشد، چپ‌گرد و آنهایی که مخالف عقربه‌های ساعت می‌گردند، راست‌گرد انتخاب می‌شوند. ازآنجاکه قطر داخلی بوش سربی کمی بزرگ‌تر از قطر محور ماشین سنگ سنباده است لذا امکان لنگ بودن سنگ پس از سوار کردن وجود دارد. برای گرفتن لنگی سنگ، به‌وسیله یک چکش لاستیکی، لنگی آن را برطرف می‌کنیم.




شکل ۵ــ بالانس کردن سنگ

پرسش کلاسی



□ چرا قطر فلانچ نگه‌دارنده سنگ سنباده را به‌اندازه قطر سنگ یا نزدیک به آن انتخاب نمی‌کنند؟

.....

□ سرعت دورانی درج شده روی پلاک دستگاه سنگ سنباده موجود در کارگاه را با عدد حک شده روی سنگ موجود در انبار مقایسه کنید.

.....

کار کلاسی

با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول زیر را تکمیل نمایید.
(زاویه، فرورفتگی، عملیات سنگ‌زنی، ذرات ریز، دستگاه سنگ، فلش، لباس کار، پیشانی سنگ)

| |
|---|
| ■ هدایت .....حاصل از سنگ‌زنی از طریق لوله پشت حفاظ سنگ به مخزن آب |
| ■ مهار ابزار با ..... مناسب سنگ‌زنی در دست و استفاده از پایه نگه‌دارنده |
| ■ تنظیم پایه نگه‌دارنده در وضعیت مناسب و فاصله ۵ ـ ۳ میلی‌متری از ..... |
| ■ حرکت رفت و برگشتی روی پیشانی سنگ برای جلوگیری از ..... |
| ■ استفاده از عینک محافظ هنگام ..... |
| ■ استفاده از ..... دارای قاب محافظ با ۳/۴ پوشش محیطی سنگ |
| ■ مشخص بودن جهت چرخش سنگ با علامت ..... روی قاب محافظ |
| ■ پوشیدن ..... کاملاً جذب و بسته هنگام کار با ماشین سنگ‌زنی |

نکته

جرقه‌ها تا چند ثانیه می‌توانند گرمای خود را حفظ کنند. بنابراین سنگ‌زنی با لباس آغشته به مواد نفتی یا روغنی، به احتمال زیاد می‌تواند به آتش گرفتن لباس منجر شود.

فاصله بین حلقه سنگ و تکیه‌گاه باید به‌اندازه‌ای باشد که هنگام کار با آن ایجاد خطر نکند (شکل ۶).



شکل ۶

توجه

فاصله تکیه‌گاه تا پیشانی سنگ همواره باید mm ۳ـ۲ باشد. در اثر استفاده و کم شدن قطر سنگ باید فاصله تکیه‌گاه تا پیشانی سنگ (هنگام خاموش بودن دستگاه) توسط پیچ نگه‌دارنده تنظیم شود.

اگر مقدار براده برداری از سطح کمتر از حداقل مقدار آن در فرایندهای سنگ‌زنی باشد، در این‌گونه موارد از صفحه‌های پرداخت‌کاری استفاده می‌شود که تماس آنها با سطح، خراش قابل رؤیت ایجاد نمی‌کند. دیسک پرداخت‌کاری در نوع سیمی برای زنگ‌زدایی، پلاستیکی با الیاف بلند از جنس مواد مصنوعی با درجه زبری مختلف برای صیقل دادن و الیاف نخی برای پولیش کردن ساخته شده‌اند (شکل ۷).



الیاف نخی



سیمی



الیاف پلاستیکی

شکل ۷ـ انواع پرداخت‌کاری

در تکنیک پرداخت‌کاری، کنترل‌پذیری پایین رشته‌های فرچه می‌تواند انجام فرایند را دشوار کند. به همین دلیل صنعت‌گران به توسعه و استفاده از تکنیک‌های سنباده‌زنی با ورقه‌های ساینده روی آورده‌اند. کاغذ سنباده به دلیل انعطاف‌پذیری مناسب، قابلیت استفاده در شکل‌های مختلف را دارد و می‌توان از آن برای بهبود پرداخت و صیقل‌کاری قطعات بهره برد (شکل ۸).





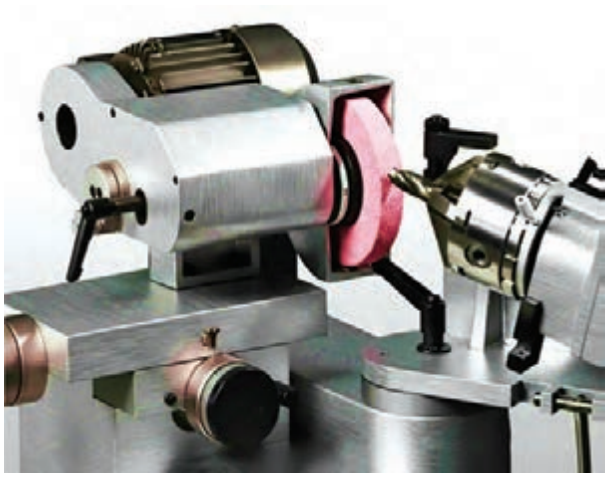




شکل ۸ـ روش‌های سنباده‌زنی

## ابزار تیزکنی

در اثر کار مستمر با ابزارهای کارگاهی مانند سوزن خط‌کش، سنبه‌نشان، مته و قلم سطوح براده‌برداری آنها دچارسایش می‌شوندکه بایستی آنها را اصلاح نمود. برای این‌کار از ابزار تیزکنی استفاده می‌شود (شکل ۹).





**شکل ۹ــ ابزار تیزکنی**

هنگام تیز کردن ابزارها با سنگ سنباده باید سعی شود که فشار دست مناسب و ابزار را در تمام پیشانی سنگ حرکت داده و ابزار با زاویه مناسب به سنگ تماس داده شده و از اعمال فشار ناگهانی پرهیز شود. ساده‌ترین شاخص درستی کار پس از سنگ‌زنی، بررسی سطح سنگ خورده در مقابل نور است. شاخص دیگر استفاده از شابلون‌های مقایسه و کنترل است. تیز کردن مته‌ها از اهمیت و دقت خاصی برخوردار است.










**شکل ۱۰ــ نحوه تیز کردن مته**

به محض گرم شدن قسمت تیزکاری‌شده مته، آن را در مایع خنک‌کننده فرو برید تا سختی آن حفظ شود.
تیز کردن مته نیاز به تکرار و تجربه دارد لذا در بعضی از کارگاه‌ها از ابزار مخصوصی به نام راهنمای مته استفاده می‌کنند (شکل ۱۱).



**شکل ۱۱ـ راهنمای مته**

دو نمونه از تجهیزات کنترل زاویه تیز کردن ابزار در شکل ۱۲ نشان داده شده است.





**شکل ۱۲**

جست‌وجو کنید

در منابع مختلف و با راهنمایی هنرآموز خود، درباره دستگاه‌های ابزارتیزکنی پرتابل که در شکل زیر نشان داده شده‌اند بررسی کنید چه تفاوتی با یکدیگر دارند. ویژگی‌ها و مزایای این دستگاه‌ها را نسبت به دستگاه‌های ابزارتیزکنی ایستگاهی بررسی نمایید.
نتایج بررسی خود را در کلاس ارائه داده و درباره آن گفت‌وگو کنید.

**نتایج** .....

.....

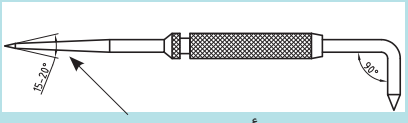


**دستگاه‌های ابزار تیزکنی پرتابل**

کارگاهی

## تیز کردن سوزن خط‌کش

مطابق نقشه یک عدد سوزن خط‌کش را با زاویه خواسته شده تیز نمایید.




زاویه رأس سوزن خط‌کش



## مراحل انجام کار

- رعایت اصول و نکات کلی ایمنی تیز کردن ابزار
- مشخص نمودن زاویه رأس سوزن خط‌کش
- استفاده از سنگ نرم برای تیز نمودن سوزن خط‌کش
- روشن کردن ماشین سنگ سنباده و اطمینان از سالم بودن آن
- قرار دادن جلوی سوزن خط‌کش در دست چپ و عقب آن در دست راست
- قرار دادن سوزن تحت زاویه‌ای برابر نصف زاویه رأس در کنار سنگ
- فشار دادن سوزن به‌آرامی به پیشانی سنگ
- چرخاندن سوزن حول محور خود و تیز نمودن آن با پیشانی سنگ
- استفاده از مایع خنک‌کننده برای جلوگیری از گرم شدن و سوختن نوک سوزن خط‌کش
- کنترل زاویه ایجادشده با شابلون یا زاویه‌سنج

## وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- نکات ایمنی کار با سنگ سنباده را رعایت نمایید.

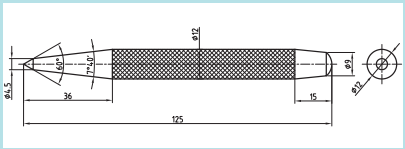
نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها برای بازیافت.
- خاموش نمودن دستگاه بعد از پایان کار.

کارگاهی

## تیز کردن سنبه‌نشان

مطابق نقشه یک عدد سنبه‌نشان را با زاویه خواسته شده تیز نمایید.






## مراحل انجام کار

- مشخص نمودن زاویه رأس سنبه‌نشان
- استفاده از سنگ نرم برای تیز نمودن سنبه‌نشان
- روشن کردن ماشین سنگ سنباده و اطمینان از سالم بودن
- قرار دادن جلوی سنبه‌نشان در دست چپ و عقب آن را در دست راست
- قرار دادن سنبه‌نشان تحت زاویه‌ای برابر نصف زاویه رأس در کنار سنگ
- فشار دادن نوک سنبه‌نشان به‌آرامی به پیشانی سنگ
- چرخاندن سنبه‌نشان حول محور خود و تیز نمودن آن با پیشانی سنگ
- استفاده از مایع خنک‌کننده برای جلوگیری از گرم شدن و سوختن نوک سوزن خط‌کش
- کنترل زاویه ایجادشده با شابلون یا زاویه‌سنج

## وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

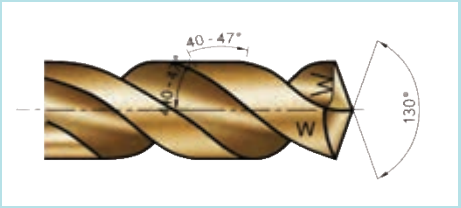
نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- نکات ایمنی کار با سنگ سنباده را رعایت نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها برای بازیافت.
- خاموش نمودن دستگاه بعد از پایان کار.

کارگاهی






☐ **تیز کردن مته**

مطابق شکل یک عدد مته را با زاویه خواسته‌شده تیز نمایید.

☐ **مراحل انجام کار**

☐ رعایت اصول و نکات کلی ایمنی تیز کردن ابزار

☐ مشخص نمودن زاویه رأس و زاویه آزاد مته

☐ روشن کردن ماشین سنگ سنباده و اطمینان از سالم بودن آن

☐ قرار دادن دنباله مته در دست راست و شیار مارپیچ بدنه در دست چپ

☐ قرار دادن مته تحت زاویه‌ای برابر نصف زاویه رأس آن در کنار و روی تکیه‌گاه سنگ

☐ حرکت چرخشی به سمت راست و چپ

☐ بالا بردن سر مته، هنگام گردش به راست و پایین بردن هنگام گردش به چپ و ایجاد زاویه آزاد در مته

☐ کنترل زوایا با زاویه‌سنج

☐ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- نکات ایمنی کار با سنگ سنباده را رعایت نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها برای بازیافت.
- خاموش نمودن دستگاه بعد از پایان کار.

## جرقه سنگ‌زنی



شکل ۱۳

جرقه‌های حاصل از سنگ‌زنی به علت جدا شدن ذرات ریز فلز و اکسید شدن سریع آنها در اثر تماس شدید با دانه‌های سایندهٔ سنگ ایجاد می‌شوند (شکل ۱۳).

رنگ و نوع ذرات جرقه‌های ریز حاصل از سنگ‌زنی، یکی از راه‌های شناسایی و تشخیص فلزات می‌باشد.

درشکل ۱۳ جرقه‌های ناشی از سنگ زدن فلزات مختلف نشان داده شده است. هنگام استفاده از سنگ سنباده جرقه‌هایی تولید می‌شود که به‌صورت تجربی بیانگر نوع فولاد مورداستفاده است.

- زرد روشن، بلند و یکنواخت‌اند و پراکندگی کمی دارند که نشان‌دهنده فولاد کم‌کربن (نرم) است.
- زرد مایل به نارنجی با پراکندگی بیشتر و کمی ستاره‌ای که بیانگر فولاد با کربن متوسط است.
- بسیار روشن، پرشمار و با پراکندگی ستاره‌ای متعدد که مشخصه فولاد پرکربن است.
- نارنجی پررنگ، کوتاه‌تر و با درخشندگی ریز در انتها که نشانه فولاد آلیاژی (مانند کروم دار یا منگنزدار) است.
- قرمز تیره، کوتاه و کم تعداد که نشان‌دهنده چدن به دلیل کربن بسیار بالا است.
- سفید مایل به آبی، با پراکندگی کم و نسبتاً سرد که مشخصه فلزات غیر آهنی یا فولاد زنگ نزن است.

پرسش کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود با توجه به اینکه رنگ و شکل جرقه فلزات مختلف در سنگ‌زنی متفاوت است، در تصاویر داده شده جرقه چه نوع فلزاتی است جدول را تکمیل نمایید.



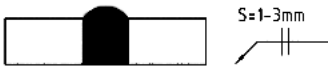
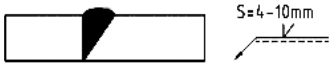
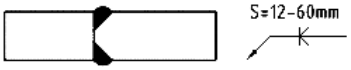
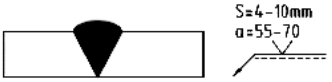
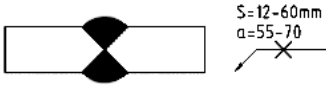
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## انواع پخ در جوشکاری شیاری[1]

متداول‌ترین نوع پخ در جوشکاری شیاری که به ضخامت ورق و نوع اتصال و شکل شیار وابسته است در جدول ۲ نشان داده شده است.

۱ـ Groove

جدول ۲

| نوع شیار | شکل | کاربرد |
|---|---|---|
| شیاری ساده |   | عدم نیاز به پخ، ماشین‌کاری، مقرون به‌صرفه نبودن، برای ضخامت‌های کم و نفوذ کامل با یک گپ کوچک |
| پخ‌نیم جناغی یک‌طرفه |   | سازه‌های فلزی با دسترسی یک‌طرفه، تعمیرات، اتصالات ورق باضخامت متوسط |
| نیم جناغی دوطرفه |   | سازه‌های سنگین، مخازن، تیرها و اتصالاتی که از دو سمت قابل جوشکاری هستند. |
| جناغی یک‌طرفه |   | اتصالات لب‌به‌لب ورق‌ها و صفحات در سازه‌های فلزی و خطوط لوله |
| جناغی دوطرفه |   | سازه‌های سنگین، مخازن تحت‌فشار، پل‌ها و اتصالات باضخامت بالا |

## مقدار برداشتن لبه

آماده‌سازی لبه باید به‌گونه‌ای انجام شود که جوش نفوذ کامل داشته و از ناپیوستگی جلوگیری شود. معمولاً $\frac{۱}{۳}$ تا $\frac{۱}{۲}$ ضخامت لبه قطعه برداشته می‌شود (برای ورق‌های نازک کمتر، برای ورق ضخیم بیشتر). ضخامت باقی مانده و ضخامت برداشته شده باید دقیق اندازه‌گیری شوند.

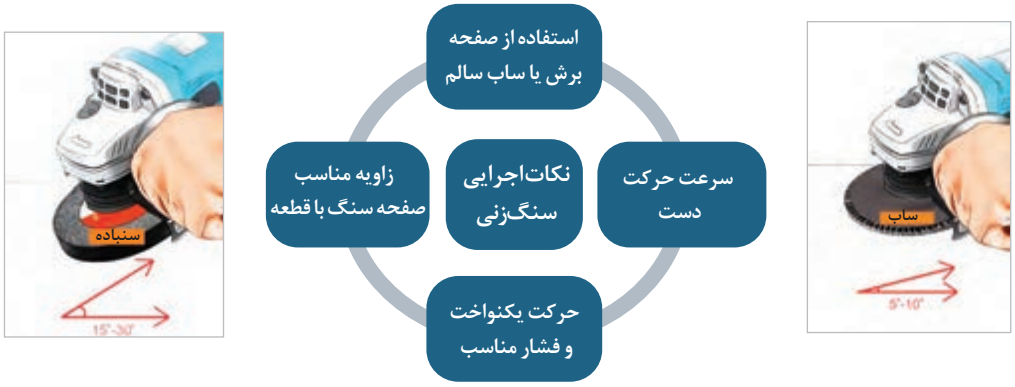
## زوایای استاندارد پخ‌زنی

زاویه پخ‌زنی بسته به نوع شیار و ضخامت ورق متفاوت است. سنگ جت را با زاویه مناسب نگه داشته و حرکت یکنواخت انجام دهید تا پخ صاف و همگن ایجاد شود. در جدول ۳ زاویه پخ مناسب برای هر شیار آورده شده است.

جدول ۳ــ زاویه پخ‌زنی

| ضخامت ورق | V/ Single Bevel | Double V | U Groove |
|---|---|---|---|
| ۳ـ۱۰ mm | ۳۰ـ۴۵° | ۳۰ـ۴۵° دوطرفه | |
| ۱۰ـ۲۵ mm | ۴۵° ـ ۶۰° | ۴۵° دوطرفه | ۳۰ـ۴۵° |
| بیش از ۲۵ mm | ۶۰° ـ ۷۰° | ۴۵ ـ ۶۰° دوطرفه | ۳۰ـ۴۵° شعاعی |

برای اجرای ساب، زاویه ۵ تا ۱۰ درجه و برای سنباده زاویه ۱۵ تا ۳۰ درجه بهترین حالت است. برای انجام برش در هر حالت باید صفحه برش عمود برخط برش قرار گیرد (شکل ۱۴).




**شکل ۱۴ـ نکات اجرایی سنگ‌زنی**

## روش حرکت دست

**جدول ۴**

| روش | توصیه | توضیح |
|---|---|---|
| **طولی** | حرکت سنگ جت در امتداد طول ورق | مناسب برای پخ‌های طولانی، یکنواخت و صاف |
| **رفت وبرگشتی** | حرکت کوتاه و مکرر | برای کنترل دقیق عمق برداشتن در نقاط حساس |
| **موزاییکی** | حرکت چپ و راست به‌صورت هم‌پوشانی | ایجاد یکنواختی سطح و جلوگیری از موج یا برآمدگی ناخواسته |

## پیچیدگی (اعوجاج)

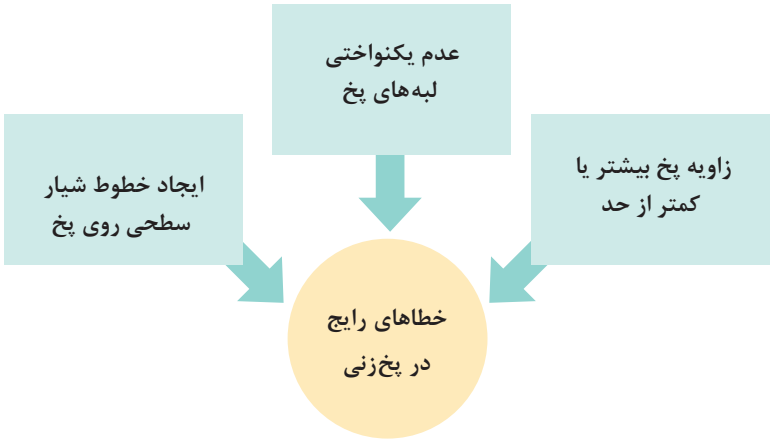
فشار زیاد و کاهش بیش‌ازحد ضخامت یا جوشکاری نامتوازن می‌تواند باعث اعوجاج شود. راهکارهای جلوگیری از اعوجاج قطعه، فشار کنترل‌شده و حرکت یکنواخت، اندازه‌گیری مداوم ضخامت، پاشنه پخ و در صورت امکان، تثبیت قطعه با گیره و فیکسچر می‌باشد.

## کنترل کیفیت پخ

برای اطمینان از کیفیت پخ قبل از جوشکاری شیاری، موارد جدول زیر باید بررسی شود و خطاهای رایج در اجرای پخ‌زنی در نمودار ۱ نشان داده شده است.

**جدول ۵**

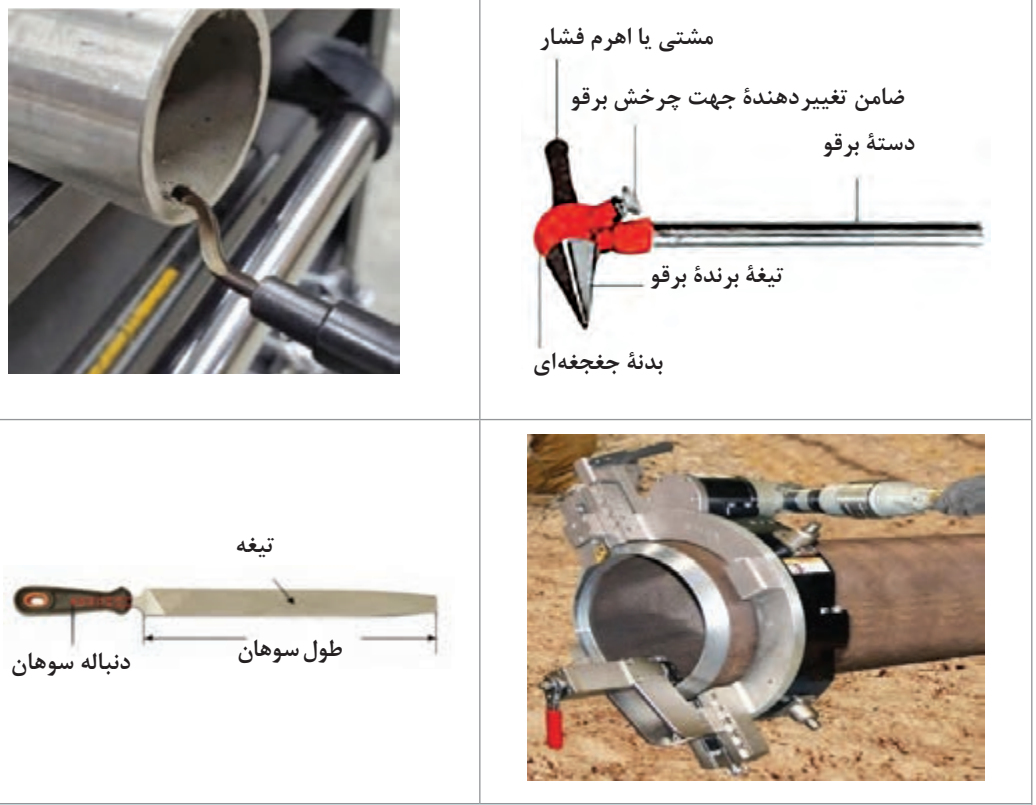
| پارامتر | روش کنترل | توصیه عملی |
|---|---|---|
| زاویه پخ | گونیا یا ابزار زاویه‌سنج | زاویه پخ مطابقت باضخامت و نوع شیار |
| یکنواختی سطح | دید چشمی و لمس با دست | سطح باید صاف و بدون برآمدگی یا فرورفتگی باشد. |
| ارتفاع پاشنه جوش | کولیس یا خط‌کش دقیق | ضخامت باقی‌مانده ۳ـ۱ mm برای ورق متوسط |




نمودار ۱

## پلیسه‌گیری و پخ‌زنی

پلیسه‌گیری داخلی لوله برش خورده از برقو، سوهان گرد و دستگاه پلیسه‌گیر استفاده می‌شود. برای جوشکاری لوله‌های فولادی بیشتر از ضخامت ۴ mm نیاز است که لبه لوله‌ها پخ زده شود، بدین منظور از دستگاه پخ‌زن، سوهان و سنگ فرز استفاده می‌شود. برابر (شکل ۱۵).




شکل ۱۵ــ تجهیزات پلیسه‌گیری و پخ‌زنی لوله‌ها

## سنگ فرز

ابزاری برقی یا بادی با موتور و گیربکس زاویه‌ای بوده که روی آن صفحه ساینده یا برش نصب می‌شود. سنگ فرز ابزاری چندمنظوره است که برای برش، تراش و پرداخت سطح کاربرد دارد.

### اجزای سنگ فرز

به‌طورمعمول دستگاه‌های فرز دارای اجزای نام برده شده در شکل ۱۶ می‌باشند.

| | |
|---|---|
| ۱ | بدنه |
| ۲ | موتور الکتریکی |
| ۳ | هواکش |
| ۴ | دسته |
| ۵ | دکمه قفل محور |
| ۶ | صفحه |
| ۷ | کلید روشن و خاموش و یکسره کردن |
| ۸ | دکمه تنظیم سرعت |
| ۹ | محافظ صفحه |
| ۱۰ | مهره نگه‌دارنده صفحه |
| ۱۱ | آچار باز و بسته کردن صفحه |




**شکل ۱۶ــ اجزای سنگ فرز**

### کلید روشن/خاموش

برای کنترل عملکرد دستگاه استفاده می‌شود. برخی مدل‌ها دارای قفل‌کن کلید هستند که برای جلوگیری از خاموش شدن ناگهانی دستگاه به کار می‌رود. علاوه بر این، برخی دستگاه‌ها مجهز به کلید ایمنی هستند که از روشن شدن ناگهانی دستگاه جلوگیری کرده و امنیت بیشتری را فراهم می‌کند.

### کاربرد سنگ فرز

سنگ فرزها بسته به نوع مدل، صفحه و سرعت چرخش برای برش فلزات، برش مصالح ساختمانی، سایش، پرداخت‌کاری، حکاکی و ظریف‌کاری استفاده می‌شوند و به‌عنوان ابزارهای برقی ضروری در صنایع مختلف به کار می‌روند.

## انواع سنگ فرز

سنگ فرز بر اساس نوع کاربری انواع مختلفی دارند که در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| مینی فرز | فرز آهنگری | فرز انگشتی | فرز سنگ‌بری |
| کوچک‌تر از فرزهای معمولی، برای کارهای ظریف و سبک | دارای صفحه بزرگ‌تر، برای سطوح فلزات ضخیم | دارای سنگ‌های نازک و باریک، برای کارهای دقیق | دارای صفحه برش و ساب مصالح ساختمانی |

**شکل ۱۷ـ انواع سنگ فرز**

## صفحه سنگ فرز

صفحه‌ها یا صفحات مورد استفاده بر روی سنگ فرزها شامل سنگ برش، سنگ‌ساب، فلاپ صفحه، برس سیمی یا پد پولیش می‌باشند که برحسب کاربرد با نصب صفحات داده شده قابلیت دستگاه تغییر می‌یابد.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| صفحه برش<br>ضخامت ۱ تا ۳ میلی‌متر | صفحه ساب<br>ضخامت ۳ تا ۷ میلی‌متر | فرچه سیمی و صفحات پولیش<br>دو نوع بشقابی و کاسه‌ای |

**شکل ۱۸ـ صفحات سنگ فرز**

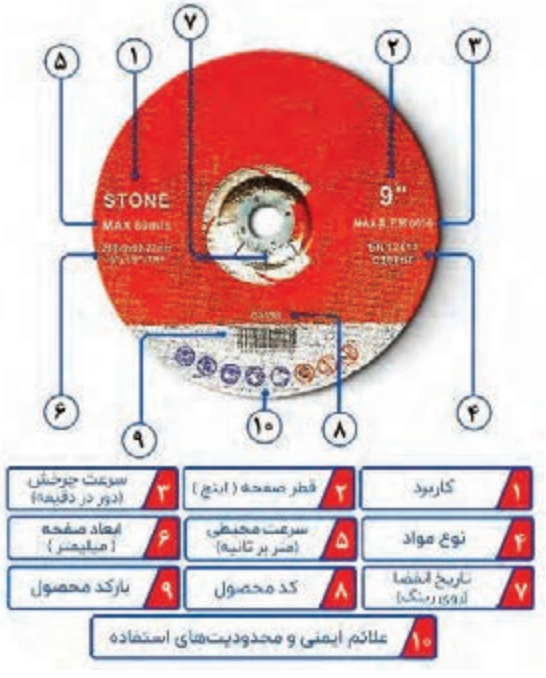
در جدول ۶ انواع دیسک و صفحه فرز به همراه کاربرد، توصیه‌های ایمنی و فنی آورده شده است.

**جدول ۶ـ انواع دیسک سنگ فرز**

| نوع صفحه | ساب | برش | فلاپ صفحه | فرچه سیمی | دیسک خاص |
|---|---|---|---|---|---|
| **کاربرد** | برداشتن فلز اضافی، پرداخت لبه‌ها، آماده‌سازی سطح قبل از جوشکاری | برش قطعات فلزی، لوله، ورق | صاف‌کاری، پرداخت سطح، حذف لبه‌های تیز، آماده‌سازی جوش | زدودن زنگ، رنگ، رسوبات سطح، تمیزکاری پیش از جوش | برش یا سنگ‌زنی مصالح ساختمانی بتن و سرامیک |
| **توصیه فنی** | حفظ حرکت پیوسته و فشار یکنواخت | استفاده از دسته جانبی برای کنترل بهتر | حرکت یکنواخت و فشار متوسط اعمال شود. | استفاده برای تمیزکاری سطح | عدم استفاده در برش فلزات |
| **نکات ایمنی** | عدم استفاده از صفحه‌های معیوب | عدم استفاده برای سابیدن | توجه به سرعت مجاز | الزام به استفاده از محافظ صورت و دستکش | الزام به محافظت کامل |

## مشخصات برچسب صفحه سنگ فرز

برچسب صفحه سنگ فرز حاوی اطلاعاتی درباره نوع کاربرد، سرعت مجاز و مشخصات ایمنی صفحه سنگ است. شناخت دقیق مشخصات برچسب صفحه سنگ فرز نه تنها به افزایش طول عمر دستگاه کمک می‌کند، بلکه از بروز خطرات احتمالی نیز جلوگیری می‌نماید. این برچسب همچون یک دفترچه راهنمای خلاصه است که اطلاعات مهمی مانند سایز، موارد کاربرد، سرعت چرخش، نوع مواد تشکیل‌دهنده صفحه، کد و بارکد روی آن گنجانده شده است. تاریخ انقضا نیز روی رینگ فلزی صفحه درج می‌شود.




**شکل ۱۹ـ مشخصات برچسب صفحه سنگ فرز**

**جدول ۷**

| مشخصات دیسک | شرح |
|---|---|
| قطر دیسک | برای مطابقت با سنگ جت |
| حداکثر دور مجاز | خطر شکسته شدن صفحه با دور بالاتر از حد تعیین‌شده |
| نوع صفحه | مشخص نمودن صفحه برش، سنگ‌زنی، پرداخت یا زدودن زنگ |
| کد استاندارد / شماره سری ساخت | استاندارد بودن و سلامت صفحه |
| فلش جهت | هم‌خوانی فلش روی صفحه با جهت گردش سنگ جت |
| ضخامت صفحه و حداکثر فشار | برای انتخاب فشار مناسب و جلوگیری از شکست |

پرسش کلاسی

هنرجویان عزیز به سؤالات زیر پاسخ کوتاه و مناسب دهید.

دلیل کاربرد قاب محافظ روی سنگ فرزها چیست؟

.....

چرا برخی سنگ فرزها دارای قاب محافظ قابل تنظیم هستند؟

.....

چرا برای سنگ فرزها در دو طرف سنگ امکان نصب دسته وجود دارد؟

.....

نکته

در انتخاب صفحه، نوع کار، جنس و ضخامت قطعه باید در نظر گرفته شوند. استفاده نادرست از نوع صفحه خطرناک است و استفاده از صفحه ساب برای برش‌کاری مجاز نیست.

کار کلاسی

هنرجویان یک دستگاه سنگ فرز دستی را از انبار کارگاه تحویل گرفته و با نظارت هنرآموز خود نحوه نصب صفحه برش و ساب و فرچه سیمی (کاسه‌ای و بشقابی) را بدون اتصال به پریز برق اجرا نمایید و نکات مربوط فنی و ایمنی هنگام تعویض صفحات را یادداشت نمایید.

.....

.....

## انتخاب صفحه مناسب برای عملیات مختلف

در مرحله آماده‌سازی سطح و انجام تمیزکاری اولیه، از سنگ‌ساب استفاده می‌شود که وظیفه آن حذف زنگ‌زدگی، پوشش سطحی، رنگ و ناهمواری بر روی قطعه کار است. برای ایجاد شیار یا برش، سنگ برش به کار می‌رود که امکان نفوذ مناسب در قطعه و هدایت دقیق مسیر عملیات را فراهم می‌سازد. به منظور پرداخت سطح و دستیابی به کیفیت نهایی مطلوب پس از انجام برشکاری یا جوشکاری از فلاپ صفحه استفاده می‌شود.

## انتخاب صفحه بر اساس جنس فلز

**جدول ۸**

| جنس فلز | صفحه پیشنهادی | نکته عملی |
|---|---|---|
| فولاد نرم St۳۷ | متوسط، با درجه زبری ۸۰ـ۶۰ | آماده‌سازی سریع، صاف‌کاری نهایی |
| فولاد ساختمانی سخت‌تر St۵۲ | سخت، با درجه زبری ۶۰ـ۴۰ | فشار متوسط و حرکت موزاییکی برای جلوگیری از تاب برداشتن |
| استیل (Stainless Steel) | فلاپ صفحه مخصوص استیل | جلوگیری از تغییر رنگ و گرم شدن بیش ازحد سطح |
| چدن (Cast Iron) | سخت، با درجه زبری ۵۰ـ۳۶ | فشار و حرکت یکنواخت |

## نکات کار با سنگ فرز

سنگ فرز به دلیل سرعت بالای چرخش صفحه، در صورت بی‌احتیاطی می‌تواند منجر به آسیب‌های جدی شود. در جدول ۹ برخی از نکات ایمنی و نکات مهم هنگام استفاده از سنگ فرز آورده شده است.

**جدول ۹ـ نکات کار با سنگ فرز**

| | |
|---|---|
| استفاده دستگاه بافاصله مناسب از مواد اشتعال‌زا | عدم برش یا ساب لوله‌ها و مخازن تحت‌فشار |
| استفاده از لباس کار مناسب و تجهیزات ایمنی فردی | قطع برق هنگام تعویض صفحه |
| نداشتن فاصله زیاد دستگاه با بدن | کار در محیط با تهویه مناسب |
| ثابت کردن قطعه کار قبل از کار | موجود بودن وسایل اطفای حریق در کارگاه |
| نصب صحیح دسته و محافظ صفحه | استفاده از صفحه سالم |
| استفاده از هر دو دست برای کنترل دستگاه | رعایت زاویه مناسب برشکاری و ساب |
| انتخاب صفحه مناسب با توجه به نوع کار | بررسی کابل برق و سلامت دستگاه قبل از شروع کار |
| نصب صحیح و محکم صفحه روی دستگاه | نصب و تنظیم صحیح قاب محافظ |
| خاموش کردن دستگاه و استراحت موقع احساس خستگی | خودداری از کار کردن طولانی مدت و اعمال فشار اضافی به دستگاه |

نکته

بعد از عملیات ساب‌زنی یا برشکاری با سنگ فرز، اجازه دهید چرخش صفحه متوقف شود و سپس آن را روی سطح ثابت قرار دهید.به نحوی که صفحه برش رو به بالا و پشت دستگاه روی میز قرار گیرد.

توجه کنید

قبل از تجربه تماس سنگ فرز با قطعه کار چندین بار این ابزار را بدون تماس دادن با سطح قطعه روشن کرده و در حالت‌های مختلف قرارگیری سنگ فرز نسبت به قطعه کار (برش و ساب)، تمرین نمایید.





## تجهیزات حفاظت فردی

استفاده از تجهیزات مناسب، اولین و مهم‌ترین مرحله در کار با سنگ جت است. در جدول ۱۰ تجهیزات حفاظت فردی همراه با کاربرد آنها آورده شده است.

**جدول ۱۰ـ تجهیزات حفاظت فردی**

| تجهیز | وظیفه | تصویر |
|---|---|---|
| کلاه ایمنی و ماسک محافظ | محافظت سر و صورت در برابر جرقه‌ها، ذرات فلز و تکه‌های صفحه |  |
| دستکش | محافظت دست‌ها از بریدگی، سایش و سوختن هنگام سنگ‌زنی | |
| لباس کار یکسره | محافظت از اعضای بدن در مقابل جرقه‌ها و ذرات داغ | |
| محافظ گوش | کاهش آسیب شنوایی ناشی از صدای بلند سنگ جت | |
| کفش ایمنی پنجه فولادی | حفاظت پاها از آسیب‌دیدگی | |

در جدول ۱۱ خطرهای رایج، کار با سنگ فرز و راه‌های جلوگیری از به‌وجود آمدن آنها بیان شده است.

**جدول ۱۱ـ خطرهای رایج و پیش‌گیری از آنها**

| خطر | شرح | توصیه |
|---|---|---|
| قلاب کردن | صفحه گیرکرده و سنگ جت به سمت اپراتور برمی‌گردد. | نگه‌داشتن دودستی، فشار یکنواخت، زاویه مناسب، صفحه سالم |
| شکستن صفحه | صفحه ترک‌خورده و در دور بالا شکسته می‌شود. | بررسی صفحه، استفاده از حفاظ |
| سوختگی | ذرات داغ و جرقه‌ها باعث سوختگی می‌شوند. | لباس کار مناسب، دست‌کش، محافظ صورت |
| سایش | برخورد صفحه در حال چرخش با اعضای بدن | استفاده از دودست، داشتن فاصله ایمن از صفحه،داشتن حفاظ |

## چک‌لیست استفاده از سنگ فرز

هنگام استفاده از سنگ فرز باید موارد زیر بررسی و چک شوند.

| | |
|---|---|
| بررسی صفحه ازنظر سالم بودن | کنترل دستگاه و کابل برق |
| بررسی حفاظ‌ها، دسته‌ها و شفت قفل‌شدنی | اطمینان از جهت گردش شفت |
| بررسی محیط کار از عدم وجود مواد قابل اشتعال | بررسی سیستم تهویه مناسب |

## نگهداری، تعمیر و بازدید دوره‌ای دستگاه سنگ جت

**جدول ۱۲**

| تمیزکاری و روان‌کاری | | تعویض قطعات | |
|---|---|---|---|
| پاک‌سازی گردوغبار و ذرات فلز از بدنه و شبکه عبور هوا | روان‌کاری قطعات متحرک با گریس طبق دستورالعمل کارخانه | تعویض حفاظ سنگ و بدنه در صورت شکستگی | تعویض دسته‌ها در صورت خراب بودن |

## علائم خرابی دستگاه

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| صدای غیرعادی و لرزش زیاد | کاهش سرعت و نیروی برش | داغ شدن بیش‌ازحد دستگاه | قطع و وصل جریان | ایجاد جرقه و بوی سوختگی |

کارکارگاهی

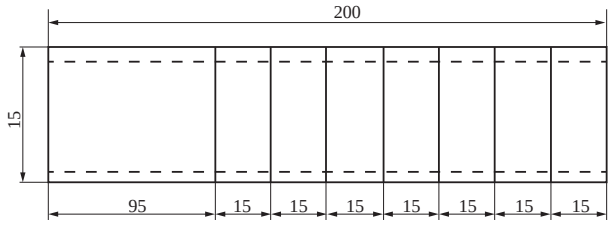
دستگاه سنگ جت را از انبار تحویل گرفته و چک‌لیست زیر را تکمیل نمایید.

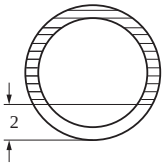
| ردیف | موردبررسی | وضعیت | توضیح |
|---|---|---|---|
| ۱ | بررسی صفحه ازنظر سالم بودن | ☐ سالم ☐ خراب | صفحه ترک نداشته باشد و برای نوع کاری که انجام می‌دهید مناسب باشد. |
| ۲ | کنترل دستگاه و کابل برق | ☐ سالم ☐ نیاز به تعمیر | کابل‌ها و دوشاخه سالم باشند. |
| ۳ | بررسی حفاظ، دسته‌ها و شفت قفل‌شدنی | ☐ سالم ☐ نیاز به تعمیر | حفاظ و دسته‌ها محکم، شفت به‌درستی قفل شود. |
| ۴ | اطمینان از جهت گردش شفت | ☐ درست ☐ اشتباه | جهت گردش مطابق با علامت روی دستگاه باشد. |
| ۵ | بررسی محیط کار | ☐ ایمن ☐ خطرناک | در محل کار مواد آتش‌زا یا قابل‌انفجار نباشد. |
| ۶ | بررسی سیستم تهویه | ☐ مناسب ☐ نامناسب | تهویه کافی برای خروج گردوغبار فراهم باشد. |

کارگاهی

## ☐ برش لوله با سنگ فرز

مطابق نقشه داده شده لوله را با سنگ فرز به اندازه خواسته شده برش دهید.




## ☐ مراحل انجام کار

- ☐ بستن لوله به گیره مخصوص
- ☐ جدا کردن اندازه‌های داده شده با متر فلزی و علامت‌گذاری با مارکر
- ☐ بررسی سنگ فرز ازلحاظ سالم بودن
- ☐ برش لوله به‌صورت صاف و یکنواخت

## ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

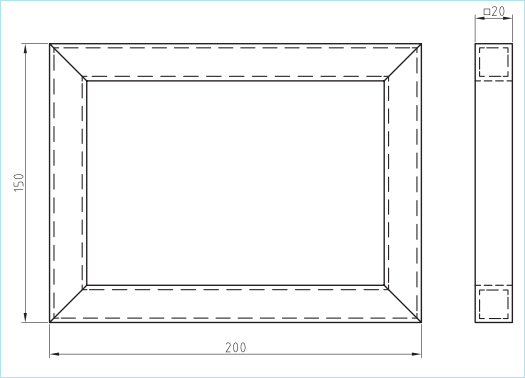
نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- پلیسه‌گیری بعد از برشکاری قطعات
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری
- اطمینان از محکم بودن قطعه در گیره
- استفاده از گیره برای ثابت نگه داشتن قطعه
- عدم استفاده از صفحه برش و ساب معیوب

نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات برشکاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

کارگاهی




**□ برش پروفیل با سنگ فرز**

مطابق نقشه داده شده پروفیل را با سنگ فرز به‌اندازه خواسته شده برش دهید.

**□ مراحل انجام کار**

□ بستن پروفیل به گیره

□ جدا کردن اندازه‌های داده شده با متر فلزی و علامت‌گذاری با مارکر

□ بررسی سنگ فرز ازلحاظ سالم بودن

□ برش پروفیل به‌صورت صاف و یکنواخت طبق نقشه

**□ وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- پلیسه‌گیری بعد از برشکاری قطعات
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری و پخ‌زنی
- اطمینان از محکم بودن قطعه در گیره
- استفاده از گیره برای ثابت نگه داشتن قطعه
- عدم استفاده از صفحه برش و ساب معیوب

نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات برشکاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

کارگاهی

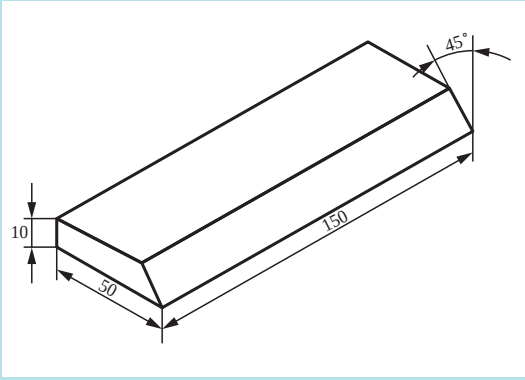
## ☐ اجرای پخ‌زنی

ساخت مطابق نقشه شماره ۱ با استفاده از تسمه

ابعاد اولیه قطعه: ۱۵۰×۵۰×۱۰ mm

## ☐ مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل موردنیاز از انبار
- ☐ خط‌کشی لبه قطعه با زاویه ۴۵ درجه
- ☐ برش تسمه فولادی مطابق نقشه با فرز
- ☐ پلیسه‌گیری
- ☐ اجرای پخ لبه به‌صورت پخ ۴۵ درجه
- ☐ کنترل ابعادی قطعات
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز




نقشه پخ‌زنی لبه قطعه کار

## ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- پلیسه‌گیری بعد از برشکاری قطعات
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری و پخ‌زنی
- اطمینان از محکم بودن قطعه در گیره
- استفاده از گیره برای ثابت نگه داشتن قطعه
- عدم استفاده از صفحه برش و ساب معیوب

نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات برشکاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

# ارزشیابی شایستگی اجرای سنگ‌زنی

| نام و نام خانوادگی | | | | | | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۱ | **استاندارد عملکرد کار:** |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۱۱ | کار | اجرای سنگ‌زنی | سطح صلاحیت | L3 | عملیات برش و سنگ‌زنی با سنگ جت و سنگ سنباده به‌صورت دقیق، یکنواخت و کنترل‌شده برابر دستورالعمل با رعایت اصول ایمنی |
| | | | | سطح شایستگی | مهارت | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی قطعه | سوزن خط‌کش، سنبه‌نشان و تجهیزات ایمنی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار- نقشه - آزمون عملکردی | آماده‌سازی قطعه برابر با نقشه | ۳ | |
| | | | | خط‌کشی قطعه برابر با نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی | ۱ | |
| ۲ | آماده‌سازی تجهیزات | سنگ فرز، سنگ سنباده، سوزن خط‌کش، سنبه‌نشان، سرمته و تجهیزات ایمنی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار- نقشه - آزمون عملکردی | انتخاب و آماده‌سازی تجهیزات برابر با نقشه | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی تجهیزات برابر با نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی آماده‌سازی تجهیزات | ۱ | |
| ۳ | سنگ‌زنی | سنگ فرز، سنگ سنباده، سوزن خط‌کش، سنبه‌نشان، سرمته و تجهیزات ایمنی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار- نقشه - آزمون عملکردی | سنگ‌زنی و پرداخت برابر با نقشه | ۳ | |
| | | | | برش قطعه برابر با نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی سنگ‌زنی | ۱ | |
| ۴ | کنترل نهایی | ابزار اندازه گیری دقیق و تجهیزات ایمنی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار- نقشه - آزمون عملکردی | کنترل ابعادی و ارزیابی سنگ‌زنی قطعه برابر با نقشه | ۳ | |
| | | | | کنترل ابعادی برابر با نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در کنترل قطعه | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ مدیریت مواد وتجهیزات<br>ـ دقت در تسلط کار با سنگ<br>ـ توجه به جهت پرتاب جرقه<br>ـ تهویه مناسب | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |
| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | | | | | بلی ☐<br>خیر ☐ | |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# واحد یادگیری ۲

## جوشکاری نفوذی

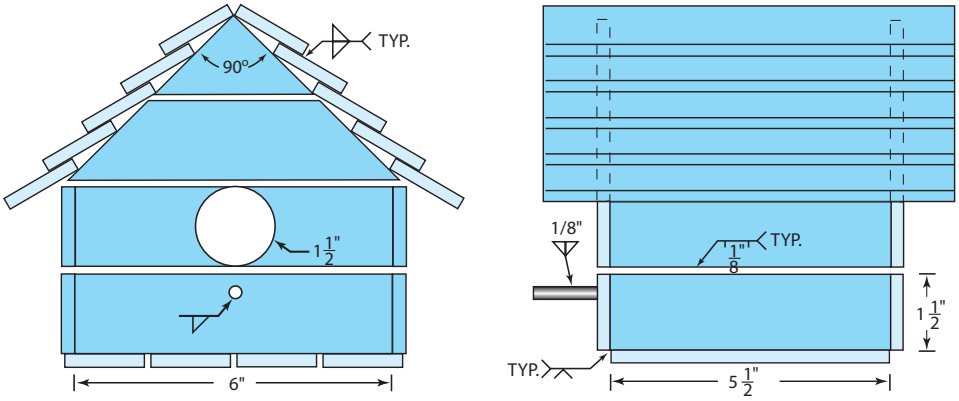
### آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- بین انواع مختلف جوش تفاوت وجود دارد.
- در ساخت نیروگاه‌ها و مخازن تحت‌فشار از انواع جوش‌ها استفاده می‌شود.
- با شیوه‌های مختلف می‌توان وقتی ضخامت قطعات افزایش می‌یابد آنها را به یکدیگر متصل نمود.
- قطعات ضخیم را باید قبل از جوشکاری آماده‌سازی کنیم.

### استاندارد عملکرد

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

در فرایند ساخت یک مصنوع فلزی، انواع مختلفی از جوش‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۲۰ نقشه‌ای ارائه شده که علائم و اطلاعات مربوط به جوشکاری بر روی آن درج شده‌اند.




**شکل ۲۰**

با بررسی نقشه شکل ۲۰، اطلاعات استخراج شده را در جدول زیر وارد کنید.

**جدول ۱۳**

| نوع جوش | نوع طرح اتصال | کاربرد | سایر اطلاعات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

پرسش کلاسی

در شکل ۲۰ دو نوع جوش، شامل جوش شیاری و جوش گوشه که کاربرد گسترده‌ای در صنعت دارند، مشاهده می‌شود. ازنظر طراحی و کاربرد، چه تفاوت‌هایی میان این دو نوع جوش وجود دارد؟

پاسخ .....

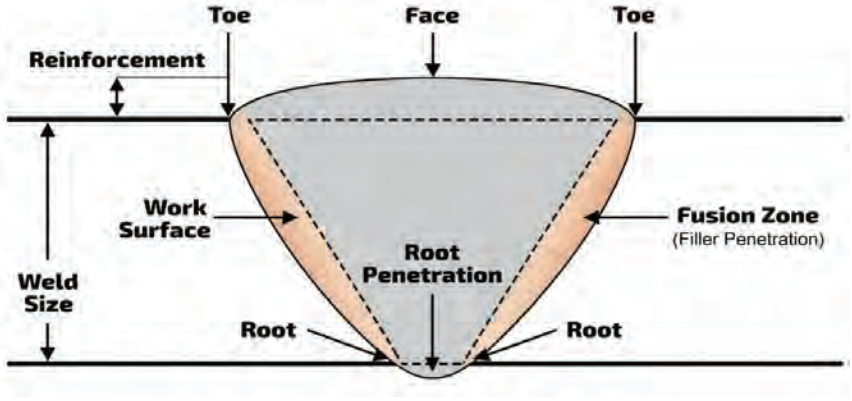
## جوش شیاری (Groove weld)

جوش شیاری در فضای میان دو قطعه فلزی، یعنی در ناحیه شیار ایجاد می‌شود. در این نوع جوش، لبه قطعات پیش از عملیات جوشکاری آماده‌سازی می‌گردند. درواقع، ایجاد شیار و آماده‌سازی صحیح لبه‌ها موجب بهبود کیفیت و افزایش استحکام اتصال خواهد شد.

به‌طورکلی، هفت نوع مختلف جوش شیاری وجود دارد. شیار می‌تواند تنها دریکی از قطعات یا در هر دو قطعه، و همچنین در یک طرف یا هر دو طرف آنها ایجاد شود.
با برداشتن بخشی از لبه قطعه و ایجاد شیار مناسب، فلز جوش امکان نفوذ عمیق‌تری در اتصال را پیدا می‌کند؛ امری که استحکام نهایی جوش را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. شکل ۲۱ نمونه‌ای از اتصالات شیاری استاندارد را نمایش می‌دهد.

## اتصالات شیاری برای جوش نفوذ کامل

این شکل انواع متداول اتصالات شیاری (Groove Weld Joints) را که برای دستیابی به نفوذ کامل جوش (CJP) مورداستفاده قرار می‌گیرند، در شکل ۲۱ نشان می‌دهد. این اتصالات شامل شیار V، شیار یک‌طرفه، شیار U و شیار J بوده و طراحی آنها بر اساس استاندارد انجام می‌گیرد.




شکل ۲۱

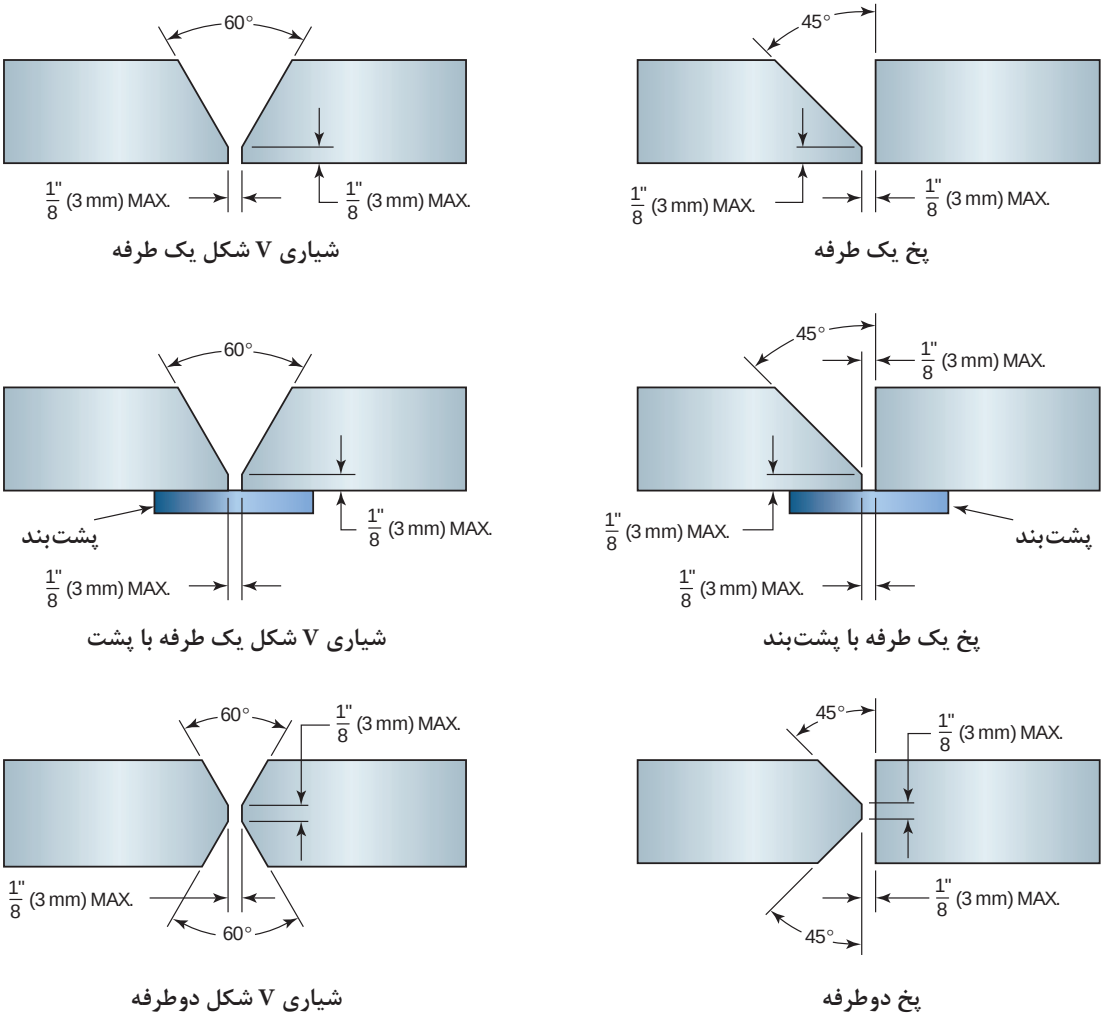
در هر اتصال، پارامترهای هندسی اصلی عبارت‌اند از:

- **زاویه شیار (Groove Angle):** زاویه بین سطوح آماده‌سازی قطعه که بر میزان دسترسی قوس، شکل حوضچه مذاب و امکان نفوذ کامل تأثیر مستقیم دارد.
- **لبه ریشه (Root Face):** بخش صاف در انتهای شیار که به منظور کنترل نفوذ و جلوگیری از سوختگی ریشه در نظر گرفته می‌شود.
- **دهانه ریشه (Root Opening):** فاصله بین قطعات در ناحیه ریشه که نقش تعیین‌کننده‌ای در تشکیل مهره ریشه و تحقق نفوذ کامل دارد.

اتصالات V و Single Bevel معمولاً برای قطعات باضخامت کم تا متوسط مناسب هستند، در حالی که اتصالات U و J به دلیل کاهش حجم فلز پرکننده، تمرکز بهتر حرارت و کاهش تنش پسماند، در قطعات باضخامت بالا ترجیح داده می‌شوند.
انتخاب نوع اتصال شیاری و مقادیر پارامترهای هندسی آن باید با توجه به نوع فرایند جوشکاری، ضخامت قطعه، موقعیت جوش، خواص فلز پایه و الزامات استانداردها انجام شود تا کیفیت، استحکام و دوام اتصال تضمین گردد.

## آماده‌سازی

دستیابی به نفوذ کامل جوش در جوشکاری پلیت‌های ضخیم، بدون آماده‌سازی لبه‌ها عملاً امکان‌پذیر نیست. شکل ۲۲ انواع آماده‌سازی لبه‌ها را نشان می‌دهد. نوع شیار، عمق و موقعیت آن بر اساس استاندارد مورد استفاده تعیین می‌شود. پلیت‌هایی باضخامت بیش از حدود ۶ میلی‌متر برای دستیابی به نفوذ کامل نیاز به آماده‌سازی لبه‌ها دارند.

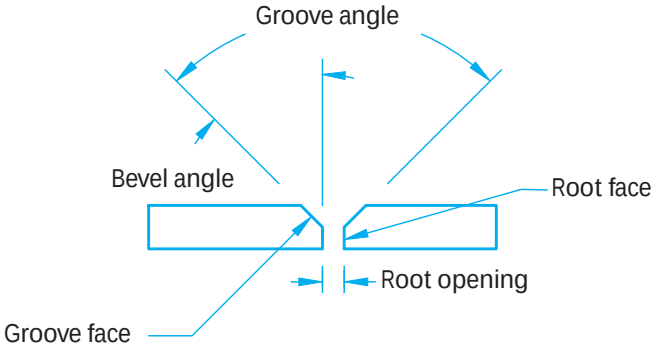



**شکل ۲۲ـ آماده‌سازی طرح‌های اتصال لب به لب متداول**

برای انجام آماده‌سازی فلز پایه، لازم است با واژه‌ها و نشانه‌های متداول مربوط به جوش و اتصالات شیاری آشنا باشید. به‌عبارت دیگر، علائم جوشکاری، طرح اتصال و سایر اطلاعات لازم برای آماده‌سازی را می‌توان از روی نقشه‌های جوشکاری استخراج کرد.

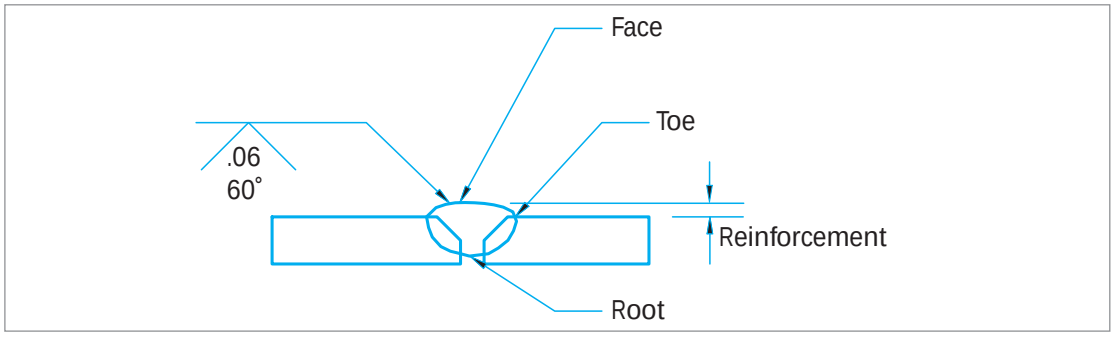
کار کلاسی

واژه‌های مربوط به جوش شیاری نشان داده شده در شکل زیر مشاهده و جاهای خالی در جدول را تکمیل نمایید:




| اصطلاح لاتین | اصطلاح فارسی | شرح | نقش |
|---|---|---|---|
| Root Opening | ریشه جوش | شکاف یا فاصله در ریشه اتصال | ایجاد دسترسی الکترود به ریشه و بهبود نفوذ |
| Groove Angle | ..... | زاویه سطح شیار قطعه با قطعه دیگر | ..... |
| Bevel Angle | زاویه پخ | ..... | ..... |
| Groove Face | ..... | ..... | ..... |
| Root Face | پاشنه | ..... | جلوگیری از سوختن و ریزش مذاب |

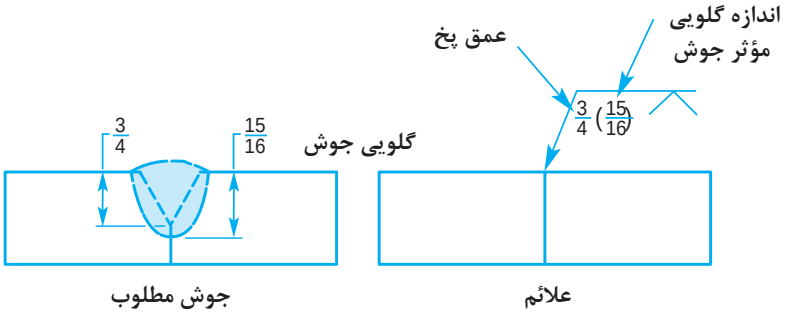
شکل ۲۳ یک جوش شیاری V شکل را نشان می‌دهد که در آن مقدار زاویه پخ ۶۰ درجه و ریشه جوش ۶ میلی‌متر مشخص شده است. با استفاده از این اطلاعات می‌توان نمونه را برای جوشکاری آماده‌سازی نمود.




**شکل ۲۳ـ جوش شیاری V**

## مؤثر جوش شیاری

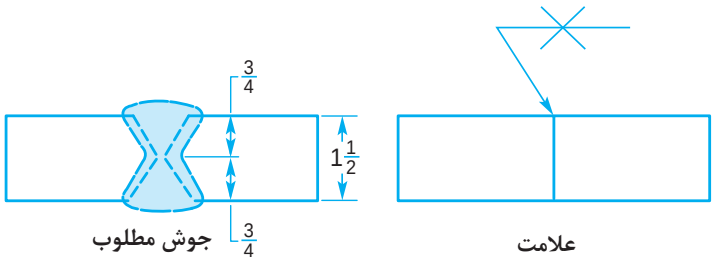
براساس استاندارد **AWS A3.0**، گلویی مؤثر جوش شیاری یا به کمترین فاصله هندسی بین ریشه جوش و سطح جوش در ناحیه ذوب شده گفته می‌شود؛ این فاصله با حذف اثر گرده جوش (Reinforcement) اندازه‌گیری می‌شود. گلویی مؤثر، معیار اصلی برای تعیین اندازه واقعی جوش (Weld Size) و میزان نفوذ مؤثر است.




**شکل ۲۴ــ اندازه گلویی مؤثر جوش و مقدار عمق**

## تعیین مقدار گلویی مؤثر جوش

برای تعیین مقدار گلویی مؤثر جوش، لازم است در مرحله آماده‌سازی اتصال، مقدار عمق پخ نیز مشخص شود. این مقدار در شکل ۲۵ نشان داده شده است.



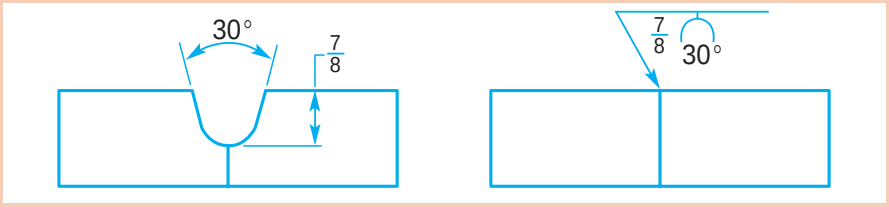

**شکل ۲۵ــ علائم در اتصال بانفوذ کامل**

در حالتی که اتصال دارای نفوذ ناقص (Partial Penetration) باشد، عمق پخ معمولاً حدود ۳/۴ اینچ در نظر گرفته می‌شود. در این حالت، مقدار گلویی مؤثر جوش در نقشه درج می‌شود تا کنترل کیفی و محاسبهٔ مقاومت اتصال امکان‌پذیر گردد. اما در حالتی که نفوذ کامل (Complate Penetration) وجود داشته باشد، مقدار گلویی مؤثر معمولاً در نقشه ذکر نمی‌شود، زیرا کل ضخامت قطعه به عنوان گلویی مؤثر محسوب می‌گردد.شکل‌های ۲۴و۲۵.

کار کلاسی

□ باتوجه به شکل نوع طرح اتصال، نوع پخ، زاویه پخ، نوع و مقدار نفوذ جوش جهت آماده‌سازی قطعه را از روی نقشه استخراج نمایید.

.....



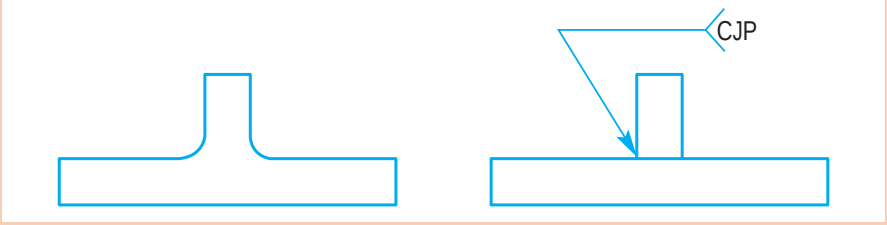

آماده‌سازی اتصال　　علامت

**اتصال شیاری U شکل**

کار کلاسی

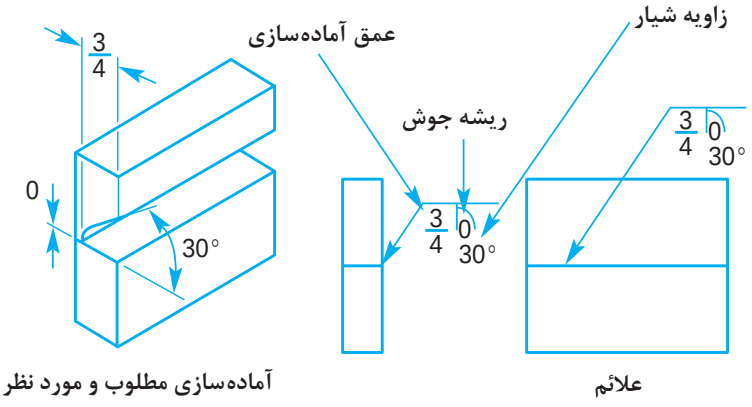
□ با توجه به شکل بگویید حروف CJP، بیانگر چیست؟

.....




جوش مطلوب　　علائم

ابعاد لازم برای آماده‌سازی جوش شیاری، مطابق با استاندارد، در کنار خط مرجع (Reference Line) بر روی نقشه جوش‌کاری درج می‌شود. شکل ۲۶ نمونه‌ای از نماد جوش شیاری J شکل را نشان می‌دهد.




آماده‌سازی مطلوب و مورد نظر　　علائم

**شکل ۲۶ـ مشخصات جوش شیاری J شکل برای آماده‌سازی**

اطلاعات ارائه شده در این مثال شامل موارد زیر است:

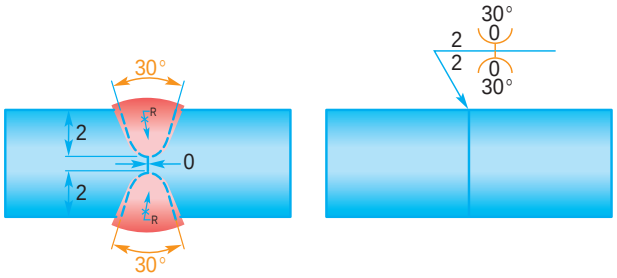
- عمق آماده‌سازی یا نفوذ (Groove Depth/Penetration)
- زاویه شیار (Groove Angle)
- ابعاد ریشه جوش (Root Face/Root Opening)

کار کلاسی

با توجه به شکل ۲۶ جدول زیر را برای آماده‌سازی یک جوش شیاری J شکل تکمیل کنید.

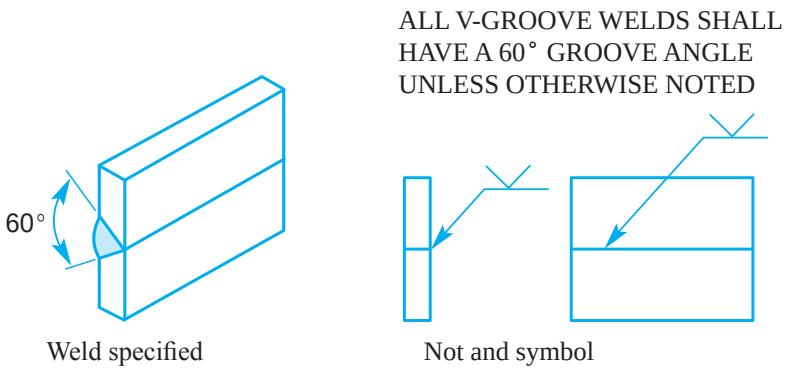
| نوع طرح اتصال (Joint Design Type) | زاویه پخ (Bevel Angle) | ریشه جوش (Weld Root) | عمق پخ (Bevel Depth) |
|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ..... |

در جوش‌های شیاری دوطرفه، درصورتی که بر روی نقشه اطلاعاتی ذکر نشود، ابعاد و مشخصات موردنیاز برای آماده‌سازی در دو طرف خط مرجع درج می‌گردد (شکل ۲۷).




شکل ۲۷ـ علائم جوش در جوش شیاری دوطرفه

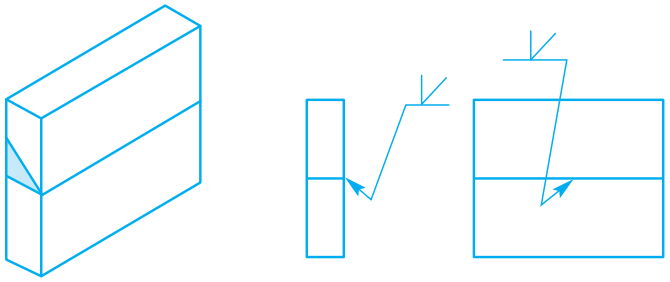
درصورتی‌که جوش‌ها در اندازه‌های متفاوت طراحی شوند، ابعاد آنها بر روی نقشه همانند نمونه‌ای که در شکل۲۸ مشخص شده است درج می‌شود. همچنین اگر بر روی علائم جوش شیاری ابعاد و اندازه ذکر نشود، علائم همراه با عباراتی که بیانگر مشخصات آماده‌سازی نمونه است نمایش داده می‌شود.




شکل ۲۸

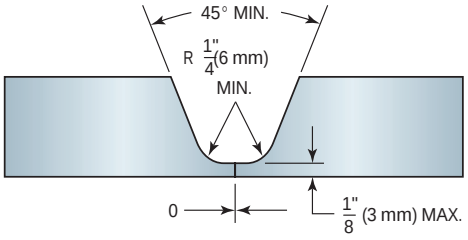
اگر اندازه جوش در نقشه در یک جمله ذکر شود، بر روی علائم ذکر نمی‌شود. هنگامی‌که بر روی خط نشانه در جوش‌های شیاری که همراه با پخ می‌باشند شکست ایجاد می‌شود، بدین معنی است که پخ باید در جهت خط نشانه قرار گیرد (شکل ۲۹).

شکستگی موجود بر روی خط مرجع در نماد جوش، نشان می‌دهد که آماده‌سازی یا عملیات جوشکاری در سمت مقابل خط مرجع انجام می‌شود. در شکل ۲۹ نمونه‌ای از اتصال با پخ یک‌طرفه و شیار J شکل ارائه شده است.

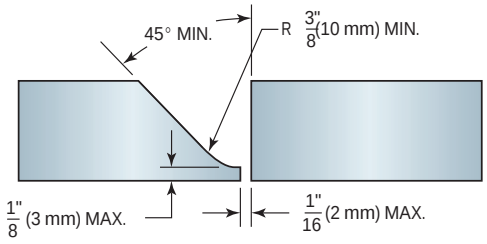


**شکل ۲۹**

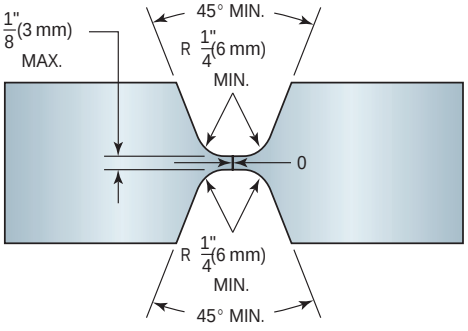
طرح‌های استاندارد شیارهای جوش در شکل ۳۰ نشان‌دادشده‌که معمولاً برای اتصالات لب‌به‌لب به‌کارمی‌روند. برای پلیت‌هایی با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر از آماده‌سازی لبه و ایجاد شیار استفاده می‌شود. در پلیت‌هایی ضخیم‌تر براساس استانداردها و روش جوشکاری تعیین شده، معمولاً از پخ دوطرفه جهت کاهش حجم فلز پرکننده و دستیابی به نفوذ مناسب استفاده می‌گردد.



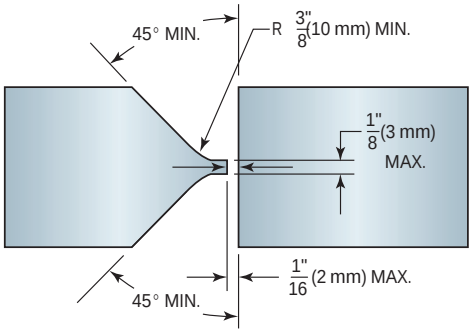

**شیاری U شکل یک‌طرفه**




**شیاری J شکل یک‌طرفه**




**شیاری U شکل دوطرفه**




**شیاری J شکل دوطرفه**

**شکل ۳۰ـ آماده‌سازی طرح‌های اتصال لب‌به‌لب متداول**

## مراحل جوشکاری شیاری

در جوش‌های شیاری به ویژه قطعات باضخامت بالا برای کامل کردن طرح اتصال باید لایه‌های زیادی روی هم ایجاد شوند تا شیار به‌طور کامل پر شود.

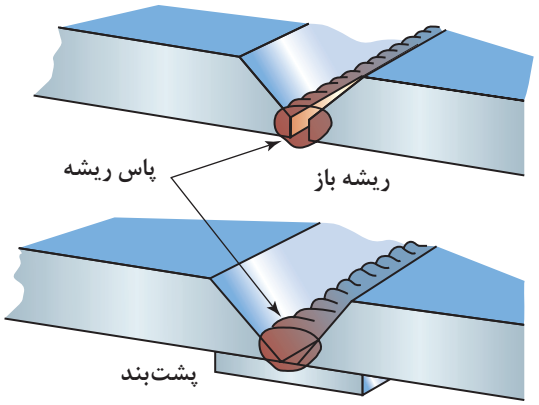
### پاس ریشه Root pass

پاس ریشه، نخستین لایه جوش اعمال شده در یک اتصال شیاری است که وظیفهٔ اصلی آن ایجاد پیوستگی اولیه بین لبه‌های قطعه کار و تأمین نفوذ مناسب در ناحیه ریشه اتصال است. در اجرای پاس ریشه، کنترل پارامترهای فرایند (نظیر حرارت ورودی، سرعت پیشروی و موقعیت قوس)، انتخاب مناسب نوع الکترود یا سیم جوش و شرایط پشتیبانی ریشه نقش اساسی دارند. پیش از اجرای پاس‌های بعدی، سطح ریشه باید از هرگونه سرباره، اکسید، انجماد ناقص، جرقه و آلودگی‌های سطحی به‌طور کامل پاک‌سازی شود تا شرایط لازم برای ذوب‌پذیری مناسب و جلوگیری از ناپیوستگی‌هایی مانند ذوب ناقص یا ناخالصی سرباره‌ای فراهم گردد.

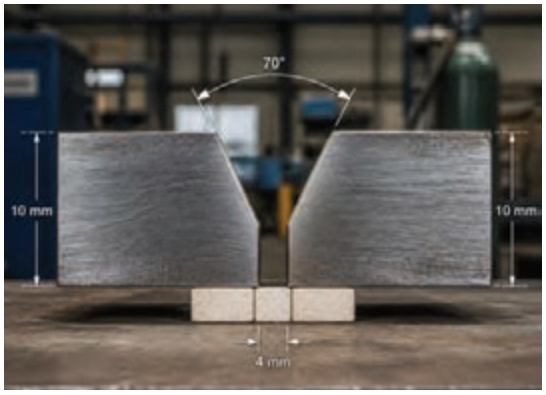
پاس ریشه در دو حالت با پشت‌بند و بدون پشت‌بند اجرا می‌شود. با پشت‌بند درجایی استفاده می‌شود که به پشت جوش معمولاً دسترسی نداریم و در صورت معیوب شدن ریشه، امکان ترمیم نباشد (شکل ۳۱).

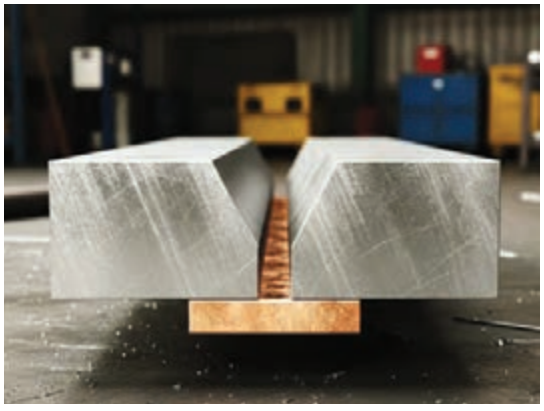
پشت‌بندی که در ریشه‌های بسته استفاده می‌شود ممکن است جزئی از جوش شود یا حذف گردد. یکی از مشکلاتی که در هنگام خارج کردن پشت‌بندها اتفاق می‌افتد، کنده شدن قسمت‌هایی از پشت جوش تولید است که موجب تمرکز تنش در آن نقاط خواهد شد. پشت‌بندهای جدید سرامیکی (دما بالا) تولید شده است که می‌تواند باعث افزایش نفوذ شده و از سوختگی جوش جلوگیری کنند. (شکل ۳۲)

پشت‌بندها پس از اتمام جوشکاری به راحتی از جوش جدا می‌شوند. اکثر جوش‌ها نیازی به پشت‌بند ندارند.




شکل ۳۱ـ اتصال با پشت‌بند و بدون پشت‌بند



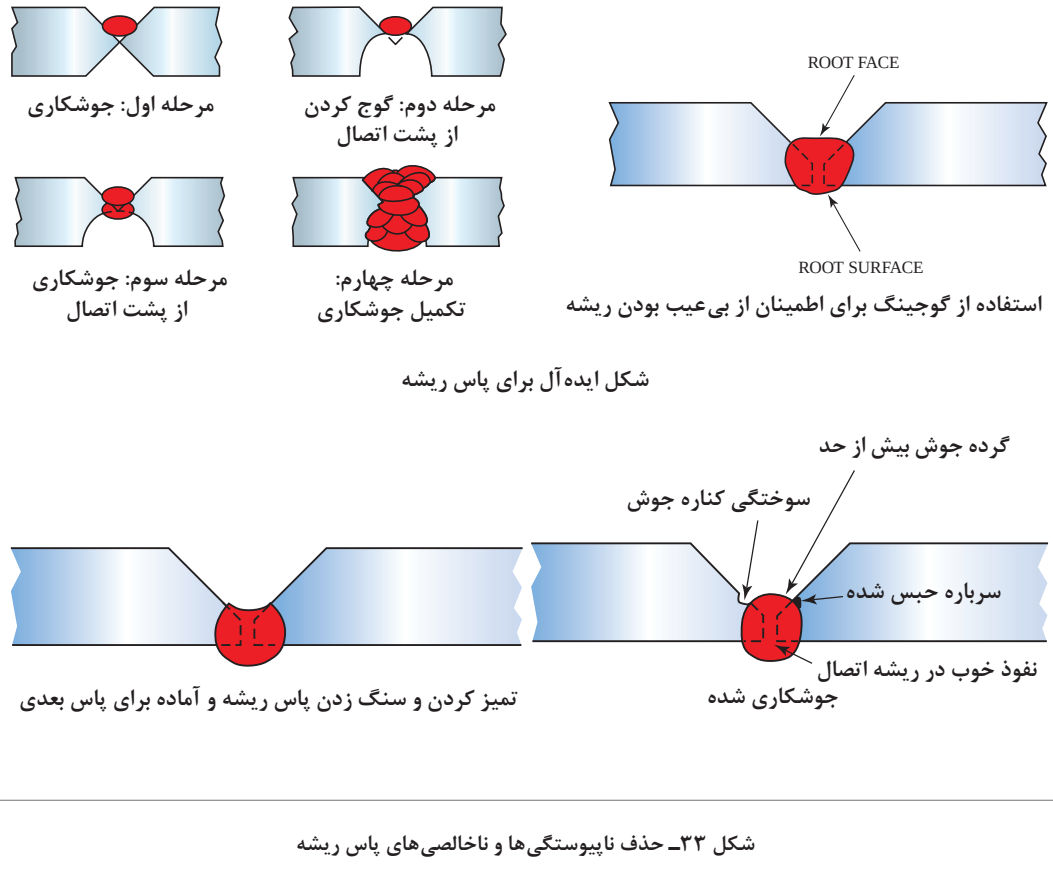



شکل ۳۲ـ پشت‌بندهای مسی و سرامیکی

نکته

روی پلیت‌هایی که از دو طرف برای اتصال آماده‌سازی شده‌اند، پاس ریشه باید با گوجینگ شیارزنی و سپس تمیزکاری انجام شود قبل از اینکه پاس بعدی اعمال شود مانند شکل ۳۳.

جوش ریشه باز، به طور گسترده در اتصالات پلیت‌ها ولوله‌ها به کار می‌رود همان طور که در شکل ۳۳ نشان داده شده است. سطح داخلی (face Root) پاس ریشه به‌اندازه سطحی بیرونی (surface Root) اهمیت ندارد. به دلیل اینکه سطح داخلی پاس ریشه معمولاً تمیز می‌شود و سپس پاس بعدی اعمال می‌گردد.




شکل ۳۳ـ حذف ناپیوستگی‌ها و ناخالصی‌های پاس ریشه

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

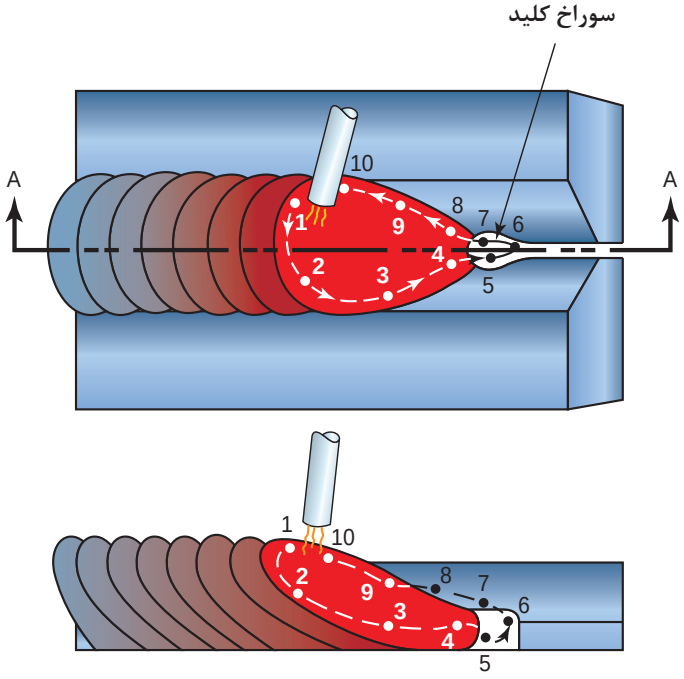
نکته

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

برای انجام پاس ریشه دو روش وجود دارد.

■ **بدون فاصله در ریشه اتصال:** این روش نیاز به آمپر بسیار بالا و طول قوس کوتاه برای اتصال دارد. طول قوس بسیار کوتاه است که سرباره الکترود ممکن است در میان لبه‌های اتصال کشیده شود.

■ **با فاصله در ریشه اتصال:** در این روش الکترود را طوری حرکت می‌دهیم که یک سوراخ کلیدی در ناحیه اتصال ایجاد شود، برای کنترل حوضچه جوش، الکترود را باید به سمت داخل و خارج حوضچه به طور مدام حرکت داد (شکل ۳۴).



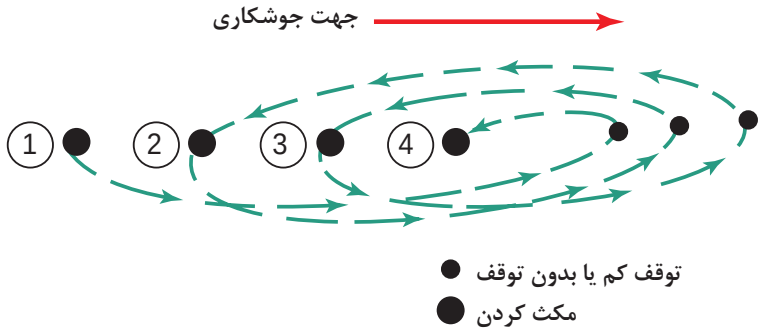

**شکل ۳۴ـ حرکت الکترود و استفاده از سوراخ کلیدی**

الکترود به‌صورت مرحله‌ای (شماره ۱ تا ۱۰) در طول جوش کامل حرکت داده می‌شود در شکل ۳۴ نشان داده شده است. برای کنترل حوضچه مذاب و تا این‌که جوش با نفوذ کامل ایجاد شود. حفظ سوراخ کلیدی در طول جوشکاری برای رسیدن به نفوذ کامل در اتصال بسیار تعیین‌کننده است. در جدول ۱۴ تأثیر پارامترهای جوش بر اندازه حوضچه جوش آورده شده است.

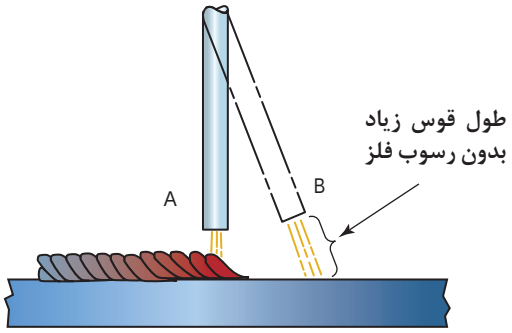
**جدول ۱۴ـ تأثیر پارامترهای جوش بر اندازه حوضچه جوش**

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

اندازه حوضچه جوش هنگامی که قوس بر روی حوضچه متمرکز می‌شود، افزایش می‌یابد، این افزایش در حدود دو برابر قطر الکترود است. در شکل ۳۶ الگوی موجی شکل برای کنترل اندازه گرده مذاب نشان داده شده است.




شکل ۳۶




شکل ۳۷ـ طول قوس بالا

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 ۳۷ 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.

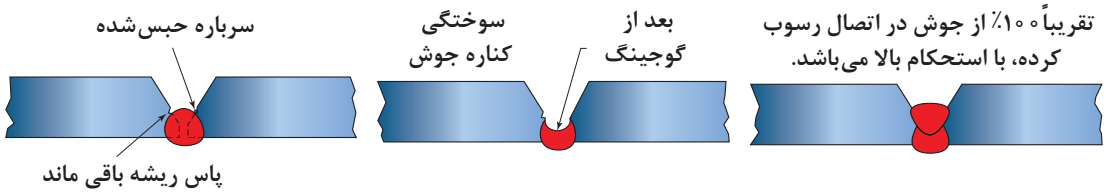
تغییر وضعیت جوشکاری نیاز به تنظیم زمان، آمپر، و زاویه الکترود دارد. وضعیت عمودی یک دوره زمانی کمتری برای جابه‌جایی الکترود نیاز دارد. مقدار آمپر برای وضعیت عمودی نسبت به وضعیت تخت و افقی کمتر است اما در وضعیت سقفی از یک آمپر نزدیک به وضعیت تخت و افقی استفاده می‌شود. برای وضعیت عمودی، الکترود در یک زاویه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

پس از تکمیل جوش، قطعه را سرد نموده، و پشت قطعه ازلحاظ نفوذ ریشه بررسی شود. 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 مانند: سوختگی کناره جوش، روی هم رفتگی و ناخالصی سرباره باشد. ازاین رو سطح ریشه جوش را باید به وسیله سنگ‌زنی، یا پاس داغ تمیز نمود. در شرایط بحرانی، جایی که از جوش‌های استحکام بالا استفاده می‌شود، نیاز است که پاس ریشه و هر یک از پاس‌های پرکننده سنگ زده شوند. این عملیات باعث می‌شود تا ناپیوستگی‌هایی که درنتیجه حبس سرباره ایجاد شده‌اند، حذف شوند.

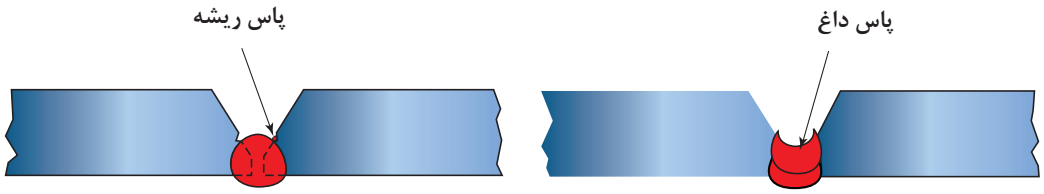
می‌توان برای حذف فلز جوشی که به‌وسیله الکترودهای سری ۶۰ ایجادشده است، استفاده شود.




شکل ۳۸

تمیزکاری گل‌جوش در پاس ریشه بسیارمهم است، زیرا برای ذوب مجدد ریشه، حذف ناپیوستگی‌ها و جلوگیری از حبس سرباره اجرا می‌شود. در الکترودهای سلولزی، باوجود نازک بودن سرباره، به‌دلیل باقی ماندن ذرات ریز در شیارهای کناری ریشه، معمولاً سنگ‌زنی موضعی لازم است، در الکترودهای قلیایی به‌علت چسبندگی و ضخامت بیشتر سرباره، تمیزکاری با چکش، برس سیمی و گاهی سنگ‌زنی دقت بیشتری می‌خواهد، اما در الکترودهای روتیلی چون سرباره شکننده‌تر و جدایش آن آسان‌تر است، پاک‌سازی معمولاً سریع‌تر و ساده‌تر انجام می‌شود (شکل۳۸ ).

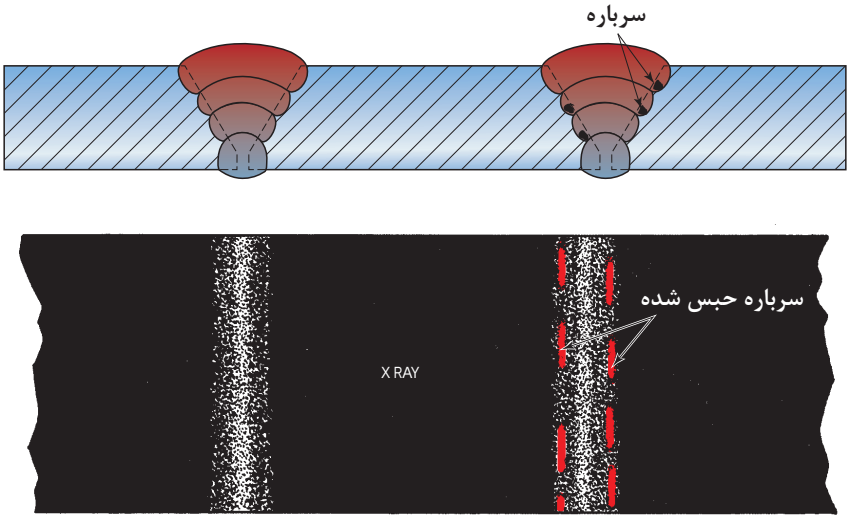
یکی از مؤثرترین روش‌ها برای حذف سرباره حبس شده و یکنواخت سازی پاس ریشه، استفاده از پاس داغ (Hot Pass) است. پاس داغ بلافاصله پس از اجرای پاس ریشه و با آمپری بالاتر و سرعت پیشروی بیشتر انجام می‌شود.




شکل ۳۹

پاس داغ (Hot Pass) باعث ذوب مجدد بخشی از فلز جوش در پاس ریشه (Root Pass) شده و سرعت سرد شدن فلز جوش را کاهش می‌دهد. درنتیجه، سرباره‌های حبس شده فرصت آزاد شدن و خروج از حوضچه مذاب را پیدا می‌کنند. علاوه بر بهبود کیفیت متالورژیکی فلز جوش، موجب یکنواخت‌تر شدن سطح ریشه جوش و در نهایت افزایش استحکام و کیفیت اتصال جوشی می‌شود. مقایسه وضعیت سرباره در پاس ریشه و تأثیر اجرای پاس داغ در حذف سرباره‌های حبس شده در شکل ۴۰ نشان داده شده است.

هنگام ایجاد پاس ریشه ممکن است مقداری فلز در اتصال رسوب کند و گرده جوش به‌صورت مقعر ایجاد شود. جوش مقعر در مقایسه با محدب به وسیله برس سیمی و سنگ‌زنی به‌راحتی تمیز می‌شود. اگر تمیزکاری درز اتصال به‌درستی انجام نشود، احتمال باقی ماندن سرباره و ایجاد ناپیوستگی‌های جوشی افزایش می‌یابد. این وضعیت در شکل ۴۰ نشان داده شده است.

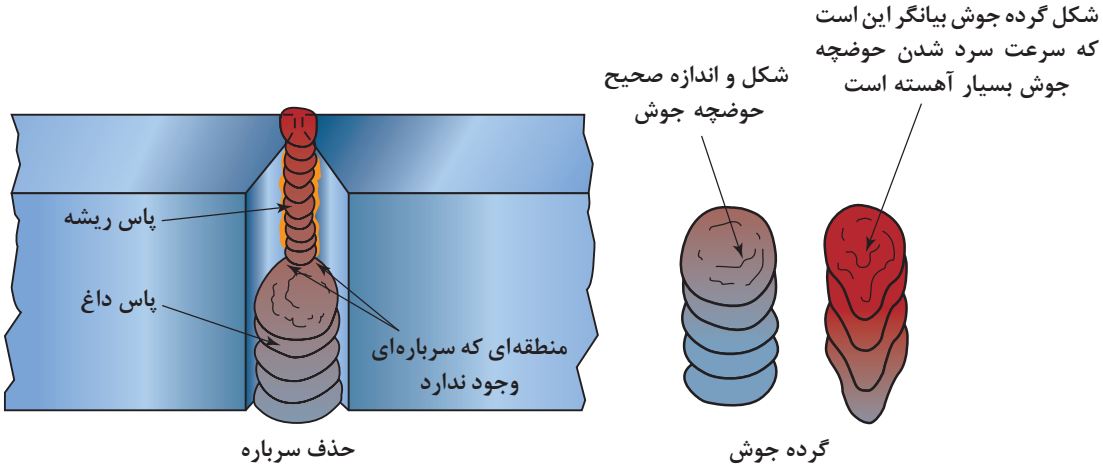



**شکل ۴۰ـ سرباره محبوس شده بین پاس‌ها**

پاس داغ برای اصلاح و ترمیم عیوبی مانند ذوب ناقص یا برای حذف سرباره‌های باقی‌مانده در پاس ریشه به‌کار می‌رود. الگوی حرکت الکترود در پاس داغ معمولاً به‌صورت مستقیم یا الگوی T شکل اجرا می‌شود. الگوی T شکل به‌دلیل ایجاد آشفتگی بیشتر در حوضچه مذاب، در حذف سرباره‌های حبس‌شده نسبت به الگوی مستقیم مؤثرتر است.

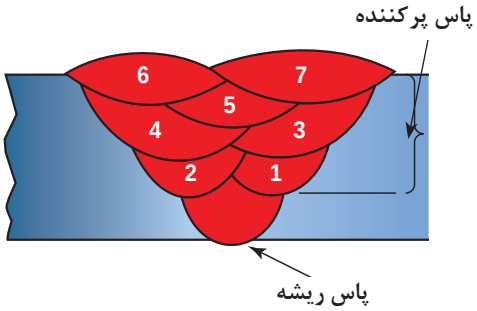
### پاس داغ در وضعیت عمودی

بهترین وضعیت برای اجرای پاس داغ، وضعیت عمودی است. در این حالت، سرباره تشکیل شده می‌تواند به راحتی از حوضچه مذاب جداشده و به سطح جوش منتقل شود؛ درحالی که در وضعیت تخت ممکن است در عمق جوش حبس شود. برای دستیابی به ذوب مناسب و خروج کامل سرباره، شدت‌جریان جوشکاری را تا حد امکان افزایش دهید، بدون این‌که الکترود بیش ازحد داغ یا دچار سوختگی شود. اجرای پاس داغ باید از پایین اتصال به سمت بالا انجام شود و استفاده ترکیبی از تکنیک حرکت مستقیم و T شکل به یکنواختی فلز جوش کمک می‌کند. (شکل ۴۱).



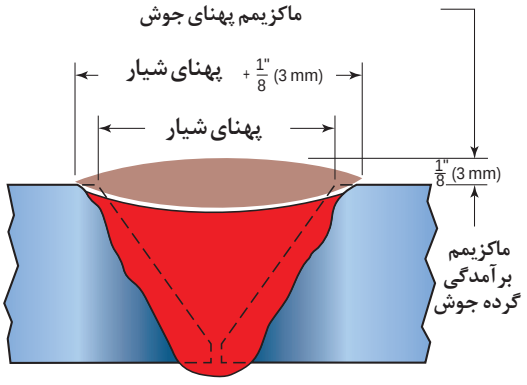

شکل ۴۱

■ **پاس پرکننده Fill pass**: پس‌از پاس داغ و تمیزکاری آن، پاس‌های پرکننده برای پرکردنِ حجم درزاتصال اعمال می‌شوند. دراین‌مرحله معمولاً ازچند پاس‌متوالی استفاده می‌شود. پاس‌های پرکننده می‌توانند به‌صورت گرده‌های زنجیره‌ای (Stringer Beads) یا گرده‌های موجی شکل (Weave Beads) اجرا شوند. روش زنجیره‌ای مقدار هم‌پوشانی گرده‌ها حدود ۲۵٪ است که در شکل ۴۲ نشان داده شده. در روش موجی شکل نیز باید عرض نوسان کنترل شود تا افتادگی یا انباشتگی بیش ازحد در پاس ایجاد نشود.




شکل ۴۲

■ **پاس پوششی Cover Pass**: جوش نهایی در جوش‌های چند پاسه به عنوان پاس پوششی شناخته می‌شود. در پاس پوششی از الکترودهای متفاوت یا از الکترود مشابه پاس پرکننده استفاده می‌شود. یکنواخت بودن و داشتن ظاهر زیبا برای جوش پوششی بسیار مهم است. در این پاس، جوش‌ها تست نشده و بررسی از روی ظاهر جوش است. پاس‌های پوششی باید عاری از عیوبی مانند سوختگی کناره جوش، تخلخل و ناخالصی سرباره در آن باشند و ازلحاظ عرض و گرده جوش باید یکنواخت باشد. مقدار عرض گرده پاس پوششی در شکل ۴۳ نشان داده شده است.

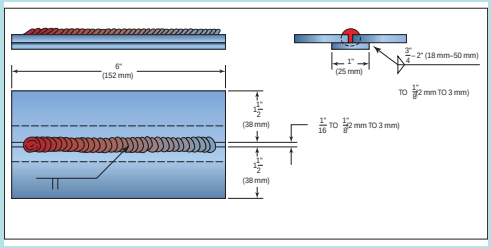


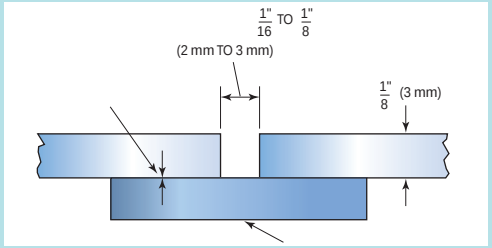

شکل ۴۳ـ پاس پوششی

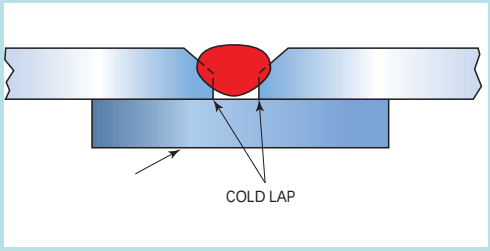
کارگاهی

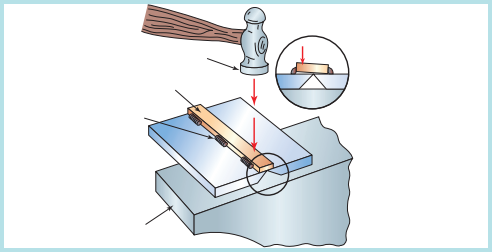
## جوشکاری پاس ریشه با پشت‌بند

مطابق نقشه داده شده روی پلیت فولادی با پشت‌بند در وضعیت تخت پاس ریشه را انجام دهید.





### مراحل انجام کار

- آماده‌سازی قطعات و انتخاب الکترود مناسب
- مونتاژ دو پلیت فولادی با فاصله بازشدگی ریشه ۲ـ۳mm
- اتصال پشت‌بند فولادی بدون فاصله به پلیت‌ها
- ایجاد خال جوش بین پلیت‌ها
- جوشکاری پاس ریشه با تکنیک مستقیم یا T
- جدا کردن پشت‌بندهای فولادی از پلیت‌ها
- برش مقطع اتصال و بررسی مقدار نفوذ

### وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری

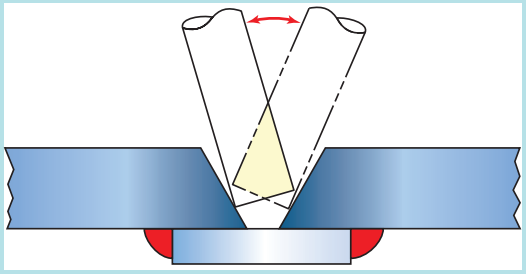
نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

کارکارگاهی

## جوش شیاری پاس ریشه بدون پشت‌بند

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





### مراحل انجام کار

- آماده‌سازی قطعات و انتخاب الکترود مناسب
- مونتاژ دو پلیت فولادی بافاصله بازشدگی ریشه ۲ـ۳ mm
- ایجاد خال‌جوش بین پلیت‌ها
- جوشکاری با طول قوس کوتاه و آمپر ۹۰
- کنترل نفوذ و سوختگی کناره‌ها با تغییر زاویه الکترود
- مماس نمودن الکترود نسبت به سطح، هنگام کاهش زاویه پشتران
- حرکت الکترود به‌صورت U شکل برای پایداری قوس و ذوب لبه‌ها
- برش مقطع اتصال و بررسی مقدار نفوذ

### وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

**ابزار و تجهیزات مورد نیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

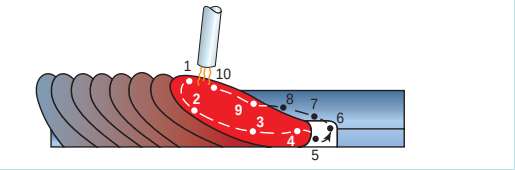
- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری

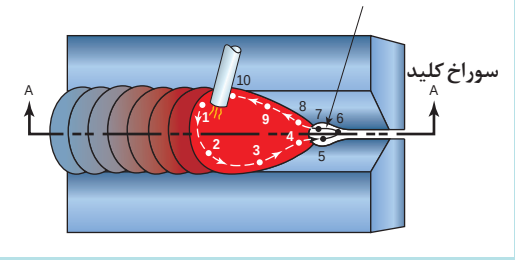
نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

کارگاهی

## جوشکاری ریشه باز با تکنیک سوراخ کلیدی




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

### مراحل انجام کار

- آماده‌سازی قطعات و انتخاب الکترود مناسب
- مونتاژ دو پلیت فولادی با فاصله باز شدگی ریشه ۲ـ۳ mm
- ایجاد خال جوش بین پلیت‌ها
- جوشکاری با آمپر متوسط و روش Stepping Short برای حرکت الکترود
- تشکیل سوراخ کلیدی با هدایت الکترود به سمت ریشه
- حرکت الکترود به‌صورت پایدار از حوضچه جوش به سمت جلو و برگرداندن آن به داخل حوضچه به‌صورت متوالی
- تعیین مقدار نوسان و فاصله حرکت الکترود با نگاه به حوضچه جوش و اندازه سوراخ کلیدی
- کاهش سرعت و فاصله الکترود از داخل حوضچه جوش به بیرون برای افزایش اندازه حوضچه و حفظ سوراخ کلیدی
- برش مقطع اتصال و بررسی مقدار نفوذ

### وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز این کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری

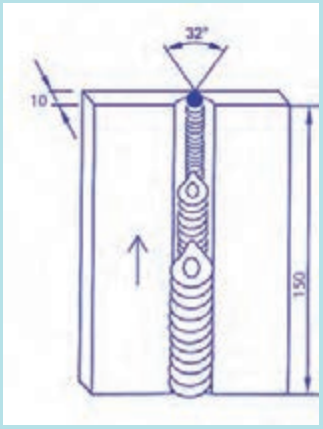
نکات زیست‌محیطی

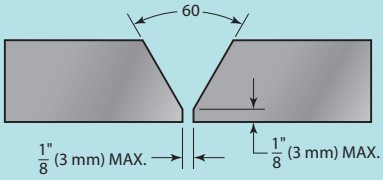
- تفکیک ضایعات پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

توجه کنید

اگر اندازه حوضچه جوش بزرگ شود ممکن است قطرات مذاب در اطراف سوراخ کلیدی ریزش کند و پشت جوش قندیلی از مذاب تشکیل شود و باعث ایجاد یک سوراخ بزرگ شده که به موجب آن سوختگی کناره جوش ایجاد شود. برای جلوگیری از ایجاد این عیب، سرعت پیشروی را افزایش، زاویه الکترود را کاهش، طول قوس را کاهش، آمپر را کاهش دهید.

کارکارگاهی




- جوشکاری چند پاسه با طرح اتصال لب به لب با پخ V در وضعیت عمود روی پلیت فولادی بانفوذ کامل ابعاد ۱۰ ×۱۰۰× ۱۵۰ میلی‌متر
- **مراحل انجام کار**
- آماده‌سازی قطعات و انتخاب الکترود مناسب
- ایجاد پخ مطابق نقشه.
- مونتاژ دو پلیت فولادی بافاصله بازشدگی ریشه حداقل ۲mm
- قرار دادن قطعات در وضعیت عمودی
- تنظیم آمپر دستگاه
- اجرای جوشکاری با تکنیک سوراخ کلیدی
- حرکت الکترود به‌صورت پایدار از حوضچه جوش به سمت جلو و برگرداندن آن به داخل حوضچه به‌صورت ریتمیک
- تعیین مقدار نوسان و فاصله حرکت الکترود با نگاه به حوضچه جوش و اندازه سوراخ کلیدی
- کاهش سرعت و فاصله الکترود از داخل حوضچه جوش به بیرون برای افزایش اندازه حوضچه و حفظ سوراخ کلیدی
- برش مقطع اتصال و بررسی مقدار نفوذ
- **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند عینک و دستکش و لباس کار و کفش ایمنی
- انجام کار کارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- رعایت نکات ایمنی هنگام برشکاری

نکات زیست‌محیطی

- تفکیک ضایعات پس از اتمام کار جهت بازیافت
- جمع‌آوری قسمت باقی‌مانده در یک سطل مخصوص
- استفاده از سیستم تهویه موضعی مناسب

# ارزشیابی شایستگی جوشکاری نفوذی

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۱ | **استاندارد عملکرد کار:** جوشکاری شیاری به‌صورت چند پاسه در همه وضعیت‌ها برابر WPS و نقشه | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۱۲ | کار | جوشکاری نفوذی | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی دستگاه | دستگاه جوش رکتی‌فایر، کابل‌ها، انبر الکترودگیر، لوازم حفاظت فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | انتخاب و آماده‌سازی دستگاه وتنظیم پارامترها مطابق WPS | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی دستگاه برابر با دستورالعمل | ۲ | |
| | | | | ناتوانی آماده‌سازی دستگاه | ۱ | |
| ۲ | آماده‌سازی قطعه‌کار | دستگاه جوشکاری با قوس الکتریکی رکتی فایر، کابل‌ها، انبر الکترودگیر، سنگ فرز، برس سیمی، چکش گل‌زنی، لوازم حفاظت فردی، الکترود، قطعه کار، لوازم حفاظت فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | ایجاد پخ، فاصله‌گذاری بین دو قطعه و اتصال دو قطعه با خال جوش برابر نقشه | ۳ | |
| | | | | ایجاد پخ و خال جوش برابر نقشه | ۲ | |
| | | | | عدم آماده‌سازی قطعه کار | ۱ | |
| ۳ | جوشکاری | دستگاه جوشکاری با قوس الکتریکی رکتی فایر، کابل‌ها، انبر الکترود گیر، سنگ فرز، برس سیمی، چکش گل‌زنی، لوازم حفاظت فردی، الکترود، قطعه کار، لوازم حفاظت فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | جوشکاری بدون ناپیوستگی مطابق WPS | ۳ | |
| | | | | جوشکاری با ناپیوستگی‌های مجاز برابر با دستورالعمل | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در جوشکاری شیاری | ۱ | |
| ۴ | کنترل نهایی | ابزار اندازه‌گیری دقیق و تجهیزات ایمنی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | تمیزکاری بین پاسی و نهایی و پرداخت برابر با دستورالعمل | ۳ | |
| | | | | تمیزکاری بین پاسی برابر دستورالعمل | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در تمیزکاری | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ مسئولیت‌پذیری<br>ـ دقت در اجرای پاس ریشه<br>ـ توجه به تهویه موضعی<br>ـ توجه به موارد ایمنی جوشکاری قوس الکتریکی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی‌ونگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |

| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | بلی ☐<br>خیر ☐ |
|---|---|

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# پودمان دوم

## جوشکاری لوله



مونتاژ لوله



جوشکاری لوله

جوشکاری لوله به عنوان یکی از مهارت‌های پایه و درعین حال راهبردی در صنایع فلزی و انرژی، نقش تعیین کننده‌ای در ساخت، توسعه و نگهداری سامانه‌های انتقال سیالات دارد. در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و تأسیسات صنعتی، کیفیت اتصال لوله‌ها به طور مستقیم بر ایمنی، دوام و بهره‌وری خطوط انتقال اثر می‌گذارد؛ از این رو، اجرای صحیح عملیات مونتاژ و جوشکاری لوله بر پایه اصول علمی و استانداردهای فنی، اهمیتی ویژه دارد. مونتاژکاری دقیق لوله‌ها شامل آماده‌سازی مناسب لبه ها، هم راستاسازی صحیح، تنظیم فاصله ریشه و تثبیت اصولی اتصال، نقش اساسی در دستیابی به جوشی سالم و عاری از عیوب ایفا می‌کند و هرگونه خطا در این مرحله می‌تواند منجر به کاهش استحکام اتصال و بروز ناپیوستگی‌های جوشی شود. از سوی دیگر، جوشکاری اصولی لوله‌ها مستلزم تسلط بر پارامترهای فرایند، انتخاب صحیح الکترود، کنترل قوس الکتریکی و اجرای یکنواخت پاس‌های جوش است تا نفوذ مناسب، استحکام مکانیکی مطلوب و آب‌بندی کامل اتصال تضمین گردد. توجه هم زمان به مونتاژکاری و جوشکاری، ضمن افزایش ایمنی و طول عمر خطوط لوله، زمینه ساز تربیت نیروی انسانی ماهر و توانمند برای پاسخ‌گویی به نیازهای فنی و تخصصی صنعت است.

# واحد یادگیری ۱

## مونتاژ لوله

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

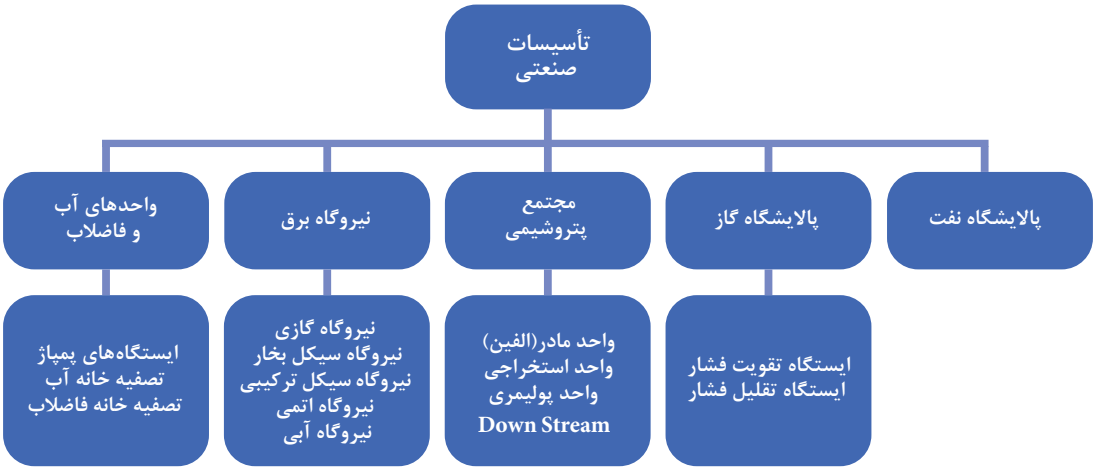
- انجام صحیح مونتاژ لوله‌ها پیش‌نیاز یک جوشکاری باکیفیت محسوب می‌شود.
- آماده‌سازی اتصال لوله‌ها شامل چندین مرحله است.
- هم‌محوری لوله‌ها، هنگام مونتاژ اهمیت داشته و عدم رعایت آن معایبی در کار ایجاد می‌کند.
- فاصله ریشه در اتصال لوله چه بوده و تنظیم صحیح آن در مرحله مونتاژ ضروری است.
- برای ثابت نگه داشتن لوله‌ها پیش از جوشکاری از روش ها و ابزارهایی استفاده می‌شود.

### استانداردعملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجو قادر خواهد بود، با استفاده از ابزار وتجهیزات مونتاژ لوله را با رعایت استانداردهای فنی و اصول ایمنی برای عملیات جوشکاری با رعایت کامل آماده نماید.

## لوله کشی (piping)

پایپینگ به مجموعه فعالیت‌های مهندسی شامل طراحی، تحلیل، انتخاب، ساخت و نصب انواع لوله‌ها و اجزای وابسته برای انتقال ایمن و پایدار سیالات فرایندی (مایع، گاز) در تأسیسات صنعتی اطلاق می‌شود.




نمودار ۱

این حوزه با تکیه بر استانداردها، مقررات ایمنی و الزامات عملیاتی، تضمین‌کننده عملکرد قابل اعتماد شبکه لوله‌کشی در شرایط کاری مختلف و حفظ یکپارچگی مکانیکی سیستم است.
در جدول ۱ دسته‌بندی استانداردهای کاربردی در سیستم لوله‌کشی آورده شده است.

**جدول۱ـ استانداردهای لوله‌کشی**

| کاربرد | شماره استاندارد |
|---|---|
| لوله‌کشی نیروگاهی | ASME B۳۱.۱ |
| لوله‌کشی فرایندی | ASME B۳۱.۳ |
| سیستم‌های انتقال خط لوله برای مایعات | ASME B۳۱.۴ |
| لوله‌کشی سیستم‌های تبرید | ASME B۳۱.۵ |
| سیستم‌های انتقال و توزیع گاز | ASME B۳۱.۸ |

اجزای اصلی یک سیستم پایپینگ شامل لوله‌ها و تیوب‌ها، انواع اتصالات، و شیرهای کنترلی است که هرکدام وظیفه مشخصی در هدایت، تغییر مسیر، کنترل فشار و قطع و وصل جریان سیال بر عهده دارند. این عناصر با هم ساختار کامل شبکه لوله‌کشی را تشکیل داده و امکان انتقال ایمن و پایدار سیالات را فراهم می‌کنند.

## اتصالات



شکل ۱

اتصالات یا فیتینگ‌ها تجهیزاتی هستند که از آنها در خطوط لوله‌کشی با اهدافی مثل تغییر مسیر جریان، انشعاب‌گیری، تغییر قطر لوله و مسدود کردن مسیر خط لوله استفاده می‌شوند.

### انواع اتصال

فیتینگ‌ها بر اساس نحوه اتصال به خطوط لوله به سه دسته جوشی، سوکتی و دنده‌ای تقسیم می‌شوند.

**اتصالات جوشی** پرکاربردترین فیتینگ‌هایی‌که درصنعت استفاده می‌شوند از نوع جوشی سربه‌سر هستند (شکل ۲).

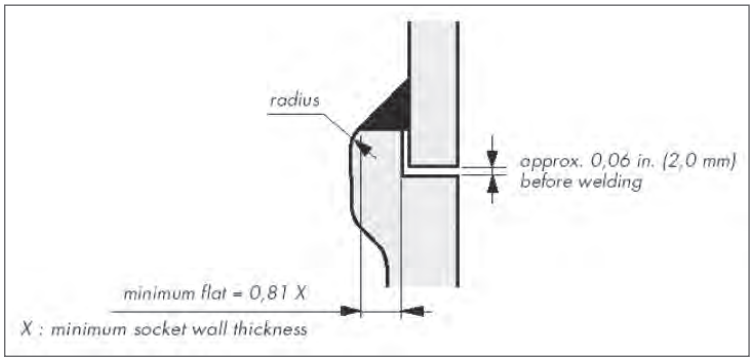
| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| زانو | سه‌راهی | تبدیل | کپ |

شکل ۲ــ اتصالات جوشی مورد استفاده درلوله‌کشی

**اتصالات سوکتی** دارای یک ناحیهٔ فرورفته در دو سر خود هستند که لوله درون آن قرار گرفته و در جای خود ثابت می‌شود. در کاربردهای پرفشار، تکیه بر درگیری مکانیکیِ سوکتی به تنهایی کافی نیست؛ به همین دلیل، لوله و اتصال از ناحیهٔ تماس به یکدیگر جوش داده می‌شوند تا استحکام و آب‌بندی کامل فراهم گردد.








شکل ۳

مزایای مهم اتصالات سوکتی، سهولت دستیابی به هم‌محوری دقیق لوله و اتصال است که به بهبود کیفیت مونتاژ و کاهش تنش‌های اضافی در سیستم لوله‌کشی کمک می‌کند.

**اتصالات دنده‌ای** به صورت پیچی به سایر قطعات متصل می‌شوند. این نوع اتصالات برای خطوط لوله‌هایی با سایز پایین (کمتر از ۲ اینچ) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اتصالات دنده‌ای به علت ایجاد دنده بر روی لوله مقاومت آن کاهش خواهد یافت و خوردگی خط لوله از آن قسمت شروع می‌شود. اتصالات دنده‌ای نیاز به Fit up کردن نداشته و به سادگی قابل نصب هستند (شکل ۴).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| زانو ۹۰ درجه | زانو ۴۵ درجه | سه‌راهی | تبدیل |
|  |  |  |  |
| زانو تبدیل | سه‌راهی تبدیل | بوشن | سردنده |
|  |  |  |  |
| نیپل | مغزی | درپوش | مهره ماسوره |

**شکل ۴ـ اتصالات دنده‌ای مورد استفاده درلوله‌کشی**

## زانو (Elbow)

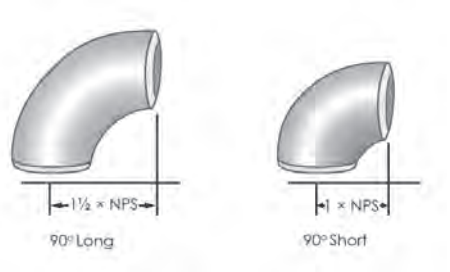
زانو پرکاربردترین فیتینگ در خطوط لوله‌کشی است. به منظور تغییر جهت جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. زانوها در زوایای ۴۵ و ۹۰ درجه ساخته شده و در خطوط لوله به کار می‌روند.



**شکل ۵**

نکته

زانوهای دور بلند به دلیل شعاع خم بزرگ‌تر، تغییر جهت جریان را با افت فشار کمتر و آشفتگی کمتری انجام می‌دهند و برای مسیرهای حساس یا جریان‌هایی با سرعت بالا مناسب‌اند. در مقابل، زانوهای دور کوتاه دارای شعاع خم کوچک‌تری هستند و فضای کمتری اشغال می‌کنند، اما موجب افزایش افت فشار و افزایش آشفتگی جریان می‌شوند.




## برگشتی (Return)

برگشتی نوعی اتصال لوله‌ای است که مسیر جریان را ۱۸۰ درجه تغییر جهت می‌دهد. یعنی سیال را به سمت مخالف مسیر اولیه برمی‌گرداند. این اتصال همانند آن است که دو زانویی ۹۰ درجه به یکدیگر متصل شده باشند. از آن برای برگشت جریان، تغییر مسیر در فضای محدود، ایجاد حلقه در خطوط لوله و استفاده در مبدل‌ها، کویل‌ها و سیستم‌های حرارتی استفاده می‌شود.



شکل۶ـ انواع برگشتی

## میتر (Miter)

میتر در خطوط لوله وظیفه‌ای مشابه زانویی دارند، با این تفاوت که به عنوان فیتینگ مجزا شناخته نمی‌شوند؛ زیرا از طریق برش‌دادن لوله با زوایای مشخص و سپس جوش دادن قطعات به یکدیگر ساخته می‌شوند. از میترها معمولاً در مسیرهایی استفاده می‌شود که افت فشار ناشی از تغییر جهت جریان اهمیت چندانی نداشته باشد و در عین حال، نیاز به تغییر مسیر با شعاع زیاد وجود داشته باشد (شکل۷).



شکل۷

## تبدیل (Reducer)

قطعه‌ای است که در سیستم لوله‌کشی برای تغییر قطر لوله از بزرگ به کوچک یا از کوچک به بزرگ به کار می‌رود. این تجهیز امکان تطبیق اندازه لوله‌ها را فراهم کرده و به حفظ پیوستگی جریان و عملکرد مناسب سیستم پایپینگ کمک می‌کند.





شکل ۸

## نیپل (Nipple)

قطعه‌ای کوتاه از لوله است، معمولاً طول آن کمتر از ۲۰ سانتی متر می‌باشد. برای اتصال اجزای مختلف در سیستم لوله‌کشی به کار می‌رود. نیپل‌ها در انواع جوشی، یک سر رزوه و دو سر رزوه ساخته می‌شوند.

| یک سر رزوه کوتاه | یک سر رزوه بلند | دو سر رزوه | سوئیچ نیپل |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

شکل ۹

سوئیچ نیپل یک فیتینگ با کاربرد مشابه کاهنده‌ها است که از آن برای اتصال دو خط لوله با قطرهای مختلف استفاده می‌شود.

پژوهش

در مورد انواع نیپل‌های مورد استفاده درلوله‌کشی صنعتی در منابع گوناگون جست‌وجو نمایید.

.....

## سه‌راهی (Tee)

در خطوط لوله استفاده از سه‌راهی به منظور ایجاد انشعاب می‌باشد. در دو نوع مستقیم و کاهنده ساخته می‌شود.

از سه‌راهی مستقیم برای انشعاب‌گیری با قطر مشابه لوله اصلی و سه‌راهی کاهنده برای انشعاب‌گیری با قطری کمتر از خط لوله اصلی کاربرد دارد.



شکل ۱۰ـ انواع سه راهی

## اولت (Olet)

یکی از پرکاربردترین روش‌های انشعاب‌گیری استفاده از فیتینگ‌هایی به نام Outlet می‌باشد که به صورت اختصاری آنها را Olet می‌نامند. اولت‌ها برای ایجاد انشعابی به صورت ۹۰ درجه با سایز مشابه لوله اصلی یا کوچکتر از آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. در انتهای اولت‌ها انحنایی وجود دارد که سبب می‌شود به راحتی بر روی لوله اصلی قرار گیرد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

پژوهش

با جست‌وجو و بررسی منابع معتبر مختلف، انواع انشعابات مورد استفاده در پایپینگ را شناسایی و معرفی نمایید. سپس کاربرد هر نوع را همراه با یک توضیح کوتاه یا تصویر شماتیک بررسی کرده و نتایج پژوهش خود را ارائه دهید.

## کپ (Cap)

کپ یا درپوش اتصالی است که به منظور مسدودسازی انتهای خط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

## اسپول (Spool)

به مجموعه لوله‌های خام و اتصالات که در کارگاه ساخته شده و درمحل کار مونتاژ می‌شوند را اسپول می‌نامند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

پژوهش

با جست‌وجو و بررسی منابع معتبر مختلف، انواع سرجوش‌های مورد استفاده در ساخت اسپول‌های پایپینگ را شناسایی و معرفی نمایید. سپس کاربرد هر نوع سرجوش را همراه با یک توضیح کوتاه یا تصویر شماتیک بررسی کرده و نتایج پژوهش خود را ارائه دهید.

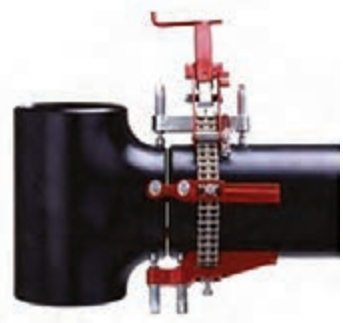
## کلمپ لوله

ابزاری که جهت تنظیم کردن سر لوله‌های فلزی یا فیتاپ کردن لوله‌های فلزی، استفاده می‌شود. از کلمپ برای تنظیم کردن دهانه ریشه (Root Gap / Root Opening) و ثابت نگه‌داشتن لوله برای جوشکاری استفاده می‌شود انواع کلمپ به صورت داخلی و خارجی می باشند (جدول۲).

**جدول۲ـ انواع کلمپ**

| نوع | شکل | کاربرد |
|---|---|---|
| کلمپ داخلی<br>Internal clamp |  | برای فیت آپ کردن لوله با سایز بزرگتر از ۱۶ اینچ استفاده می‌شود. و کارایی بهتری در فیت آپ کردن و نگه داشتن لوله جهت جوشکاری دارد. |
| کلمپ خارجی<br>External clamp |  | برای لوله با سایز کوچکتر از ۱۶ اینچ استفاده می‌شود. علاوه بر کلمپ طولی خط لوله برای نگه داشتن بسیاری از اتصالات به دلیل سخت بودن فیت آپ نیاز به کلمپ خارجی می‌باشد. |

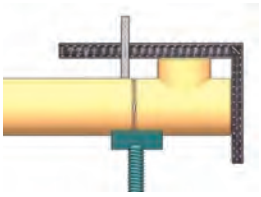
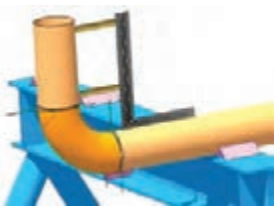
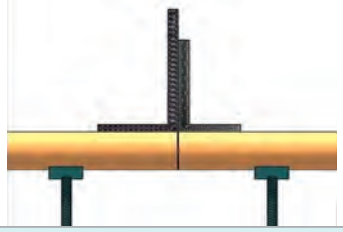
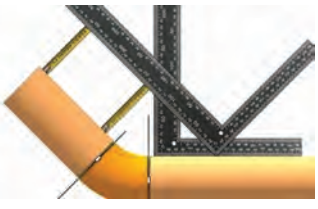
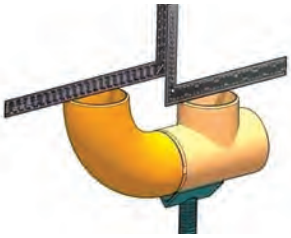
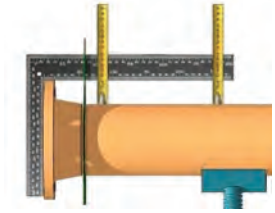
در شکل۱۴ انواع کلمپ‌های خارجی برای اتصال فیتینگ‌ها به لوله نشان داده شده است.

| | |
|---|---|
|  |  |
| کلمپ سه‌راهی Tee clamp | کلمپ زانو Elbow clamp |
|  |  |
| کلمپ فلنجی Flange clamp | کلمپ کپ Cap clamp |

شکل ۱۴ـ انواع کلمپ خارجی

## مونتاژ فیتینگ‌ها به لوله

در شکل ۱۵ انواع مونتاژ فیتینگ به فیتینگ و فیتینگ به لوله نشان داده شده است.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| سه‌راه به لوله | لوله به زانو | لوله به لوله |
|  |  |  |
| زانو ۴۵ درجه به لوله | فیتینگ به فیتینگ | فلنج به لوله |

شکل ۱۵

## فلنج

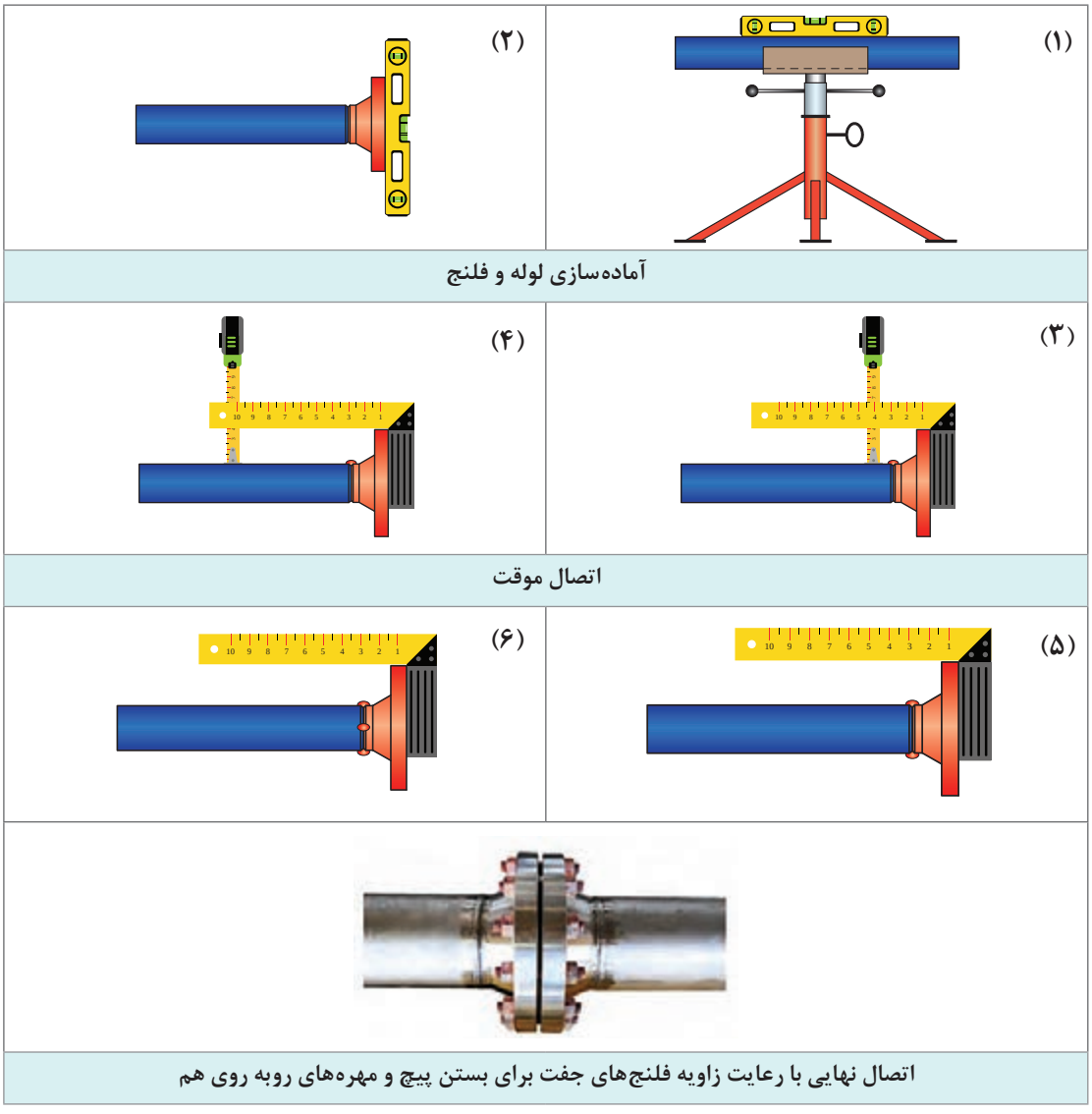
صفحات گرد فلزی با سوراخی به اندازه قطر لوله برای عبور سیال هستند، که به کمک پیچ و مهره و واشر آب بندی به یکدیگر متصل می گردند. فلنج برای اتصال لوله به لوله یا لوله به شیرآلات به‌کار می‌رود و از قطر ۱۱/۴ اینچ به بالا قابل استفاده می‌باشد. فلنج‌ها در مدل های ساده، لبه دار و کور به صورت دنده‌ای و جوشی وجود دارند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ـ فلنج

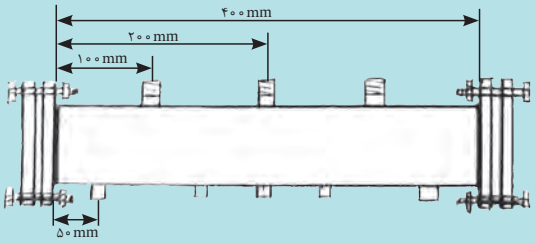
## مراحل اتصال فلنج به لوله

مراحل کلی اتصال فلنج به لوله شامل آماده‌سازی، اتصال موقت و اتصال نهایی مطابق شکل ۱۷ می‌باشد.




شکل ۱۷ـ مراحل اتصال لوله و فلنج

کارکارگاهی






**مونتاژ فلنج به لوله**

مطابق نقشه دو عدد صفحه فلنج را به لوله مونتاژ نمایید.

ابعاد: لوله فولادی سیاه سایز ۲ اینچ به‌طول ۴۰mm

**مراحل انجام کار**

- برش لوله اصلی مطابق اندازه داده شده
- سوراخ‌کاری محل نصب بوشن‌ها
- تمیزکاری و پلیسه‌گیری
- خال‌جوش نمودن فلنج‌های دو طرف
- گونیا و ترازکردن فلنج‌ها
- خال‌جوش نمودن بوشن‌ها

**وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

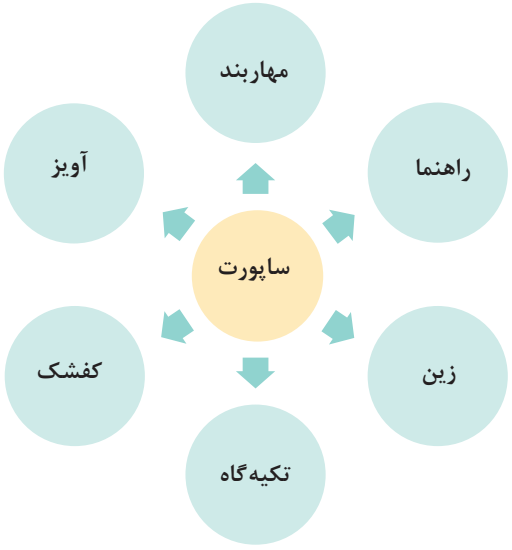
- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنر آموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به سطح.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

## ساپورت

ساپورت‌ها اجزای مکانیکی هستند که برای نگهداری، ثابت کردن و کنترل حرکت لوله‌ها در مسیر لوله‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب نوع مناسب ساپورت باعث افزایش عمر مفید لوله‌ها و عملکرد ایمن سیستم می‌شود. در شکل ۱۸ انواع ساپورت لوله‌ها نشان داده شده است.




نمودار ۲



شکل ۱۸ــ انواع ساپورت

جست‌وجو کنید

با جست‌وجو در منابع مختلف (اینترنت و کتاب و...) کاربرد، خرک در استقرار لوله‌ها و اتصالات چیست وچه ویژگی باید داشته باشد.

پاسخ .....

## انواع اتصال در انتهای لوله

در سیستم لوله‌کشی، نوع اتصال انتهای لوله‌ها نقش مهمی در نحوه اتصال به سایر قسمت‌های سیستم لوله‌کشی ایفا می‌کنند. رایج‌ترین انواع اتصال انتهای لوله اتصال تخت، کونیک‌دار و رزوه‌ای هستند.



شکل ۱۹

پژوهش

در مورد کاربرد، نحوه اتصال و استانداردهای مرتبط با انواع فیتینگ در انتهای لوله در منابع گوناگون جست‌وجو نمایید و نتیجه را در کلاس با راهنمایی از هنرآموز محترم خود به بحث و گفت‌وگو بگذارید.

**پاسخ** .....

## پخ زن

وسیله‌ای برای به شکل زین اسب درآوردن سرلوله‌ها و کونیک نمودن لبه آنها است که از آن در اتصال لوله‌های فرعی به لوله اصلی استفاده می‌شود (شکل ۲۰).

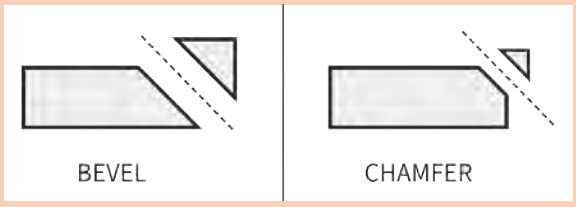


شکل ۲۰

کار کلاسی

تفاوت نوع پخ‌های زیر را بررسی نمایید و تفاوت و نوع کارکرد هر یک را بیان نمایید؟

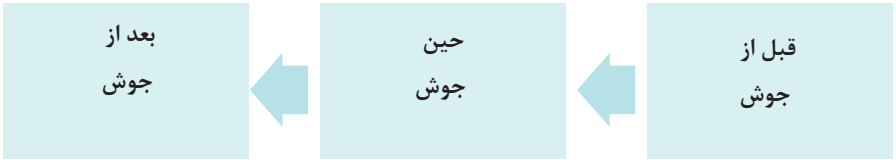
**پاسخ** .....



به طور کلی فرایند بازرسی جوش در سه مرحله انجام می‌شود.



شکل ۲۱




نمودار ۳

## بازرسی فیت آپ

فیت آپ (Fit_Up) به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که قبل از جوشکاری برای جفت کردن، تنظیم، هم‌محورکردن و تثبیت اتصالات لوله‌ها انجام می‌شود. اجرای صحیح فیت آپ کیفیت جوش، ایمنی و دقت ابعادی را تضمین می‌نماید. در جدول ۳ مراحل اجرای مونتاژ لوله و اتصالات آورده شده است.

**جدول ۳ــ مراحل اجرا**

| موارد | شرح |
|---|---|
| بررسی نقشه‌ها و مدارک فنی | نقشه‌های ایزو (ISO)، دیاگرام لوله‌کشی و ابزار دقیق، اسپول‌ها و دستورالعمل‌های رویه جوشکاری |
| | مشخص کردن نوع اتصال: لب به لب، ساکت ولد، فلنجی، رزوه‌ای |
| | تعیین اندازه، جنس و سایز لوله |
| آماده‌سازی لوله و اتصالات | تمیزکاری سطح، برداشتن رنگ، روغن و آلودگی‌ها |
| | برش لوله و پخ‌زنی مطابق دستورالعمل و نقشه |
| | کنترل ابعادی |
| تنظیم و هم‌راستا کردن لوله‌ها | با انواع گیره مناسب |
| | Hi-Lo Gauge برای کنترل اختلاف سطح - هم‌محورکردن دو سر لوله از نظر مرکزیت |
| تعیین و تثبیت فاصله ریشه | تنظیم فاصله طبق دستورالعمل رویه جوشکاری |
| | به کارگیری فاصله نگه‌دار یا گوه برای ثابت نگه داشتن فاصله ریشه تا زمان اجرای جوش |
| نقطه جوش | معمولاً ۴ خال‌جوش در زوایای ۹۰ درجه با افزایش قطر لوله (۶ تا ۸ نقطه) |
| | طول خال‌جوش‌ها برای قطر کمتر از ۶ اینچ ۱۵تا ۲۵ میلی‌متر- قطر ۸ تا ۱۸ اینچ ۲۵تا ۳۵ میلی‌متر - قطر بالای ۲۰ اینچ تا ۵۶ اینچ ۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر |
| | نفوذ کافی برای جلوگیری از شکست در مرحله پیش گرم |

| موارد | شرح |
|---|---|
| کنترل کیفیت اولیه | زاویه پخ - فاصله ریشه - عدم هم‌راستایی - کیفیت خال جوش - مواد مصرفی - تمیزی سطوح |
| پیش گرم | کاهش تنش - جلوگیری از ترک - کنترل دما |

نکته

در صورت تأیید، اجازه جوشکاری صادر می‌شود و جوش باید بلافاصله طبق دستورالعمل رویه جوشکاری شروع شود تا تغییر شکل در فیت آپ ایجاد نشود.

افرادی که عملیات فیت آپ را انجام می‌دهند، به صورت گروه‌های چند نفره سازمان‌دهی می‌شوند. این افراد معمولاً شامل فیتر، کمک فیتر و تک‌زن هستند که عملیات اتصال موقت قطعات به وسیله‌ی خال‌جوش را انجام می‌دهد.

**جدول ۴**

| توانمندی‌های گروه فیتری | |
|---|---|
| تسلط به نقشه‌خوانی ایزومتریک پایپینگ | استفاده از جرثقیل‌های دستی برای جابه‌جایی قطعات |
| تسلط به چرخش‌ها و جهت‌یابی | برش‌کاری، سنگ‌زنی و ساب‌کاری |
| شناخت متریال‌ها براساس جنس، سایز و ضخامت | برقراری ارتباط با اپراتور جرثقیل |
| استفاده از جداول راهنمای کنترل ابعادی | پیاده‌سازی الزامات نقشه ایزومتریک |
| تک زنی | آمادگی جسمانی نسبتاً خوب |

نکته

برای اخذ آزمون فیتری می‌توان نقشه اصلی را با سیم مفتول و نقشه ایزومتریک اجرا نمود و میزان تسلط برای کنترل عملیات فیت آپ را تشخیص داد.

## تجهیزات مونتاژ کردن

برای مونتاژ و فیت آپ قطعات از ابزارهایی نظیر سنگ فرز، تراز، گونیا، اسپیسر، گوه، براکت و سایر تجهیزات کمکی استفاده می‌شود. عملیات تک زنی با استفاده از روش‌های متداول جوشکاری، از جمله جوشکاری با الکترود دستی انجام می‌گیرد. همچنین به‌منظور ایجاد و کنترل فاصلهٔ ریشه در محل اتصال، از قطعات کوچک فلزی موسوم به اسپیسر استفاده می‌شود تا فاصلهٔ مورد نیاز بین قطعات تا زمان جوشکاری نهایی به طور پایدار حفظ گردد.





**شکل ۲۲**

نکته

تمیزکاری پس از پخ: حذف پلیسه، سرباره، رنگ، روغن و زنگ زدگی (تا شعاع ۲۵ میلیمتری از لبه).

پرسش کلاسی

چرا باید Gap را کمی بیشتر از مقدار اسمی در نظر گرفت.

پاسخ .....

## کنترل کیفیت فیت آپ

بازرسان با استفاده از ابزارهای خاصی نظیر گیج‌های بازرسی، ذره‌بین، آینه و آهنربای بازرسی در مرحله اول بازرسی چشمی را انجام داده و در صورت لزوم با استفاده از نقشه خوانی جوش یا با استفاده از نقشه‌های ایزومتریک پایپینگ سایر مشخصه‌های متریال‌ها را کنترل می‌کنند. برخی از عیوب هنگام مونتاژ کردن در شکل ۲۳ نشان داده شده است.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>بیضی شدن Ovality</td><td>ضربه خوردن لوله Dent</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>عدم انطباق دهانه‌ها Miss Matching</td><td>اختلاف ضخامت Wall Thickness</td></tr>
</table>

شکل ۲۳

## ایمنی در عملیات مونتاژ

عملیات مونتاژ یکی از مراحل مهم در ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات و سیستم‌های صنعتی است. در این فرایند، قطعات مختلف به یکدیگر متصل شده و مجموعه نهایی تشکیل می‌شود. به دلیل استفاده از ابزارهای دستی و برقی، قطعات سنگین و گاهی کار در ارتفاع، رعایت اصول ایمنی در عملیات مونتاژ از اهمیت زیادی برخوردار است.

همچنین قبل از شروع مونتاژ باید ابزارها و تجهیزات مورد استفاده بررسی شوند تا از سالم بودن و عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل گردد.

- استفاده از ابزارهای معیوب یا نامناسب می‌تواند باعث بروز حادثه و آسیب به افراد شود.
- در هنگام مونتاژ قطعات سنگین، لازم است از وسایل مناسب جابه جایی و بالابری مانند جرثقیل، بالابر یا جرثقیل دستی استفاده شود و از بلند کردن دستی بارهای سنگین خودداری گردد.
- قطعات باید به طور ایمن مهار شوند تا از سقوط یا جابه‌جایی ناگهانی آنها جلوگیری شود.
- حفظ نظم و تمیزی محیط کار از عوامل مهم در ایمنی عملیات مونتاژ است. وجود ابزارهای پراکنده، روغن یا مواد لغزنده در محل کار می تواند موجب لغزش و بروز حادثه شود.

کار کلاسی

برخی از موارد ایمنی در عملیات مونتاژ در جدول ۵ ذکر شده است، موارد مورد نیاز را با راهنمایی گرفتن از هنر آموز محترم خود به جدول اضافه نمایید.

**جدول ۵**

| موارد ایمنی مورد نیاز | شرح ایمنی |
|---|---|
| ابزارهای برش و سنگ | استفاده از حفاظ سنگ و عینک ایمنی. |
| | خطرات گرد و غبار در سنگ زنی لوله‌ها. |
| بلند کردن بار | اصول ارگونومی و بلند کردن دستی. |
| | بازرسی تسمه‌ها و زنجیرهای بالابر. |
| محیط جوشکاری | سوختگی ناشی از خال جوش‌های داغ، خطر برق گرفتگی. |
| | خطرات ناشی از انفجار. |

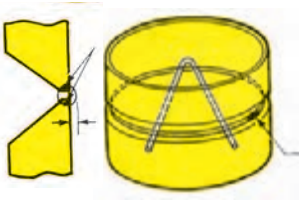
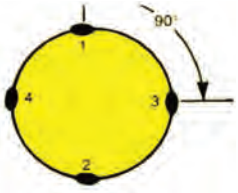
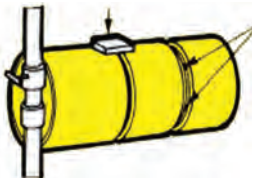
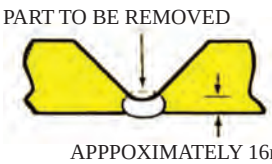
جست‌وجو کنید

درمورد اصطلاحات رایج جوشکاری در عملیات پایپینگ با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول زیر را ترجمه و لغات پیشنهادی مورد نیاز را به جدول اضافه نمایید.

| اصطلاح انگلیسی | اصطلاح فارسی | اصطلاح انگلیسی | اصطلاح فارسی |
|---|---|---|---|
| Reweld | ..... | Cut Out | ..... |
| Add Joint | ..... | ..... | تعمیرات |
| Delete Joint | ..... | ..... | ..... |
| Back Weld | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... |

## آماده‌سازی لبه لوله‌ها

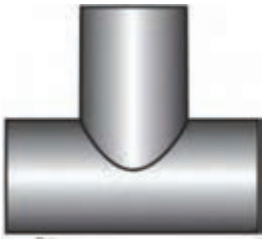
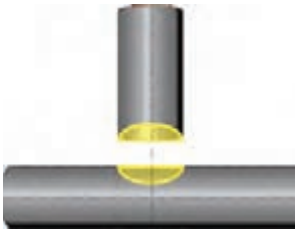
- بازرسی چشمی لبه لوله‌ها قبل از جوشکاری
- تمیزی پخ‌ها و لبه‌ها از انواع آلودگی
- بُرش مجدد و پخ‌زنی لبه لوله در صورت آسیب دیدگی
- علامت گذاری روی تمام اقلام مردود با رنگ قرمز
- لیست و خارج نمودن اقلام مردود از کارگاه
- مجاز نبودن پخ‌زنی لوله‌ها بدون دستگاه هدایت شونده با مشعل اکسی استیلن
- پخ زنی تمام پخ‌ها با ماشین پخ‌زن
- کنترل ابعادی پخ و طرح اتصال با دستورالعمل

| | |
|---|---|
|  |  |
| تمیزکاری | قرار دادن سیم فاصله انداز |
|  |  |
| اولین خال‌جوش | دومین خال‌جوش |
|  |  |
| خال‌جوش سوم و چهارم عمود بر اولی و دومی | هم راستایی با قراردادن گوه |
|  |  |
| سنگ‌زنی سطح بیرونی خال جوش‌ها | پخ‌کردن لبه‌های اتصال بین خال جوش و رویهٔ ریشه |

شکل ۲۴ـ نحوه ایجادخال جوش

## آماده‌سازی لوله و محل انشعاب

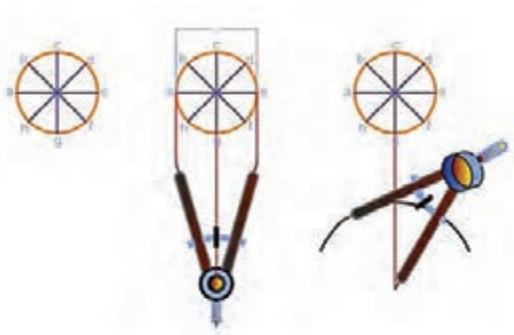
برای به‌دست آوردن مسیر منحنی فصل مشترک، لوله انشعاب و لوله اصلی کلکتور با استفاده از شابلون به‌ترتیب جدول۶ می‌توان عمل نمود.

شکل ۲۵ـ فصل مشترک لوله انشعاب

در جدول۶ نحوه ترسیم فصل مشترک لوله انشعاب نشان و توضیح شده است.

**جدول ۶**

| | |
|---|---|
| ترسیم دایره ای به شعاع لوله انشعاب |  |
| تقسیم آن به ۸ قسمت مساوی | |
| مشخص کردن نقاط تقسیم با حروف لاتین | |
| ترسیم خطوط عمود از نقاط a ،b ،c ،d و e | |
| ترسیم خط عمود ازمرکز دایره،بزرگتر از قطر لوله اصلی کلکتور | |
| بازکردن دهانه پرگاربه اندازه شعاع لوله اصلی کلکتور | |
| استقرارسوزن پرگار روی خط عمودشده ازمرکز دایره ترسیم قوس | |
| شماره گذاری نقاط برخورد خطوط با قوس ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ | |
| گسترش لوله انشعاب از نقطه c | |
| تقسیم سطح جانبی لوله انشعاب به اندازه ۸ کمان | |
| مشخص کردن تقسیمات طولی با حروف و شماره | |
| انتقال نقاط قوس، برخورد نقاط متناظر و ترسیم منحنی فصل مشترک | |

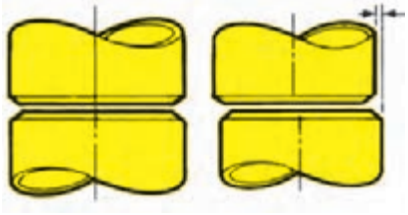
بعد از نشانه گذاری محل انشعابات که بایستی در یک راستا باشند توسط هوا برش اقدام به سوراخ‌کاری نقاط علامت گذاری شده می‌شود، دقت نمایید، قطر سوراخ باید به اندازه لوله انشعاب باشد.لوله انشعاب در محل خود قرار داده شده و با گیره‌ها و خال جوش ثابت می‌شوند. این کار باعث می‌شود تالوله‌ها در موقعیت صحیح خود باقی بمانند و اختلاف زاویه‌ای به وجود نیاید.



شکل ۲۶ـ سوراخ کاری

## نحوه ایجادخال جوش

لبه‌های لوله، به فاصله 5cm را تا حد براق شدن، به کمک برس دستی یا برقی از هر نوع آلودگی تمیز نموده و لوله‌ها با استفاده از کلمپ جفت می‌شوند به گونه‌ای که دو لوله هم‌راستا و فاقد اختلاف سطح باشند سپس میزان درز محل جوش را با توجه به دستورالعمل رویه جوشکاری تنظیم نموده و با به کارگیری فاصله نگه دار یا گوه فاصله ریشه را تثبیت نموده و ۴ خال جوش در زوایای ۹۰ درجه به طول mm ۲۵ـ ۱۵ ایجاد می‌نمایند. مراحل ایجاد خال جوش در شکل۲۶ آورده شده است.



عدم هم ترازی هم ترازی

برای خال جوش زنی از الکترود E۶۰۱۰ به قطر ۲/۵ میلی‌متر، شدت‌جریان ۷۰ تا ۱۰۰ آمپر یا الکترود E۶۰۱۰ به قطر ۳/۲ میلی‌متر، شدت جریان ۱۰۰ تا ۱۲۰ آمپراستفاده می‌شود.

یک تکه لوله که طرف پخ زده آن به طرف بالا باشد را روی میز قرار دهید.

با یک سیم خم شده به قطر ۱/۶ میلی فاصله‌ای بین تکه لوله دیگر که پخ خورده و روی لوله قبلی قرار داده می‌شود ایجاد نموده و دوتکه لوله را دریک امتداد تنظیم نمایید. مطابق API عدم هم‌ترازی نبایستی از ۱/۶ میلی‌متر بیشتر باشد. دراین زمان عمل خال‌جوش‌زنی، با انجام جوش به‌طول ۱۲ تا ۲۲ میلی‌متر شروع شود. خال‌جوش بایستی در ریشه نفوذ کند و برجستگی داخل ۱/۶ میلی‌متری داشته باشد و هر دو لبه را ذوب کند. سپس سیم فاصله انداز درجای‌دیگر قرارداده شود و خال‌جوش دوم انجام گیرد. سیم فاصله انداز برداشته شده و اگر فاصله لبه ها در ریشه غیریکنواخت است، خال جوش سوم روی بیشترین فاصله زده شود.



شکل ۲۷

به‌طوری‌که جوش انقباض پیدا کرده لبه‌ها را نزدیک نماید. اگر فاصله بین لبه‌های طرف بیشترین فاصله خیلی زیاد است‌که نمی‌شود خال‌جوش زد، اول با فشاردادن لوله، فاصله تنظیم و سپس خال‌جوش زده شود. خال‌جوش سوم و چهارم عمود بر اولی و دومی زده شود. سطح بیرونی خال‌جوش‌ها طوری سنگ زده شود که ضخامت آنها حدود ۱/۶ میلی‌متر شود، تا شروع اولین پاس تسهیل گردد.
برای به‌دست آوردن جوش باکیفیت، آماده‌سازی درست اتصال و خال‌جوش‌زنی دقیق ضروری است. خال‌جوش‌زنی نادرست موجب عیوب جوش نهایی خواهد شد.

توجه کنید

انتهای جوش‌های طولی دو لوله با یکدیگر در بالای لوله و بین ساعت‌های ۲ و ۱۰ باشد.

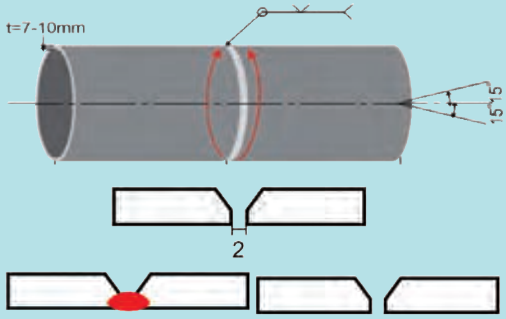
**جدول ۷**

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **PIPE FIT-UP INSPECTION** | | | | | | | | | | |
| | | **QC/ QA FORM** | | | | | | FORM NO:QC-01 | | | | |
| PROJECT NO. : | | **SITE INSPECTION & TEST REPORT** | | | | | | DATE: | | | | |
| PROJECT NAME : | | | | | | | | REPORT NO. : | | | | |
| ITEM | LINE NO. | ISO NO. | SHEET | JOINT NO | SIZE | TYPE | PIPE CLASS | REV | AREA | BLOCK | THK | FIT UP OK |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| COMMENT : | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | No. Of Joints : | | | TOTAL OF SHTS TO | | | | | | | | |
| | INCH/ DIA (This Page) : | | | | | | | | | | | |
| APPROVED BY: | | | | | | | | | | | | |
| CONTRACTOR : | | CONSULTING REP: | | | | | | INSPECTOR: | | | | |
| DATE: | | DATE: | | | | | | DATE: | | | | |
| SIGN: | | SIGN: | | | | | | SIGN: | | | | |
| NAME: | | NAME: | | | | | | NAME: | | | | |

کارگاهی

☐ **مونتاژ لوله به لوله در وضعیت افقی**

مطابق نقشه دو تکه لوله سایز ۴ اینچ را مونتاژ نمایید.




☐ **مراحل انجام کار**

☐ انتخاب صحیح الکترود
☐ برش لوله اصلی مطابق اندازه داده شده
☐ ایجاد پخ در لبه لوله‌ها
☐ کنترل پخ ایجاد شده با گیج مناسب
☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری
☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت ساعت ۶ و ۱۲
☐ گونیا و هم‌تراز نمودن لوله‌ها
☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت‌های ۳ و ۹

توجه کنید

به جای خال‌جوش می‌توانید از براکت استفاده کنید.

☐ **وسایل و تجهیزات**

درجدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز این کارکارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنر آموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارگاهی




☐ **مونتاژ لوله به لوله در وضعیت عمودی**

مطابق نقشه دو تکه لوله سایز ۴ اینچ را مونتاژ نمایید.

☐ **مراحل انجام کار**

☐ انتخاب صحیح الکترود

☐ برش لوله اصلی مطابق اندازه داده شده

☐ ایجاد پخ در لبه لوله‌ها

☐ کنترل پخ ایجاد شده با گیج مناسب

☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری

☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت ساعت ۶ و ۱۲

☐ گونیا و هم‌تراز نمودن لوله‌ها

☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت های ۳ و ۹

توجه کنید

به جای خال‌جوش می‌توانید از براکت استفاده کنید.

☐ **وسایل و تجهیزات**

درجدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز این کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنر آموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

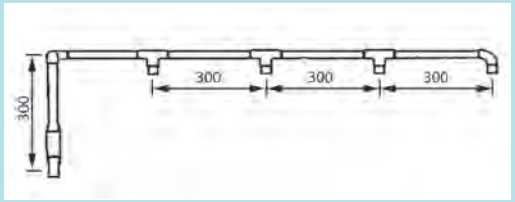
- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارگاهی

☐ **مونتاژ لوله به فیتینگ**

مطابق نقشه کلکتور گازرسانی داده شده را با لوله و اتصالات فولادی سیاه سایز ۲ اینچ مونتاژ نمایید.






☐ **مراحل انجام کار**

☐ انتخاب صحیح الکترود

☐ برش لوله مطابق اندازه‌های داده شده

☐ ایجاد پخ در لبه لوله‌ها

☐ کنترل پخ ایجاد شده با گیج مناسب

☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری

☐ خال‌جوش نمودن لوله و اتصالات در موقعیت ساعت ۶ و ۱۲

☐ گونیا و هم‌تراز نمودن لوله‌ها و نافی سه راهی‌ها

☐ خال‌جوش نمودن لوله و اتصالات در موقعیت های ۳ و ۹

☐ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

☐ **وسایل و تجهیزات**

درجدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز این کارکارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

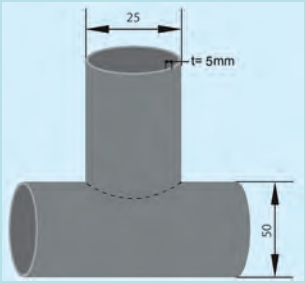
- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنر آموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

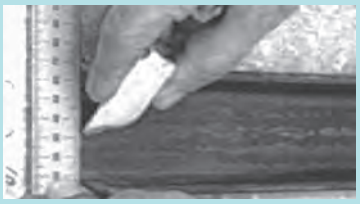
## ☐ مونتاژ لوله انشعاب

مطابق نقشه داده شده لوله انشعاب ۱ اینچ به طول ۵۰ mm را به لوله اصلی فولادی سیاه سایز ۲ اینچ به طول ۱۰۰ mm مونتاژ نمایید.




## ☐ مراحل انجام کار

- ☐ برش لوله مطابق اندازه های داده شده
- ☐ ایجاد زین اسبی در یک طرف لوله انشعاب
- ☐ ایجاد پخ بر روی زین اسبی لوله انشعاب
- ☐ کنترل پخ ایجاد شده با گیج مناسب
- ☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری
- ☐ خال‌جوش نمودن لوله انشعاب در موقعیت ساعت ۶ و ۱۲
- ☐ گونیا نمودن لوله انشعاب
- ☐ خال‌جوش نمودن لوله انشعاب و لوله اصلی در موقعیت های ۳ و ۹





## ☐ وسایل و تجهیزات

درجدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی



- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک سنگ‌زنی، ماسک تنفسی.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنر آموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی



- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

# ارزشیابی شایستگی مونتاژ لوله

| نام و نام خانوادگی | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | آماده‌سازی و مونتاژ دو قطعه لوله مطابق نقشه با استفاده از ابزار و تجهیزات با رعایت استانداردهای فنی و ایمنی برابر WPS و نقشه | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲۱ | کار مونتاژ لوله | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی دستگاه | دستگاه جوش رکتی‌فایر، وسایل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | انتخاب و آماده‌سازی دستگاه وتنظیم پارامترها مطابق WPS | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی دستگاه برابر WPS | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی دستگاه | ۱ | |
| ۲ | آماده‌سازی قطعه | سنگ فرز مینی، متر فلزی، کولیس، شابلن اندازه‌گیری پخ، قطر، برس‌سیمی‌دستی، مارکر وسائل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | برش قطعات و ایجاد پخ برابر نقشه | ۳ | |
| | | | | برش قطعات برابر نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی قطعه | ۱ | |
| ۳ | مونتاژ | دستگاه جوش رکتی‌فایر، متر فلزی، کولیس، میکرومتر، تراز، گونیا، شابلن اندازه‌گیری‌پخ، برس‌سیمی‌دستی، سنگ فرز، گوه، گیره، تکیه‌گاه، براکت، فاصله‌انداز، مارکر وسائل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | انتخاب نوع مونتاژ قطعات به یکدیگر مطابق نقشه | ۳ | |
| | | | | مونتاژ قطعات به یکدیگر برابر نقشه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی مونتاژ قطعات | ۱ | |
| ۴ | کنترل نهایی | متر فلزی، کولیس، میکرومتر، تراز، گونیا، شابلن اندازه‌گیری پخ، برس‌سیمی‌دستی، سنگ فرز مینی، وسائل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | پرداخت‌کاری و تمیزکاری و کنترل ابعادی مونتاژ | ۳ | |
| | | | | پرداخت‌کاری و تمیزکاری | ۲ | |
| | | | | عدم توانایی تمیزکاری | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ مسئولیت‌پذیری<br>ـ دقت در اجرای پاس ریشه<br>ـ توجه به تهویه موضعی<br>ـ توجه به موارد ایمنی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |
| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | | | | | بلی ☐ | |
| | | | | | خیر ☐ | |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# واحد یادگیری ۲

# جوشکاری لوله

## آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- در صنایع مختلف لوله‌ها کاربردهای متفاوتی دارند.
- بین پایپ و تیوب تفاوت وجود دارد.
- برای آماده‌سازی لوله می‌توان اطلاعات موردنیاز را از منابع گوناگون استخراج نمود.
- لوله‌ها را به روش‌های مختلف می‌توان به یکدیگر متصل نمود.

## استانداردعملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی، براساس نقشه دو قطعه لوله فولادی را در وضعیت‌های مختلف جوشکاری کنند.

## آماده‌سازی لوله برای جوشکاری

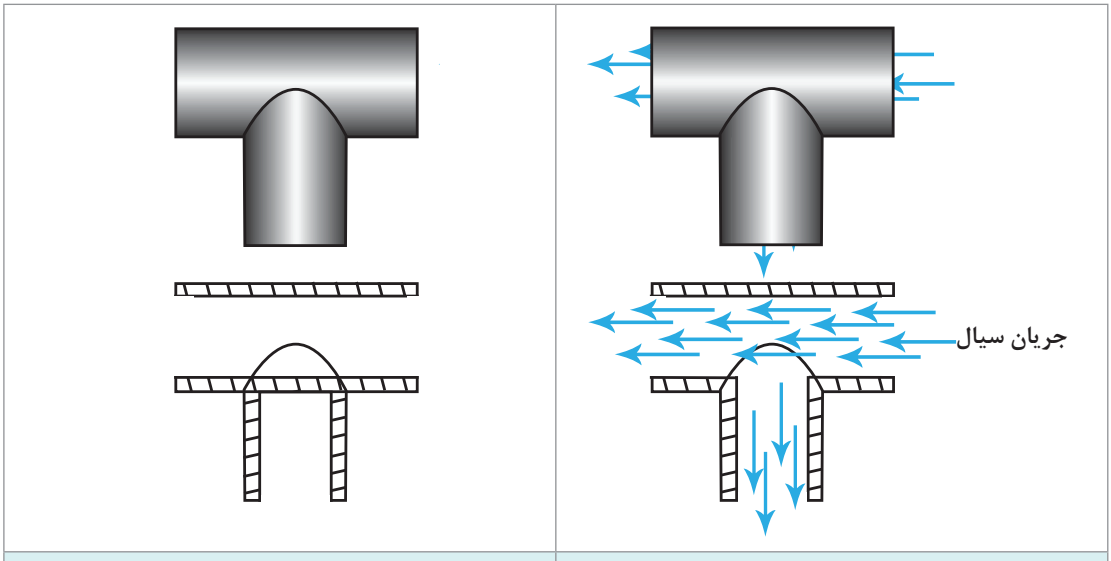
به طورکلی دو کاربرد اصلی برای لوله‌ها وجود دارد: سیستم‌های لوله‌کشی (System Piping) و سازه‌های لوله‌ای (Pipe Structural ) وجود دارد.

بحث کلاسی

آیا مهارت مورد نیاز برای جوشکاری سیستم‌های لوله‌کشی و سازه ای یکسان است؟ تفاوت بین این دو در چیست ؟

پاسخ .....

شکل ۲۸ کاربرد و نحوه اتصال لوله در سازه‌های فلزی و سیستم‌های لوله‌کشی را نشان می‌دهد.




| سیستم لوله‌کشی | سیستم سازه‌ای |
|---|---|

**شکل ۲۸ـ کاربرد و نحوه اتصال**

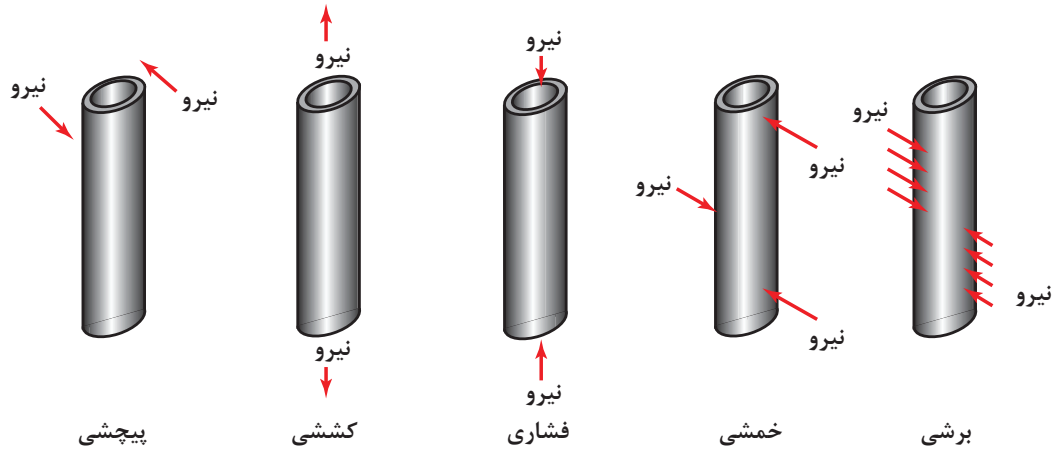
کار کلاسی

با توجه به شکل ۸۲ جدول زیر را تکمیل کنید:

| کاربرد | تفاوت |
|---|---|
| سیستم لوله‌کشی | ..... |
| سیستم سازه‌ای | ..... |

یکی از نکات بسیارمهم در کاربرد سازه‌ها، میزان استحکام لوله در برابر نیروهای محوری وارد براتصالات و اجزای جوشی است. به‌طورطبیعی، لوله‌ها قابلیت تحمل این نیروهای محوری را دارند، اما ارزیابی دقیق ظرفیت آنها در طراحی سازه ضروری است.

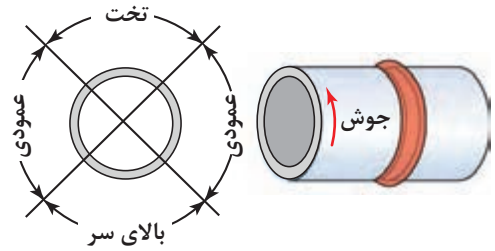
لوله‌ها به‌طورمعمول در برابر نیروهای پیچشی از استحکام مناسبی برخوردار هستند و رفتار مکانیکی مطلوبی از خود نشان می‌دهند که در شکل ۲۹ اعمال تنش‌های مکانیکی خارجی بر لوله نشان داده شده است.




**شکل ۲۹ــ اعمال تنش‌های مکانیکی خارجی بر لوله**

در فرایند جوشکاری لوله، معمولاً دو چالش اساسی مطرح می‌شود:

- مشکل مونتاژ و یا به اصطلاح فیت‌کردن صحیح لوله‌ها پیش از انجام عملیات جوشکاری.
- تغییر وضعیت جوشکار در حین اجرا (مطابق شکل ۳۰).




**شکل ۳۰**

پرسش کلاسی

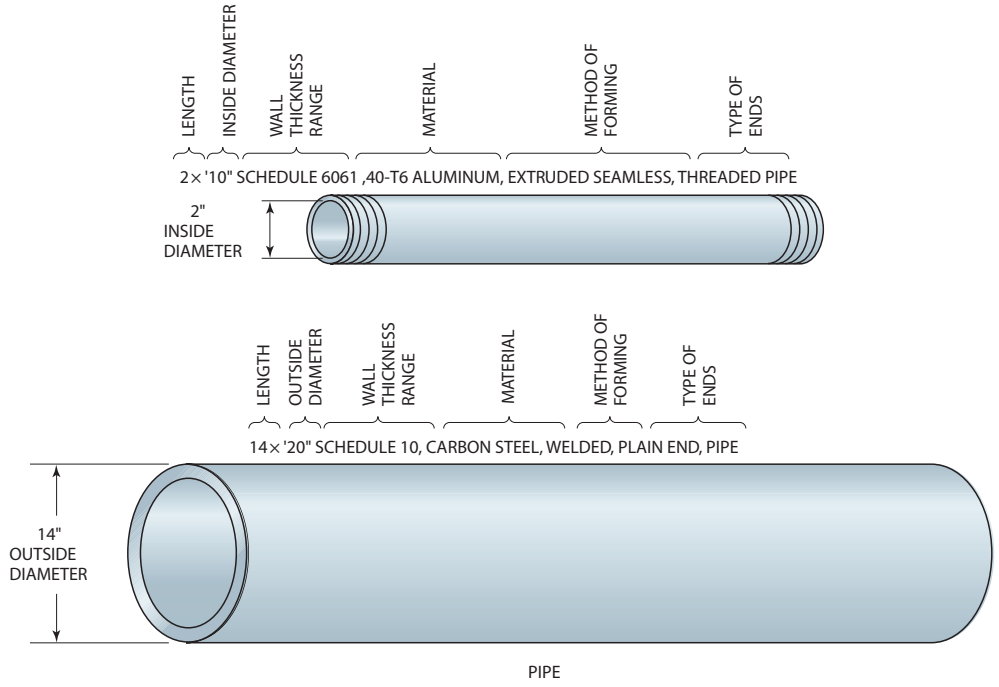
آیا پایپ (Pipe)، تیوب (Tube) مشابه است؟

پاسخ: .....

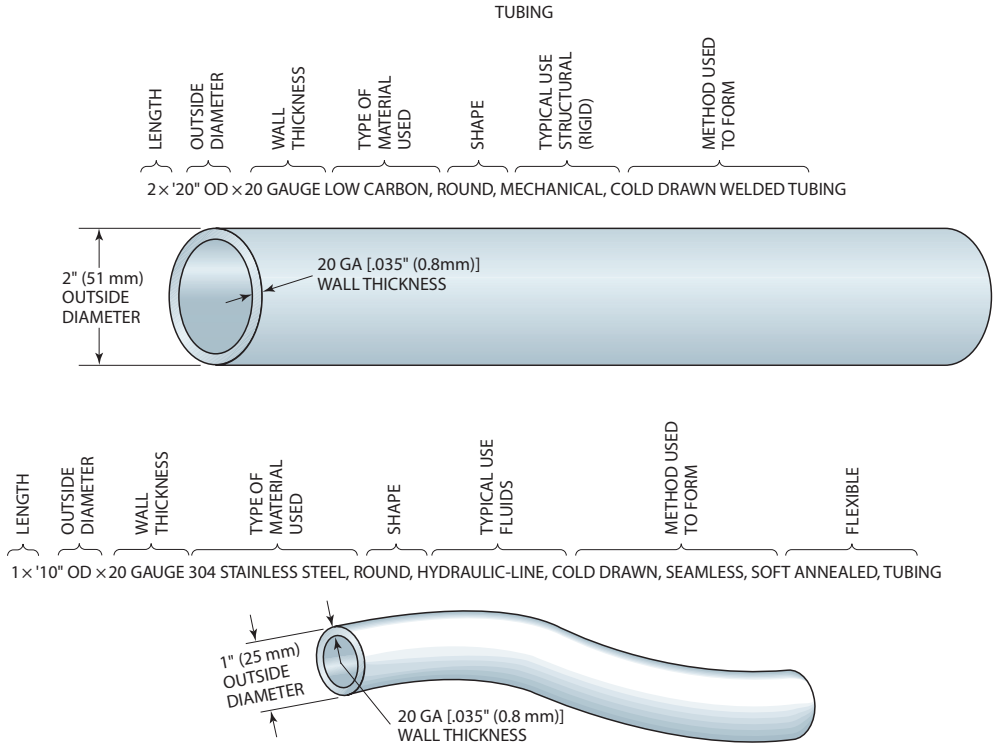
اگرچه ممکن است پایپ و تیوب یکسان باشند، اما آنها تفاوت‌هایی ازلحاظ مشخصات و کاربرد دارند، جدول ۸ تفاوت بین این دو را نشان می‌دهد.

**جدول ۸ــ تفاوت پایپ و تیوب**

| | کاربرد | انتقال سیال |
|---|---|---|
| **pipe** | معیار اندازه‌گیری | قطر داخلی |
| | روش اتصال | جوش، فلنج، رزوه |
| **tube** | **کاربرد** | مبدل حرارتی ـ سازه‌ها |
| | معیار اندازه‌گیری | قطر خارجی |
| | روش اتصال | لحیم، پرس، جوش |



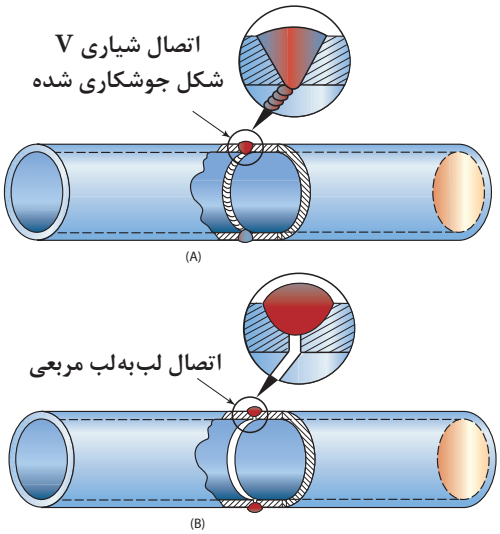

**شکل ۳۱ـ مشخصات معمول برای سفارش پایپ**




**شکل۳۲ـ مشخصات معمول برای سفارش تیوب**

## آماده‌سازی و مونتاژ لوله (Fit - Up)

برای انجام فرایند جوشکاری، لازم است دو سر لوله پیش از مونتاژ به‌طور مناسب آماده‌سازی شوند. آماده‌سازی لوله‌ها می‌تواند به دو صورت اتصال مربعی (اتصال لب به لب یا بدون پخ) یا اتصال مورب (پخ‌دار) انجام گیرد. معمولاً لوله‌هایی با قطر کوچک که در کاربردهای سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌صورت لب‌به‌لب و بدون پخ جوشکاری می‌شوند. در مقابل، لوله‌های با قطر بزرگ‌تر که در خطوط انتقال سیالات به کار می‌روند، به‌صورت پخ‌دار آماده‌سازی می‌گردند.




**شکل ۳۳ـ مقایسه نفوذ جوش در دو اتصال لب‌به‌لب ساده و شیاری پخ‌دار**

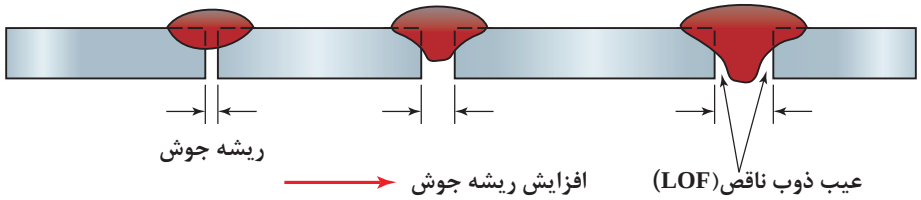
پرسش کلاسی

با توجه به شکل ۳۳، چرا لوله‌ها را به‌صورت پخ‌دار آماده‌سازی می‌کنند؟

**پاسخ:** .....

نکته

■ در اتصال مربعی، در صورتی که ضخامت جوش با ضخامت فلز پایه برابر باشد، استحکام اتصال می‌تواند با استحکام یک اتصال پخ‌دار برابر شود. با این حال، در اتصالات مربعی احتمال ایجاد نواحی ذوب نشده (عدم ذوب) وجود دارد. در مقابل، آماده‌سازی لبه لوله به‌صورت پخ‌دار موجب بهبود نفوذ جوش شده و از تشکیل نواحی عدم ذوب جلوگیری می‌کند.

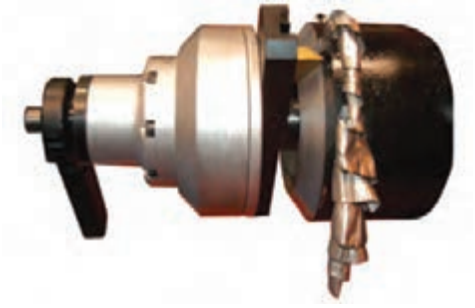



**تأثیر مقدار فاصله ریشه جوش بر روی نفوذ**

■ عدم ذوب ریشه اتصال می‌تواند موجب ایجاد حفره یا فضای خالی در محل جوش شود که این فضا باعث تجمع رطوبت و در نهایت زنگ‌زدگی و خوردگی داخلی در سیستم لوله‌کشی خواهد شد.

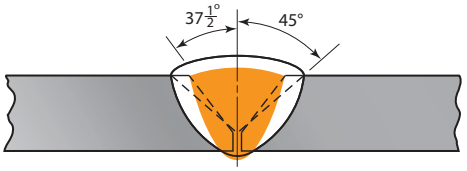
برای آماده‌سازی لوله به‌صورت پخ‌دار از روش‌های برش‌کاری با شعله، سنگ‌زنی و ماشین‌کاری و روش ترکیبی می‌توان استفاده کرد. شکل ۳۴ ماشین قابل حمل برای پخ‌سازی لوله را نشان می‌دهد. شکل ۳۴ یک نمونه دستگاه پخ زدن را نشان می‌دهد که می‌توان در کارگاه از آن استفاده نمود.



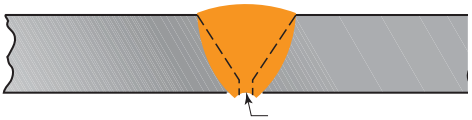


شکل۳۴ـ دستگاه پخ زدن

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 ریشه جوش را ایجاد کند (شکل۳۵).



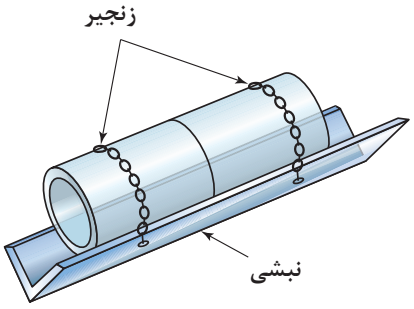

زاویه پخ

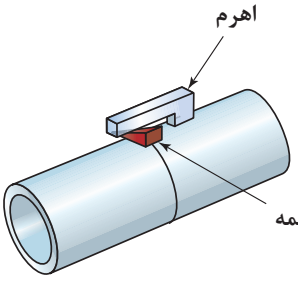


تقعر در ریشه

شکل ۳۵

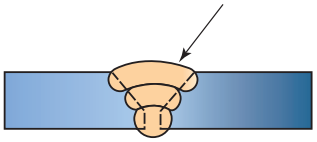
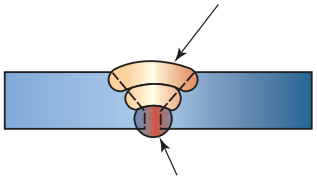
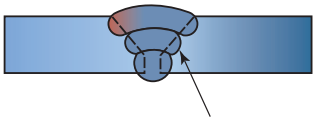
فیت کردن لوله‌ها با یکدیگر و نگه داشتن در موقعیت جوشکاری با افزایش قطر لوله دشوارتر می‌شود. برای این کار باید از یک ابزار، برای ثابت و محکم نگه داشتن آنها استفاده نمود (شکل۳۶).




شکل ۳۶

انتقال مداوم وضعیت جوشکاری از یک حالت به حالت دیگر، یکی از مشکلات اساسی در جوشکاری لوله‌هایی است که به‌صورت افقی ثابت قرار می‌گیرند. با افزایش قطر لوله سرعت تغییر وضعیت جوشکاری کاهش می‌یابد. وضعیت‌های مختلف را در حین جوشکاری لوله نشان می‌دهد، اما زمان بیشتری نیاز است تا جوش تکمیل شود (شکل۳۷).

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| E۷۰۱۸ برای پاس ریشه، پرکننده و پوششی | E۶۰۱۰ برای پاس ریشه و E۷۰۱۸ برای پاس پوششی و پرکننده | E۶۰۱۰ برای پاس ریشه، پرکننده و پاس پوششی |
| شکل ۳۷ | | |

نکته

برای جوشکاری لوله‌هایی که در سیستم‌های لوله‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، از الکترودهای E۶۰۱۰ برای پاس ریشه و از الکترود E۷۰۱۸ برای تکمیل جوشکاری بهره گرفته می‌شود (شکل۳۷).

الکترود E۷۰۱۸ جوشی با استحکام بالاتر ایجاد می‌کند و می‌توان از آن برای اجرای پاس‌های نهایی و تکمیل اتصال استفاده نمود. برای بالا رفتن مهارت جوشکاری لوله‌هایی با قطر کوچک‌تر ابتدا باید ازلوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر انجام شود.

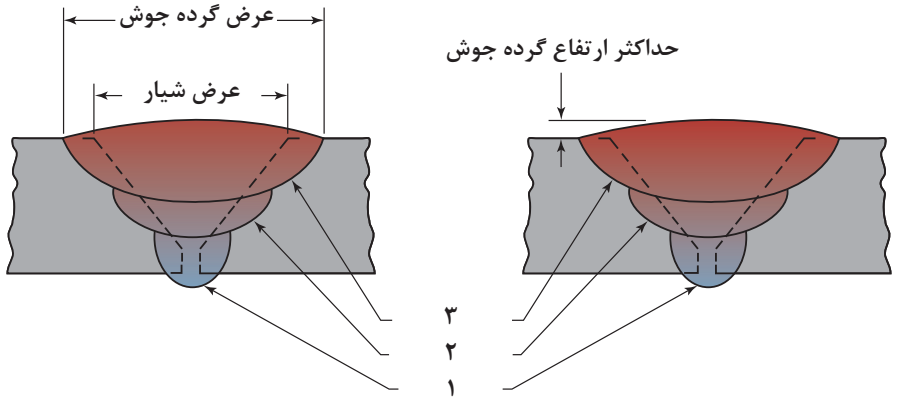
برای لوله‌هایی که کاربرد سازه‌ای دارند، نیز می‌توان به همین صورت عمل کرد در صورتی‌که ظاهر جوش مهم‌تر از استحکام جوش باشد از الکترود E۶۰۱۳ استفاده می‌شود.

جوشکاری لوله را می‌توان در چند مرحله انجام داد.جوش‌های شیاری لوله تعداد پاس‌های متعددی دارد که باید تکمیل شود. به شکل ۳۸ نگاه کنید.



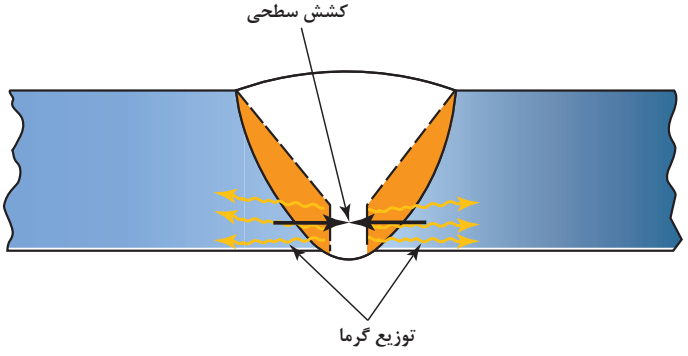
شکل ۳۸ــ یکنواختی در پاس بیانگر درجه مهارت جوشکار است.

جدول ۹ـ جوشکاری شیاری چند پاسه

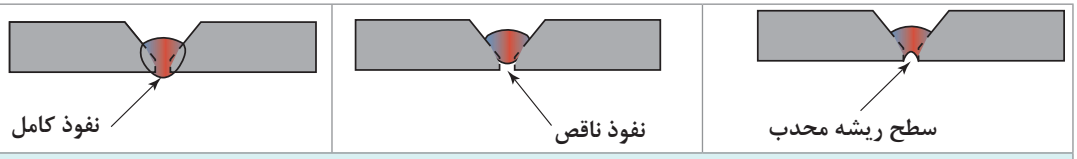



| | | |
|---|---|---|
| ۱ | پاس ریشه | پاس ریشه یا پاس نفوذ که پس از جوشکاری سرباره پاس اول باید با دستگاه سنگ برداشته شده و تمیز شود. |
| ۲ | پاس داغ | برای خارج کردن ناخالصی و سرباره که در جوش محبوس مانده، به کار می‌رود. |
| ۳ | پاس نهایی | به شکل محدب بوده و در هیچ نقطه‌ای ارتفاع آن نباید بیش از ۳ میلی‌متر، یا پایین‌تر از سطح لوله باشد. |

- **پاس ریشه (Pass Root)**
- اولین پاس جوشکاری
- اتصال اولیه دو لبه لوله و ایجاد نفوذ کامل (Full Penetration)
- اجرا بسیار کنترل شده، با آمپرکم و تکنیک مناسب
- در برخی فرایندها نیاز به پشت‌بند، محفظه گاز پشت‌بند جوش




شکل ۳۹ـ خروج حرارت از قطعه




شکل ۴۰ـ مقدار نفوذ در پاس ریشه

نکته

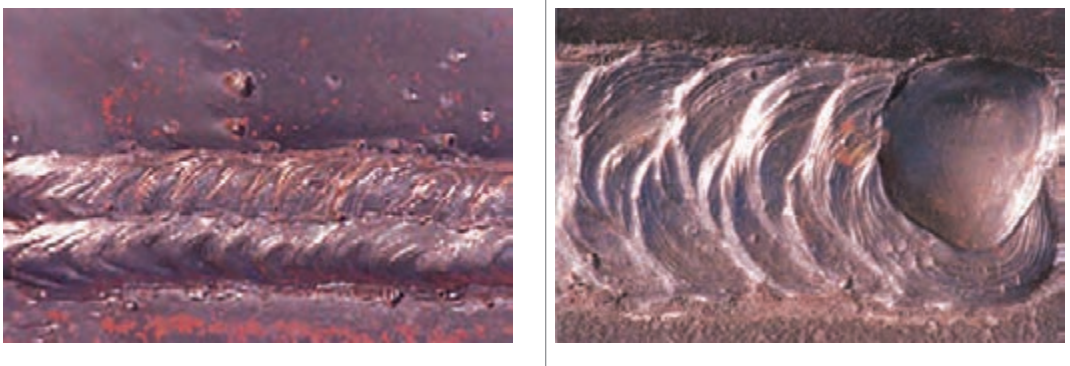
قبل از اجرای پاس‌های بعدی، باید روی پاشنه مرتب تمیز شود و عاری از ناخالصی گردد. تمیزکردن سطح به وسیله برس‌زنی، سنگ‌زنی انجام می‌شود.

- **پاس داغ Hot Pass**
- پاس دوم، بلافاصله بعد از ریشه
- حذف سرباره و ناخالصی‌های احتمالی پاس ریشه
- جلوگیری از ایجاد ذوب ناقص
- تقویت نفوذ ریشه
- آمپر بیشتر نسبت به پاس ریشه
- **پاس پرکننده Fill Pass**
- پرکردن حجم اصلی شیار
- ایجاد استحکام بدنه جوش

نکته

تعداد پاس پرکننده بستگی به ضخامت لوله، شکل درز، الکترود و فرایند دارد.

برای الگوهای جوشکاری در هر مرحله پاس پرکننده از الگوی خطی و موجی استفاده می‌شود.



| الگوی موجی | الگوی خطی |
|---|---|

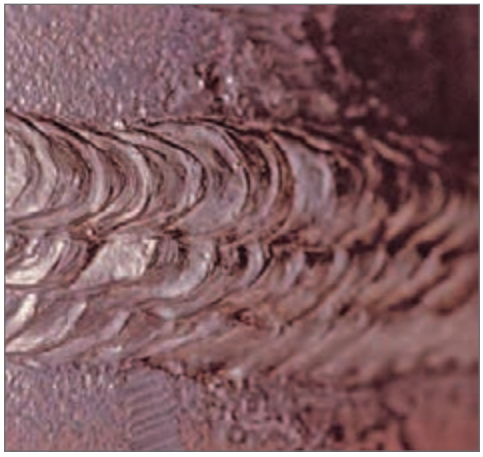
شکل ۴۱



شکل ۴۲

برای ایجاد یک جوش با الگوی خطی (Stringer Bead)، مقدار فلز ذوب شده در واحد زمان کمتر است و به همین دلیل اجرای آن نسبت به الگوی موجی (Weave Bead) به مهارت و کنترل حرارتی کمتری نیاز دارد.

پیش از شروع پاس بعدی، لازم است انتهای گرده جوش کاملاً تمیز شود تا هرگونه سرباره، اکسید یا آلودگی سطحی حذف گردد. همچنین، برای جلوگیری از تشکیل ترک انقباضی، چاله انتهایی جوش (Crater) باید به‌طور کامل و صحیح با فلز جوش پر شود؛ همان‌گونه که در شکل ۴۲ نشان داده شده است.



شکل ۴۳

از آن‌جا که نواحی شروع و پایان جوش معمولاً استحکام کمتری نسبت به بخش میانی دارند، باید دقت شود که نقاط آغاز و پایان پاس‌های جوش در یک محل متمرکز نشوند. به منظور یکنواختی توزیع تنش‌ها و افزایش استحکام اتصال، لازم است ابتدا و انتهای پاس‌ها در بخش‌های مختلف درز جوش پراکنده شوند، همان‌گونه که در شکل ۴۳ نشان داده شده است.

- **پاس پوششی cover pass**
- پاس پایانی جوش
- ایجاد لایه نهایی جوش و تکمیل پروفیل سطحی اتصال
- پوشاندن و محافظت از لایه‌های میانی (Fill Pass)
- فراهم کردن ظاهر یکنواخت، صاف و مطابق الزامات بازرسی
- تضمین کیفیت سطحی و جلوگیری از ایجاد ناپیوستگی‌های سطحی مانند ترک‌های انقباضی

نکته

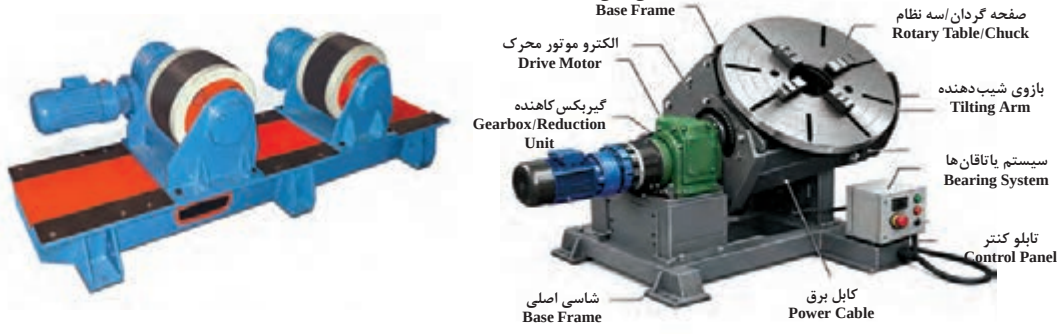
پروفیل جوش یکنواخت و بدون بریدگی کناره (Undercut) باشد و محدب اجرا شده تا شکل نهایی جوش با استانداردهای پذیرش مطابقت داشته باشد و همچنین هم‌پوشانی مناسب بر روی پاس‌های زیرین داشته باشد.

پرسش کلاسی

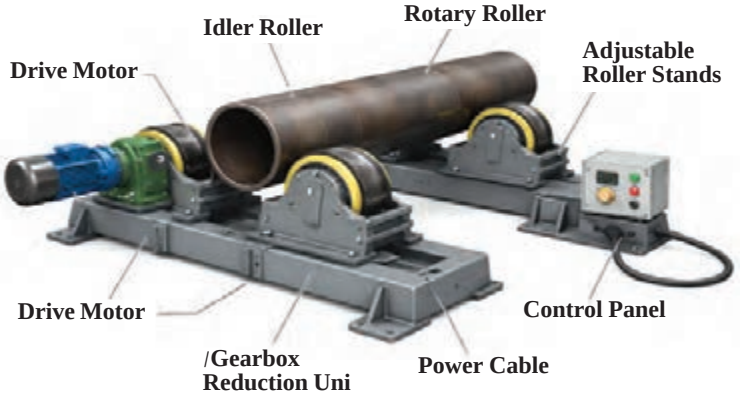
به نظر شما پاس پوششی بیش از اندازه بزرگ باعث افزایش استحکام اتصال لوله می‌شود یا آن را کاهش خواهد داد؟

**پاسخ** .....

## وضعیت دهنده لوله (Pipe Positioner)




شکل ۴۴



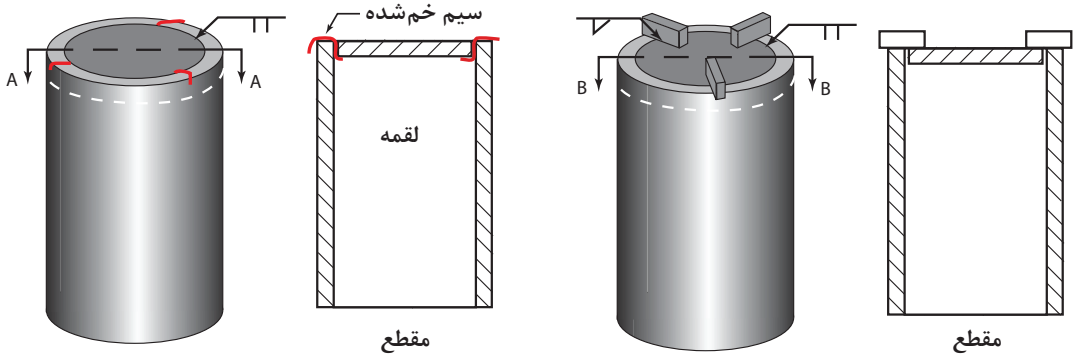

شکل ۴۵ــ وضعیت‌دهنده

وضعیت‌دهنده لوله با فراهم‌کردن امکان چرخش یکنواخت و کنترل شده لوله، شرایط مناسب‌تری برای اجرای جوش با کیفیت ایجاد می‌کند. این دستگاه از یک شاسی فلزی مستحکم، غلتک‌های محرک و هرزگرد و الکتروموتور قابل کنترل تشکیل شده است.

لوله روی غلتک‌ها قرار می‌گیرد. با استفاده از وضعیت‌دهنده، موقعیت لوله به‌طور پیوسته تغییر داده می‌شود تا جوشکار بتواند جوش را در وضعیت تخت و پایدار اجرا کند. به کارگیری این دستگاه موجب افزایش یکنواختی گرده جوش، کاهش عیوب جوشی، کاهش خستگی جوشکار و افزایش سرعت و ایمنی کار می‌شود.

**روش قرار دادن پلیت بر روی لوله:**

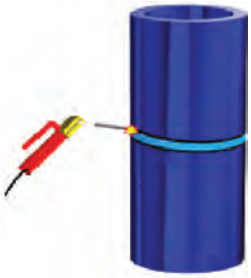
- جانمایی سه عدد لقمه با نسبت ۶۰ درجه به یکدیگر
- خال‌جوش نمودن سه عدد نگه‌دارنده بر روی پلیت
- پخ زدن لبه ورق و قرار دادن آن داخل لوله




شکل ۴۶

## وضعیت جوشکاری در لوله‌ها

وضعیت جوشکاری شیاری لوله ۱G، ۲G، ۵G در شکل ۴۷ نشان داده شده است.

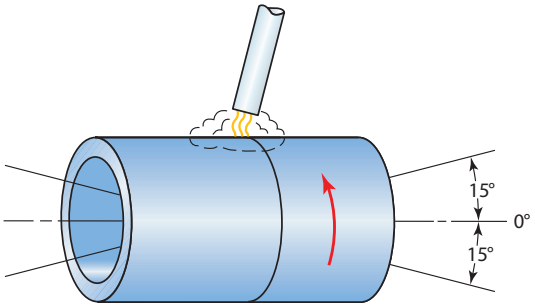
| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ۱G | ۲G | ۵G |
| لوله افقی در حال چرخش<br>جوشکار ثابت | لوله عمودی ثابت<br>جوشکار دور لوله می‌چرخد | لوله افقی ثابت<br>جوشکار دور لوله می‌چرخد |

شکل ۴۷ـ وضعیت جوشکاری لوله

## ۱ جوشکاری لوله در وضعیت افقی (1G)

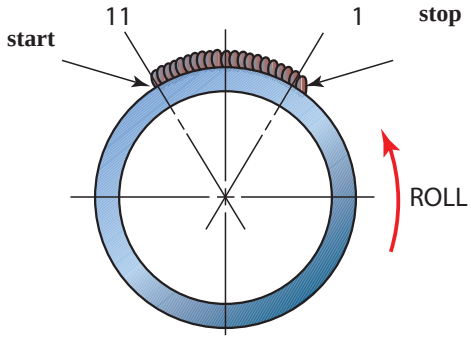
در جوش‌هایی که در شرکت‌های تولیدی انجام می‌شود. و امکان چرخش لوله فراهم است معمولاً جوشکاری در وضعیت تخت انجام می‌شود.

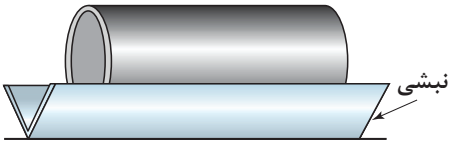
در این روش به جای چرخیدن دست جوشکار، به‌صورت مرحله به مرحله لوله را می‌چرخانند جوشکاری با این روش معمولاً سریع‌تر و ساده‌تر انجام می‌شود.




شکل ۴۸ـ وضعیت 1G

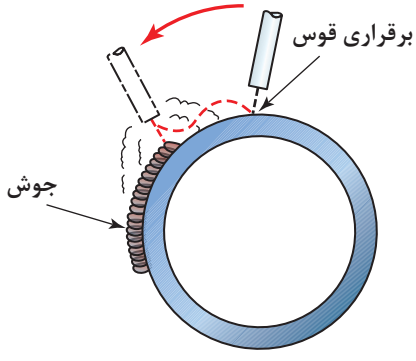
در شکل ۴۹ لوله را به‌صورت افقی در نبشی قرار دهید. جوش را از وضعیت ساعت ۱۱ شروع کنید و تا وضعیت ساعت ۱ ادامه دهید. در ساعت ۱ قوس را قطع کنید، سپس لوله را بچرخانید تا انتهای لوله (ساعت۱) در وضعیت ساعت ۱۱ قرار گیرد.

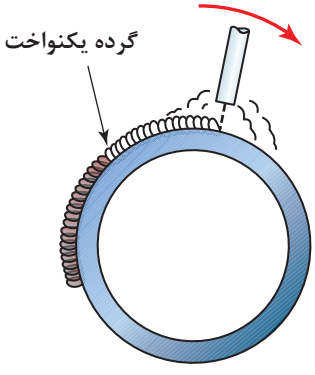



شکل ۴۹

سپس جوش را از وضعیت ساعت ۱۱ شروع کنید و تا ساعت ۱ ادامه دهید و در انتهای ۱ قوس را قطع کنید، این کار را تکرار کنید تا دورتا دور لوله به‌طور کامل به‌صورت پوششی جوشکاری شود (شکل ۵۰).



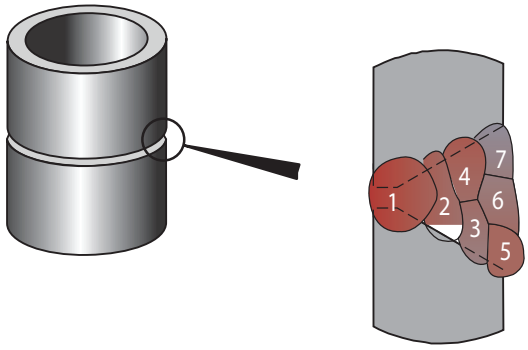

شکل ۵۰

همان طور که در شکل ۵۱ 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 نمایید. بعد از هر توقف و قبل از آغاز مرحله بعدی انتهای جوش را تمیزکاری 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 به‌صورت یکنواخت در سرتاسر محیط لوله ایجاد شود.

## ۲ جوشکاری در وضعیت 2G

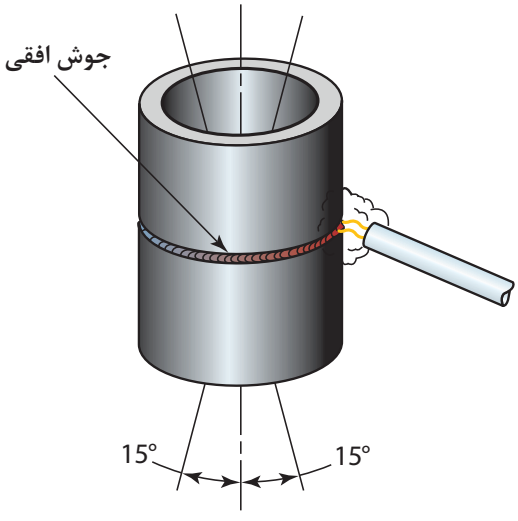
در این وضعیت، لوله به‌صورت عمودی بر روی فیکسچر قرار می‌گیرد، و جوش به‌صورت افقی انجام می‌شود، جوشکار نیاز نیست که در حین جوشکاری به‌طور دائم وضعیت خود را تغییر دهد (شکل ۵۱).

مشکل اصلی در این وضعیت، جوشکاری در مکان‌هایی است که لوله در گوشه قرار می‌گیرد، بخشی از لوله که پشت آن دیوار است به راحتی قابل جوشکاری نیست. همان طور که در شکل ۵۲ نشان داده شده است، جوشکاری باید ازیک ترتیب مشخصی تبعیت کند.




شکل ۵۱

یکی از چالش‌های اصلی این وضعیت، جوشکاری در نواحی پشت لوله یا نزدیک دیوار است که دسترسی به این قسمت‌ها دشوار می‌باشد. برای دستیابی به کیفیت مناسب، رعایت ترتیب مشخص پاس‌ها بر اساس موقعیت ساعت (مثلاً از ساعت ۹ تا ۳) الزامی است، تا توزیع حرارت و انقباض جوش کنترل شود. در جوشکاری افقی، تأثیر نیروی گرانش می‌تواند سبب ریزش مذاب و شکل نامناسب گرده شود. برای جلوگیری از این مشکل، الکترود باید با زاویه تقریبی ۷۰ تا ۸۰ درجه نسبت به سطح قطعه و حدود ۵ تا ۱۵ درجه در جهت حرکت جوشکاری نگه داشته شود. همچنین کنترل قوس کوتاه، استفاده از آمپر مناسب و انتخاب حرکت عرضی محدود از عوامل کنترل‌کننده کیفیت جوش در این وضعیت هستند. بر اساس استاندارد AWS D۱.۱، رعایت این اصول در وضعیت 2G موجب دستیابی به نفوذ کامل و جلوگیری از عیوبی مانند (undercut) و (overlap) می‌شود.



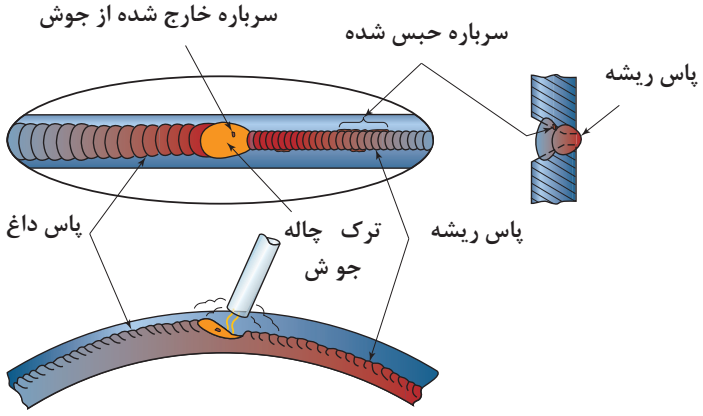

شکل ۵۲

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 مذاب جلوگیری نماید.

## جوشکاری شیاری چند پاسه Multi Pass

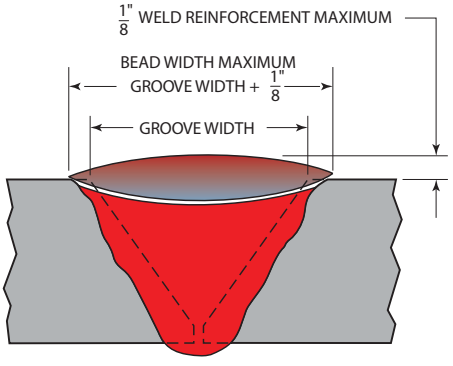
پاس ریشه را از موقعیت ساعت ۱۱ آغاز کرده و تا وضعیت ساعت ۱ ادامه دهید. برای دستیابی به ریشه جوش با کیفیت مطلوب، از طول قوس کوتاه و شدت جریان نسبتاً بالا استفاده تا نفوذ کافی و کنترل مناسب ایجاد گردد. پس از اجرای هر بخش از پاس ریشه، فرایند جوشکاری را متوقف کرده و سرباره ایجاد شده را به‌طور کامل پاک‌سازی کنید؛ سپس جوشکاری را از ناحیه تمیز شده ادامه دهید. این روند را تکرار کنید تا پاس ریشه به‌طور کامل در محیط اتصال تکمیل شود.

در این مرحله، سنگ‌زنی پاس ریشه الزامی نیست. لوله را روی میز قرار داده و پاس گرم (Hot Pass) را اجرا کنید. شدت جریان باید به گونه‌ای تنظیم شود که بتواند سطح پاس ریشه را به خوبی ذوب کرده و ناپیوستگی‌های احتمالی را اصلاح کند. مطابق شکل ۵۳، حرکت الکترود باید به‌صورتی انجام گیرد که هرگونه ناخالصی یا بقایای سرباره از خط جوش خارج شده و کیفیت ساختاری جوش حفظ شود.




شکل ۵۳

پاس پرکننده و پوششی در این اتصال یکی هستند. شکل ۵۴ 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 از وضعیت ساعت ۱۰ شروع کنید، و در ۱۲ قطع کنید، سپس نواحی‌ای 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 ۵۴).

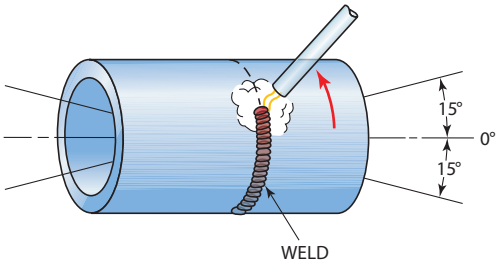



شکل ۵۴

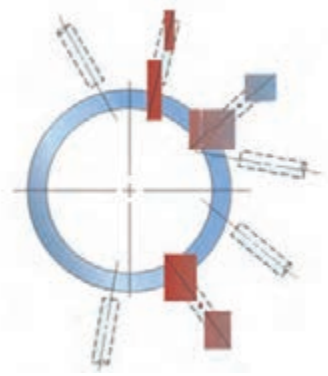
### ۳ جوشکاری در وضعیت افقی ۵G ثابت

وضعیت افقی ۵G یکی از وضعیت‌های جوشکاری لوله است در این وضعیت لوله ثابت و جوشکار باید به دور آن بچرخد که تا ۱۵ درجه می‌تواند لوله از افق زاویه داشته باشد. جوشکاری در این حالت می‌تواند به‌صورت روبه بالا (Uphill) یا به‌صورت روبه پایین (Downhill) انجام شود (شکل۵۵).

در این وضعیت لوله ثابت است و جوشکار باید به دور آن بچرخد، که تا ۱۵ درجه لوله از افق زاویه داشته باشد. جوشکاری در این حالت به‌صورت روبه بالا یا روبه پایین انجام می‌شود.




جوشکاری در وضعیت ۵G



حرکت الکترود در ساعت مختلف به‌صورت پیشران

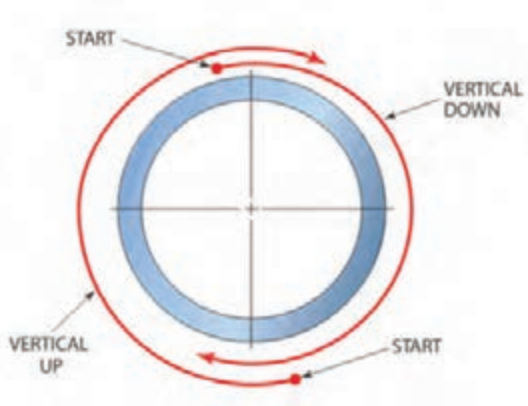
شکل ۵۵

نکته

در شکل ۵۵ نشان داده شده است، زاویه الکترود همیشه باید پیشران باشد، جهت کنترل و هدایت بهتر حوضچه مذاب (Trailing).

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 (Downhill) از ساعت ۱۱ تا ۷ ایجاد شود سپس از طرف مقابل جوش را به‌صورت قرینه کامل می‌شود. پس از تکمیل پاس اول با استفاده از صفحه سنگ ۲ یا ۳ میلی‌متری سطح جوش (پاس ریشه) تمیز شود.

حین سنگ‌زنی از تماس صفحه سنگ با لبه‌های اتصال اجتناب نمایید، این عمل سبب عریض‌تر شدن درز اتصال و افزایش خطر گیر افتادن سرباره می‌شود



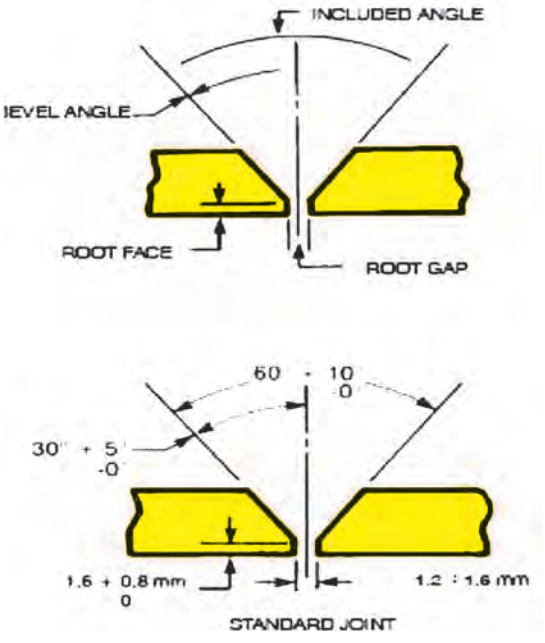

شکل۵۶

سپس با استفاده از الکترودهای E ۷۰۱۸ پاس‌های پرکننده و پوششی ایجاد نمایید.
در صورتی‌که برای ایجاد این پاس‌ها از الگوی موجی شکل استفاده می‌شود، دقت شود که عرض موج از ۲/۵ برابر الکترود بیشتر نشود.

## جوشکاری لوله در وضعیت عمودی سرازیر با الکترود سلولزی

### آماده‌سازی اتصال (قبل از جوشکاری)

- **زاویه پخ**: مطابق نقشه ۷۰ ـ ۶۰ درجه
- **پاشنه پخ**: ۲/۴ ـ۱/۶ میلی‌متر
- **فاصله ریشه**: ۱/۶ ـ ۱/۲ میلی‌متر




شکل ۵۷ـ زاویه شیار، پاشنه پخ، فاصله ریشه

نکته

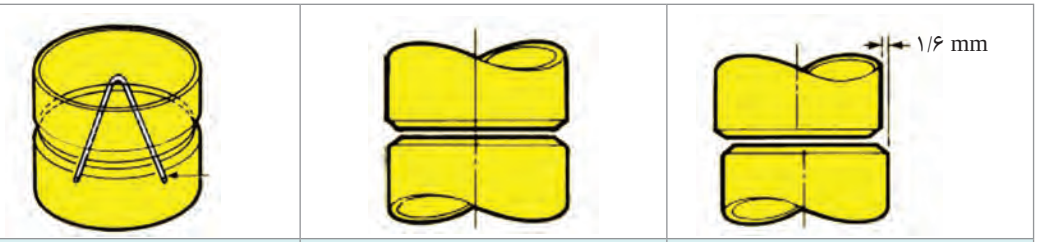
تمام پلیسه‌های ناشی از سنگ‌زنی را کامل بر طرف کنید.

### پارامترهای جوشکاری برای خال‌جوش

- الکترود E۶۰۱۰ به قطر ۲/۵ میلی‌متر با شدت جریان ۷۰ تا ۹۰ آمپر
- الکترود E۶۰۱۰ به قطر ۳/۲ میلی‌متر با شدت جریان ۹۰ تا ۱۲۰ آمپر
- جریان مستقیم ـ قطب مثبت (الکترود به +)

### مراحل اجرای خال‌جوش

قراردادن تکه لوله اول روی میزکار طوری‌که طرف پخ خورده آن رو به بالا باشد. یک سیم به قطر۱/۶ میلی‌متر را خم نموده و به عنوان فاصله‌انداز روی لبه لوله بگذارید. لوله پخ خورده دوم را طوری روی لوله اول قرار دهید که پخ آن رو به پایین باشد.



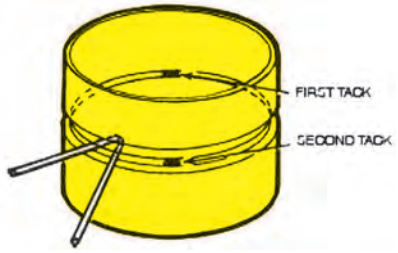

| حداکثر عدم هم‌ترازی | هم‌ترازی درست | سیم فاصله انداز |
|---|---|---|

شکل ۵۸

هم‌ترازی دو لوله را در یک امتداد دقیق تنظیم نمایید. عدم هم‌ترازی نباید از ۱/۶ میلی‌متر بیشتر شود.

## خال‌جوش اول

- یک جوش به طول ۱۲ تا ۲۲ میلی‌متر بزنید.
- خال‌جوش باید در ریشه کامل نفوذ کند.
- خال‌جوش باید برجستگی داخلی حدود ۱/۶ میلی‌متر ایجاد کند.
- خال‌جوش هر دو لبه لوله بالا و پایین را باید ذوب کند.




شکل ۵۹

## خال‌جوش دوم:

فاصله انداز را برداشته و در جای دیگر گذاشته، سپس خال‌جوش دوم مشابه خال‌جوش اول اجرا شود.

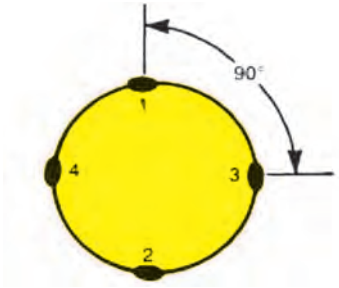
## رفع فاصله نامناسب بین لبه‌ها:

- اگر فاصله ریشه یکنواخت نبود، خال‌جوش سوم روی بیشترین فاصله باید قرارگیرد.
- اگر فاصله خیلی زیاد بود، لوله را با فشار دست جمع نموده و خال‌جوش انجام شود.




شکل ۶۰

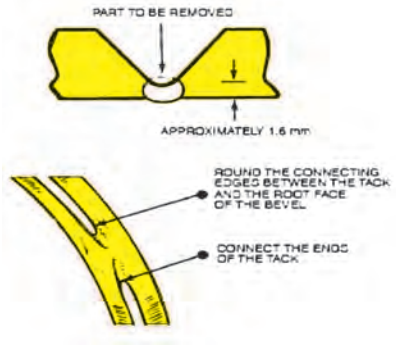
- خال‌جوش سوم و چهارم را عمود بر دو خال‌جوش اول انجام شود.




شکل ۶۱

## سنگ‌زنی خال‌جوش‌ها

- سطح بیرونی خال‌جوش‌ها راسنگ‌زنی نموده تا ضخامت هر کدام حدود ۱/۶ میلی‌متر شود.
- لبه‌های بین خال‌جوش و سطح ریشه باید گرد شود.




شکل ۶۲

توجه کنید

خال‌جوش اشتباه، باعث عیب در جوش نهایی می‌شود.

■ **جوشکاری لوله در حالت G ۵:** لوله در حالت افقی ثابت است و جوشکار دور آن حرکت می‌کند.

**اندازه لوله:** قطر ۸ اینچ و بزرگ‌تر

■ **پارامترهای جوشکاری**

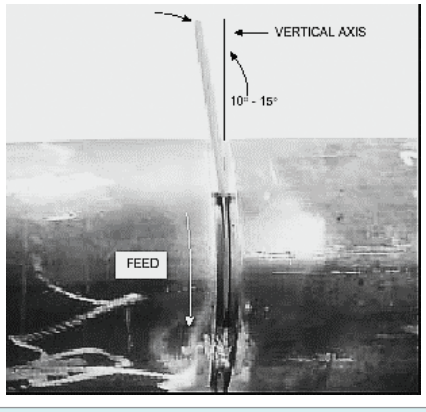
**جدول ۱۰**

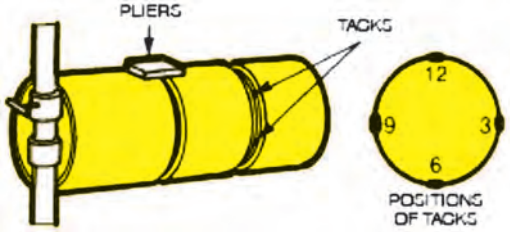
| قطبیت | جریان | سایز | الکترود | پاس |
|---|---|---|---|---|
| (DCEP) | ۱۲۰ ـ ۱۶۰ | ۴ | E۶۰۱۰ | پاس ریشه |
| مثبت | ۱۵۰ ـ ۱۶۰ | ۴ | E۷۰۱۰ | پاس گرم |
| مثبت | ۱۵۰ ـ ۱۸۰ | ۵ | E۷۰۱۰ | پاس پرکن |
| مثبت | ۱۵۰ ـ ۱۸۰ | ۵ | E۷۰۱۰ | پاس رویه |

نکته

ولتاژ مدار باز برای الکترود سلولزی حداقل ۷۰ ولت باشد.

لوله را با گیره در حالت افقی بسته و در چهار جهت ساعت ۳، ۶، ۹ و ۱۲ خال‌جوش شود. کمترین فاصله بین لبه‌ها در ساعت ۱۲ قرار گیرد.




**شکل ۶۳ـ موقعیت خال‌جوش‌ها**

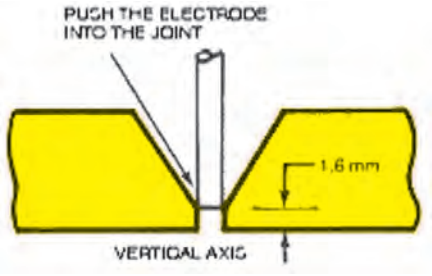
■ جوش از ساعت ۱۲ با الکترود ۴ شروع شده و زاویه الکترود نیم‌ساز شیار، ۱۰ تا ۱۵ درجه از حالت عمودی خارج به سمت جلو است.

توجه کنید

قوس را از ریشه اتصال شروع نموده و هرگز از روی خال‌جوش یا سطح خارجی لوله شروع نکنید.

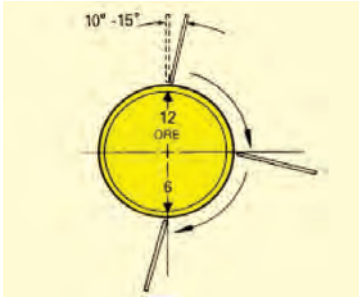
## تکنیک کلیدی

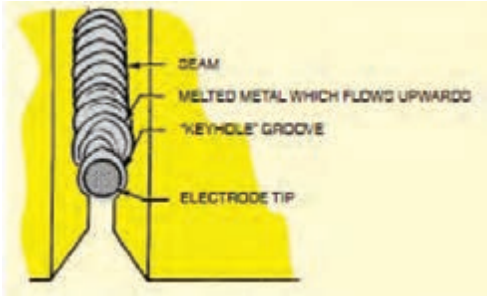
در پاس ریشه الکترود را به داخل اتصال فشار دهید. یک سوراخ ریز در پشت ریشه ایجاد می‌شود که نوک الکترود را دنبال می‌کند. اگر فلز مذاب شروع به ریزش کرد، الکترود را با نوسان ملایم از یک طرف به طرف دیگر حرکت دهید. اگر قوس قطع شد سریع نوک الکترود را به سمت پایین‌تر از حوضچه جوش کشیده تا سرباره داخل حوضچه نرود. سرباره چاله انتهایی و ۵۰ میلی‌متر آخر جوش سنگ‌زنی شود.




شکل۶۴

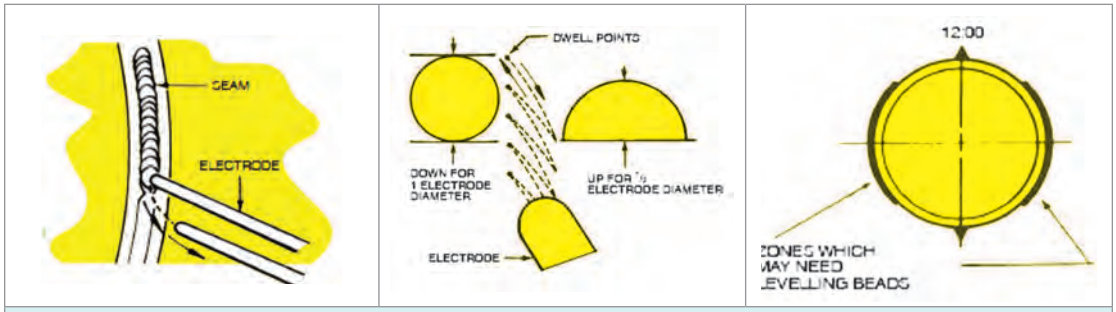
برای شروع مجدد ۱۲ میلی‌متر قبل از چاله، جوشکاری نموده و با طول قوس بیشتر از حد نرمال به سمت چاله حرکت، سپس به حالت عادی برگردید. گرده جوش داخلی باید حدود ۱/۶ میلی‌متر برجستگی داشته باشد.




شکل۶۵

**اجرای پاس گرم:** از ساعت ۱۲ شروع و با همان زاویه ۱۵ـ۱۰ درجه به سمت ساعت ۶ حرکت نمایید. به اندازه قطر الکترود به جلو بروید و به اندازه نصف قطر الکترود برگردید. در نقطه برگشت، کمی مکث نموده تا چاله پر شود. طول قوس را همیشه به اندازه قطر الکترود نگه دارید. اگر قوس قطع شد، سرباره را پاک نموده و از ۱۲ میلی‌متر قبل‌تر دوباره شروع و به سمت چاله حرکت نمایید.

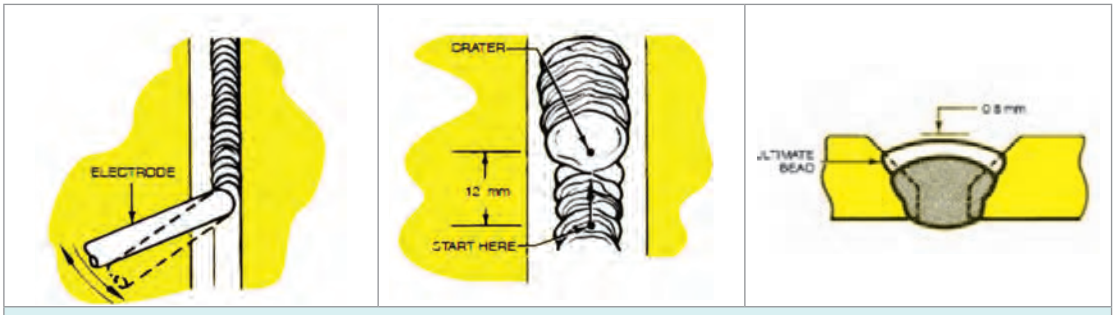



شکل ۶۶

توجه کنید

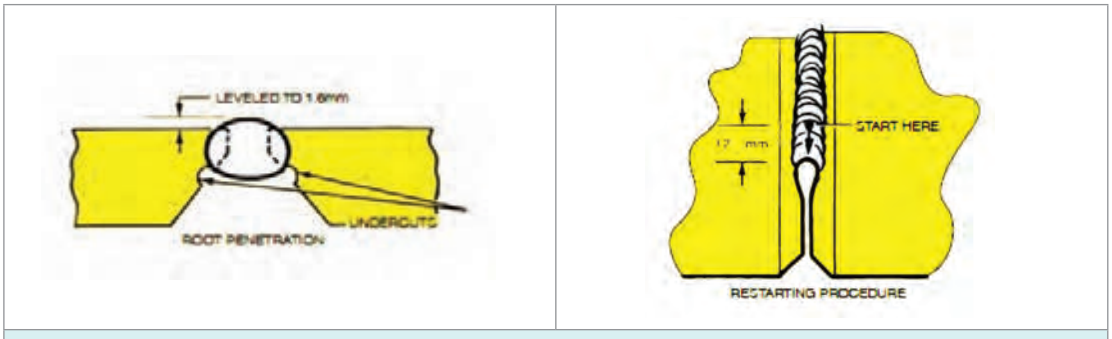
روش «کشیدن» که در پاس ریشه خوب بود، در پاس گرم باعث ذوب ناقص و آخال سرباره می‌شود. از روش بالا-پایین استفاده نمایید.

**پاس پرکن:** از همان وضعیت و زاویه، اما قطر الکترود ۵ میلی‌متر و جریان ۱۵۰ تا ۱۸۰ آمپر، با حرکت نوسانی نوک الکترود را روی لبه‌های پاس قبل نشانه بگیرید و کمی مکث کنید. از یک لبه به لبه دیگر بروید. هر لایه را حداکثر ۱/۶میلی‌متر ضخامت بدهید.



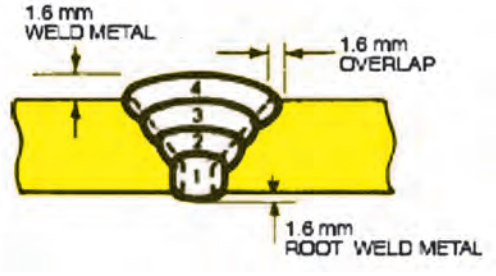

شکل ۶۷

**رفع ضخامت ناهموار:** بعد از چند لایه، معمولاً بالای لوله (ساعت ۱۲) و پایین لوله (ساعت ۶) از دو طرف (ساعت ۳ و ۹) ضخیم‌تر می‌شوند. قبل از پاس رویه، نواحی ناهموار را با پاس‌هایی باید هم‌تراز نمود.




شکل ۶۸

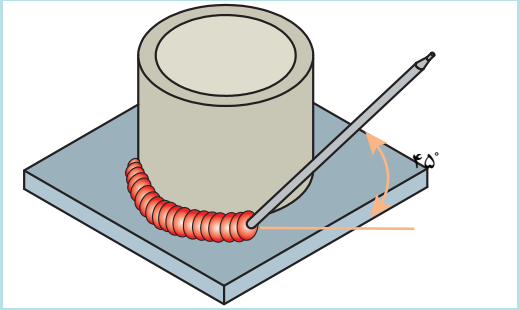
**پاس نهایی:** همان تکنیک پاس پرکنی، اما با نوسان بیشتر .نوسان به شکل Z یا نیم هلالی که نوک الکترود را روی لبه‌های پاس قبل قرارداده و مکث نمایید. ارتفاع گرده جوش بیرونی بین ۰/۸ تا ۱/۶ میلی‌متر باشد و حدود ۱/۶ میلی‌متر روی لبه‌های شیار را بپوشاند.




شکل ۶۹

کارکارگاهی






☐ **جوشکاری لوله به ورق**

مطابق نقشه دو تکه لوله سایز ۱ اینچ و ۲ اینچ را بر روی صفحه‌ای به ابعاد ۱۰mm × ۱۰۰ × ۱۵۰ جوشکاری نمایید.

☐ **مراحل انجام کار**

☐ انتخاب صحیح الکترود

☐ برش لوله مطابق شکل داده شده

☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری

☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت ساعت ۶ و ۱۲

☐ گونیا نمودن لوله‌ها

☐ خال‌جوش نمودن لوله‌ها در موقعیت‌های ۳ و ۹

☐ جوشکاری لوله‌ها به صفحه

☐ **وسایل و تجهیزات**

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

**ابزار و تجهیزات مورد نیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی.
- کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی درمحیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارکارگاهی

## ☐ جوشکاری لوله در وضعیت 1G

مطابق نقشه دوتکه لوله سایز ۲ اینچ و هرکدام به طول ۵۰ mm را در وضعیت 1G جوشکاری نمایید.

## ☐ مراحل انجام کار

☐ انتخاب صحیح الکترود
☐ برش لوله مطابق شکل داده شده
☐ ایجاد پخ ۴۵ درجه در لبه لوله‌ها
☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری
☐ ایجاد خال‌جوش در وضعیت‌های ۱۰:۳۰، ۷:۳۰، ۴:۳۰، ۱:۳۰
☐ گونیا نمودن لوله‌ها
☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۱۱
☐ ادامه جوشکاری تا پر شدن کامل درز اتصال

## ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.



**ابزار و تجهیزات مورد نیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی.
- کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی درمحیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارکارگاهی

## ☐ جوشکاری لوله در وضعیت 2G

مطابق نقشه دو تکه لوله سایز ۲ اینچ و هرکدام به طول ۵۰ mm را در وضعیت 2G جوشکاری نمایید.

## ☐ مراحل انجام کار

☐ انتخاب صحیح الکترود

☐ برش لوله مطابق شکل داده شده

☐ ایجاد پخ ۴۵ درجه در لبه لوله‌ها

☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری

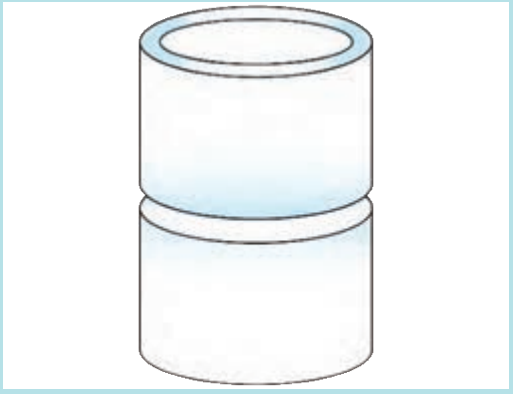
☐ ایجاد خال‌جوش در وضعیت‌های ۱۰:۳۰، ۷:۳۰، ۴:۳۰، ۱:۳۰

☐ گونیا نمودن لوله‌ها

☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۱۲ تا وضعیت ساعت ۶

☐ قطع جوشکاری در وضعیت ساعت ۶ و تعویض الکترود

☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۶ تا وضعیت ساعت ۱۲





## ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

**ابزار و تجهیزات مورد نیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی.
- کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی درمحیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

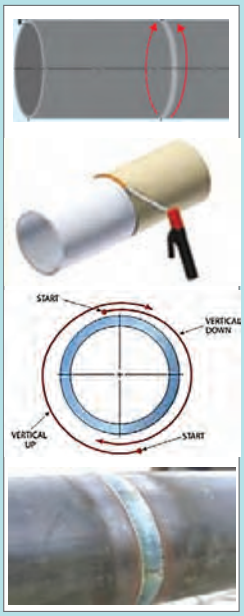
نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارکارگاهی

## ☐ جوشکاری لوله در وضعیت 5G

مطابق نقشه دو تکه لوله سایز ۲ اینچ و هر کدام به طول ۵۰ mm را در وضعیت 5G جوشکاری نمایید.




### ☐ مراحل انجام کار

- ☐ انتخاب صحیح الکترود
- ☐ برش لوله مطابق شکل داده شده
- ☐ ایجاد پخ ۴۵ درجه در لبه لوله‌ها
- ☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری
- ☐ ایجاد خال‌جوش در وضعیت‌های ۱۰:۳۰، ۷:۳۰، ۴:۳۰، ۱:۳۰
- ☐ گونیا نمودن لوله‌ها
- ☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۱۱ با جهت Downhill تا وضعیت ساعت ۶
- ☐ قطع جوشکاری در وضعیت ساعت ۷ و تعویض الکترود
- ☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۵ با جهت Up hill تا وضعیت ساعت ۱۲
- ☐ قطع جوشکاری در وضعیت ساعت ۱ و تعویض الکترود

توجه کنید

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

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی.
- کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی درمحیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

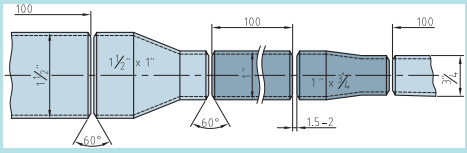
نکات زیست‌محیطی

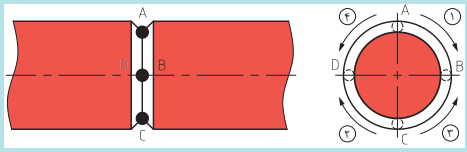
- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

کارکارگاهی

## ☐ جوشکاری لوله تبدیلی

نقشه زیر را با لوله و اتصالات داده شده جوشکاری نمایید.






## ☐ مراحل انجام کار

- ☐ انتخاب صحیح الکترود
- ☐ برش لوله مطابق شکل داده شده
- ☐ ایجاد پخ ۴۵ درجه در لبه لوله‌ها
- ☐ تمیزکاری و پلیسه‌گیری
- ☐ ایجاد خال‌جوش در وضعیت‌های ۱۰:۳۰، ۷:۳۰، ۴:۳۰، ۱:۳۰
- ☐ گونیا نمودن لوله‌ها
- ☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۱۱ تا وضعیت ساعت ۶
- ☐ قطع جوشکاری در وضعیت ساعت ۷ و تعویض الکترود
- ☐ شروع جوشکاری از وضعیت ساعت ۵ تا وضعیت ساعت ۱۲
- ☐ قطع جوشکاری در وضعیت ساعت ۱ و تعویض الکترود

## ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

**ابزار و تجهیزات مورد نیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |
| ۴ | | |

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی.
- کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی درمحیط کارگاه خودداری نمایید.
- جداکردن سریع الکترود از انبر در صورت چسبیدن به قطعه.

نکات زیست‌محیطی

- جمع‌آوری پسماند سنگ‌زنی.
- جلوگیری از انتشار گردوغبار.
- تفکیک پسماندها جهت بازیافت.
- خاموش کردن دستگاه پس از پایان کار.
- عدم پرتاب ته‌مانده الکترودها به اطراف محل جوشکاری

# ارزشیابی شایستگی جوشکاری لوله

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** جوشکاری لوله در وضعیت های ۳G,۲G,۱G با به‌کارگیری ابزار و تجهیزات جوشکاری الکترود دستی برابر دستورالعمل (WPS) |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲۲ | کار | جوشکاری لوله | سطح شایستگی | مهارت | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی دستگاه | دستگاه جوش رکتی‌فایر، وسایل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | انتخاب و آماده‌سازی دستگاه و قطعه برابر WPS و نقشه | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی دستگاه برابر رویه جوش‌کاری | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی | ۱ | |
| ۲ | آماده‌سازی و مونتاژ | دستگاه جوش رکتی‌فایر، متر فلزی، تراز، گونیا، شابلن‌اندازه‌گیری‌پخ، برس‌سیمی‌دستی، گوه، گیره، تکیه‌گاه، براکت، سنگ فرز مینی، مارکر وسایل ایمنی فردی، (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | برش قطعات، ایجاد پخ و مونتاژ برابر نقشه | ۳ | |
| | | | | برش قطعات و مونتاژ برابر نقشه | ۲ | |
| | | | | عدم توانایی در آماده‌سازی و مونتاژ | ۱ | |
| ۴ | کنترل نهایی | برس‌سیمی‌دستی، سنگ فرز مینی، وسائل ایمنی فردی (طبق ضوابط و مقررات کارگاه)<br>تهویه و نور مناسب کارگاهی<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار ـ نقشه ـ آزمون عملکردی | کنترل نهایی وبین پاسی برابر رویه | ۳ | |
| | | | | تمیزکاری بین پاسی برابر رویه | ۲ | |
| | | | | نا توانی در تمیزکاری | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ دقت در تمیزکاری بین پاسی<br>ـ درستکاری<br>ـ توجه به تهویه موضعی<br>ـ توجه به موارد ایمنی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |
| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | | | | | بلی ☐ | |
| | | | | | خیر ☐ | |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# پودمان سوم

## بازرسی چشمی جوش



اجرای بازرسی چشمی جوش



تحلیل فرم بازرسی چشمی

از زمانی که انسان زندگی را آغاز کرد، همیشه برای شناخت محیط و تشخیص خطرها از چشم به‌عنوان اولین ابزار بازرسی استفاده می‌کرد. این توانایی ساده، با پیشرفت علم و صنعت، به روشی مهم و کاربردی در کنترل کیفیت تبدیل شده است. امروز نیز در بسیاری از صنایع، به‌ویژه در جوش‌کاری سازه‌های فلزی، بازرسی چشمی‌نخستین و یکی از مهم‌ترین مراحل بررسی کیفیت به‌شمار می‌آید. در این روش، بازرس جوش با کمک ابزارهایی مانند چراغ‌قوه، ذره‌بین، آینه، کولیس، گیج جوش و بروسکوپ می‌تواند ظاهر جوش و اطراف آن را با دقت بررسی کند. هرچند در سال‌های اخیر از هوش مصنوعی و بینایی ماشین نیز برای کمک به بازرسی استفاده می‌شود، اما بازرسی چشمی همچنان جایگاه اصلی خود را حفظ کرده است. دلیل اهمیت آن است که این روش، در صورت انجام توسط فرد آموزش‌دیده و آشنا با استانداردها، می‌تواند بسیاری از عیوب را در همان مراحل اولیه تشخیص دهد. در نتیجه، از انجام آزمون‌های گران‌قیمت‌تری مانند MT، PT و RT در موارد غیرضروری جلوگیری می‌شود. بازرسی چشمی‌به ما کمک می‌کند تا با دقت، سرعت و هزینه کمتر، درباره کیفیت جوش قضاوتی درست و مهندسی داشته باشیم. به همین دلیل، این روش یکی از پایه‌های مهم در حفظ ایمنی، کیفیت و بهره‌وری در صنایع مختلف است.

# واحد یادگیری ۱

## اجرای بازرسی چشمی جوش

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- می‌توان با استفاده از ابزارهای ساده بازرسی چشمی‌مانند خط‌کش، گیج جوش و ذره‌بین، کیفیت جوش را بررسی کرد.
- برخی عیوب رایج جوش مانند ترک، بریدگی کناره جوش و تخلخل سطحی را می‌توان با بازرسی چشمی‌دقیق تشخیص داد.
- بازرسی چشمی باید قبل، حین و پس از اتمام جوش انجام شود.
- اندازه‌گیری ابعاد جوش (طول، عرض، ارتفاع) با ابزار مناسب، نقش مهمی‌در ارزیابی کیفیت جوش دارد.
- نور مناسب، تمیز بودن سطح جوش و زاویه دید صحیح بر دقت بازرسی چشمی‌تأثیر زیادی دارد.
- تشخیص به‌موقع عیوب در مراحل اولیه جوش‌کاری، می‌تواند از جوشکاری مجدد و هزینه‌های اضافی جلوگیری کند.

### استاندارد عملکرد

پس از پایان این واحد یادگیری هنرجو قادر خواهد بود، با رعایت کامل اصول ایمنی و کسب شایستگی‌های لازم در بازرسی چشمی‌جوش با استفاده از ابزارهای مناسب اندازه‌گیری، کیفیت ظاهری جوش را در مراحل قبل، حین و بعد از جوش‌کاری بررسی نماید و همچنین می‌تواند عیوب رایج در جوش را شناسایی کرده و ابعاد اصلی جوش را به‌صورت دقیق کنترل نماید.

## بازرسی چشمی

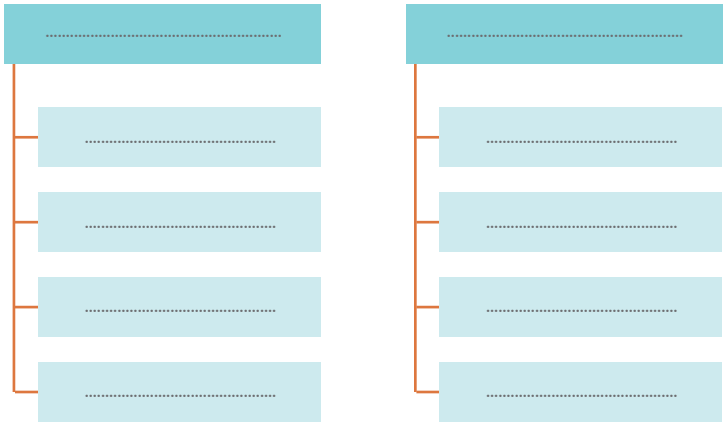
در فرایند جوشکاری همواره احتمال بروز عیوب و ناپیوستگی‌ها و ناهمگنی‌ها وجود دارد که شناسایی به‌موقع آنها برای تضمین کیفیت و ایمنی سازه جوشکاری شده ضروری است. در صورت امکان، این عیوب باید به روش‌های استاندارد تعمیر شوند و در غیر این صورت، محصول از چرخه بهره‌برداری خارج خواهد شد. به منظور ارزیابی دقیق کیفیت، روش‌های متنوعی برای بازرسی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این میان، بازرسی چشمی به‌دلیل سادگی، هزینه پایین و قابلیت تشخیص اولیه بسیاری از عیوب، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است .

کار کلاسی

به شکل‌های زیر نگاه کنید و آنها را به دو گروه و یا به دو زیرگروه در نمودار داده شده دسته‌بندی نمایید.



### نمودار پیشنهادی




نمودار ۱

پرسش کلاسی

دو نوع اولویت‌بندی را که هنگام دسته‌بندی برای تفکیک در نظر گرفتید را بنویسید.

۱ ..... ۲ .....

کار کلاسی

□ در تنظیم نمودار صفحه قبل چه فعالیت‌هایی انجام دادید؟ این فعالیت‌ها را به‌ترتیب اهمیت با استفاده از کلمات داده شده در جدول جای‌گذاری نمایید: (انتخاب، ثبت، نگاه) و همچنین هریک از فعالیت انجام شده گویای کدام نوع اقدام می‌باشد: (محاسبه، بررسی و تنظیم یک کار، نگارش)

| شماره | فعالیت | اقدام |
|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... |

□ به شکل‌های زیر نگاه کنید و به سؤالات پاسخ دهید:

در هر شکل عامل تخریب آنها چه بوده است.

عامل مشترک و مهم جلوگیری از تخریب در شکل‌های زیر چه می‌باشد؟

**پاسخ** .....

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ..... | ..... | ..... |

□ به تصاویر زیر نگاه کنید و توضیح دهید افراد در حال انجام چه نوع فعالیتی هستند.

هدف از کاری که انجام می‌دهند چیست؟ .....

دو مثال مشابه دیگر را ذکر کنید. ..... و .....

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ..... | ..... | ..... |

## بازرسی

فعالیت‌هایی که به منظور حصول اطمینان از سلامت و کامل بودن یک قطعه یا سازهٔ هندسی، با استفاده از چشم، ابزار و ملاک معین، انجام می‌پذیرد، بازرسی با هدف به‌دست آوردن کیفیت محصول انجام می‌شود و کیفیت مطلوب، ایمنی را به ارمغان می‌آورد و به کاهش هزینه‌ها کمک می‌نماید.

کار کلاسی

کدام‌یک از موارد زیر بازرسی محسوب نمی‌شود؟ با علامت ✓ مشخص نمایید.

| | | |
|---|---|---|
| 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. یک دسته‌بندی بسیار مهم از این بازرسی‌ها شامل دو دسته آزمون‌های مخرب (DT)[1] و آزمون‌های غیرمخرب (NDT)[2] شناخته می‌شوند.

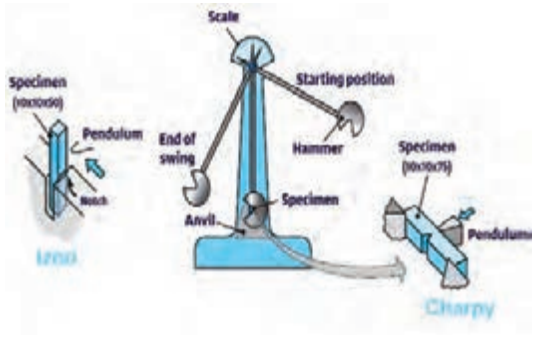
### آزمون‌های مخرب (DT)

به منظور تعیین برخی خواص مکانیکی و شیمیایی نمونه‌ها انجام می‌شود. در این نوع تست قطعات دچار تخریب شده و قابل استفاده نمی‌باشند. در جدول زیر برخی از این نوع آزمون‌های مخرب را ملاحظه می‌نمایید.

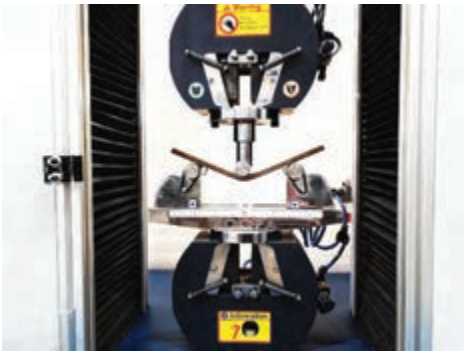
کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز خود جدول زیر را تکمیل نمایید.

جدول روش‌های رایج آزمون‌های مخرب

| | |
|---|---|
|  |  |
| مقاومت به شکست در برابر ضربه<br>آزمون..... | مقاومت در برابر فرو رفتگی<br>آزمون..... |

1- Destractive Testing 2- Non - Destractive Testing

| | |
|---|---|
|  |  |
| مقاومت مواد به کشش<br>آزمون ..... | سنجش شکل‌پذیری مواد<br>آزمون ..... |

## ■ حکاکی یا اچ شیمیایی (Etching)

فرایندی است که در آن سطح برش و پرداخت شده اتصال جوش، تحت اثر محلول شیمیایی در آن خوردگی کنترل شده ایجاد می‌شود تا ساختار ماکروسکوپی یا میکروسکوپی جهت بازرسی ابعاد جوش و متالوگرافی آشکار و متمایز گردد. جدول ۱ اطلاعات مربوط به این دو روش آورده شده است .

**جدول ۱ــ تست ماکرواچ و میکرواچ در جوش‌کاری**

| ماکرو اچ | میکرو اچ |
|---|---|
|  |  |
| بزرگ‌نمایی<br>چشم غیرمسلح حدود ۱۰ برابر با ذره‌بین<br>هدف<br>بررسی ویژگی‌هایی مانند، ایجاد جوش و مناطق آن، نفوذ، عدم ذوب، تخلخل، ترک و خط جوش<br>کاربرد<br>روشی کارگاهی، آزمایشگاهی برای کنترل کیفیت روزانه، تأیید دستورالعمل جوش‌کاری و تأیید صلاحیت جوشکار | بزرگ‌نمایی<br>با میکروسکوپ ۱۰۰برابر و بیشتر<br>هدف<br>بررسی ریزساختار فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و منطقه جوش<br>کاربرد<br>ارزیابی آزمایشگاهی، تحلیل شکست، بررسی سیکل حرارتی، خواص مکانیکی فلز پایه و فلز جوش |

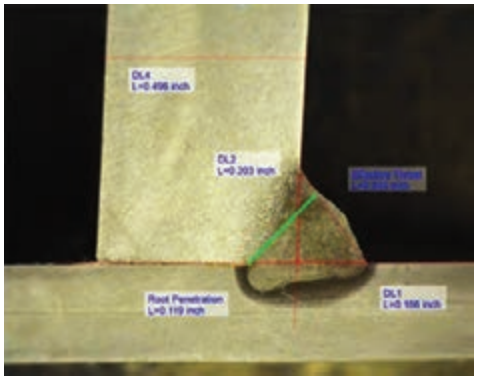
توجه

مراحل کلی آماده‌سازی نمونه‌ها در هر دو آزمون شامل برش مقطعی، سنباده‌زنی، پولیش و اچ شیمیایی است، تفاوت عمده در پرداخت نهایی سطح و نوع محلول اچ دو نمونه می‌باشد.

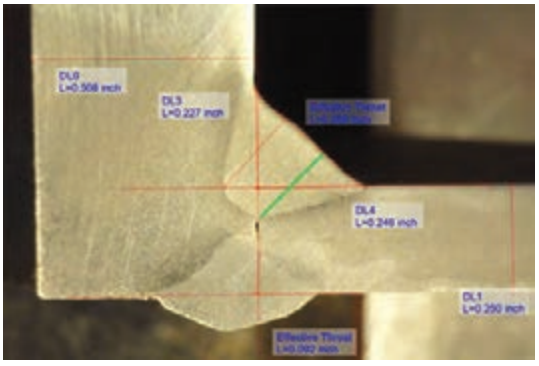
## آزمون ماکرو اچ

یک روش ارزیابی متالورژیکی و چشمی‌برای سنجش کیفیت و سلامت اتصال جوش است. در این روش، نمونه به‌صورت عرضی و عمود بر امتداد محور جوش، برش داده می‌شود. سپس سطح مقطع آن مراحل سنباده‌زنی، صیقل‌کاری و پاک‌سازی را طی کرده و در نهایت توسط یک محلول شیمیایی مناسب پرداخت می‌شود. این واکنش شیمیایی کنترل‌شده، نواحی سه‌گانه اتصال شامل فلز پایه، ناحیه متأثر از حرارت و فلز جوش را از یکدیگر متمایز ساخته و مرز ذوب و چیدمان پاس‌ها را آشکار می‌کند.

نمونه‌هایی از قطعات جوش‌کاری شده بعد از عملیات ماکرو اچ در شکل ۱ نشان داده شده است.



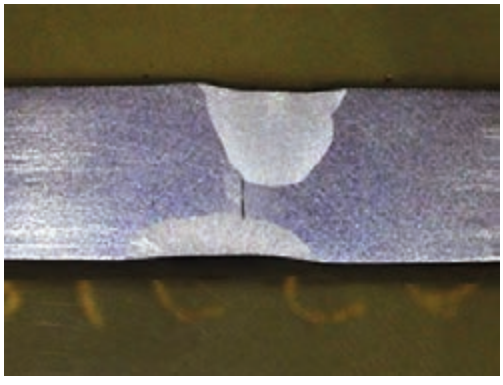
☐ اتصال سه پری
جوش ماهیچه‌ای



☐ اتصال گوشه
جوش ماهیچه‌ای



☐ اتصال گوشه
جوش ماهیچه‌ای



☐ اتصال لب به لب
جوش شیاری

شکل ۱

ارزیابی مقطع ماکرو به بازرسان جوش امکان می‌دهد تا مشخصات هندسی و عیوب داخلی اتصال از جمله، تخلخل‌ها، عدم نفوذ ریشه، عدم امتزاج دیواره جانبی و بین‌پاسی، ترک‌ها، اندازه ساق و گلویی و شکل گرده جوش را به‌دقت بررسی نمایند. داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمون نقشی کلیدی در کنترل کیفیت جوش ایفا کرده و در آزمون فرایند جوشکاری، کتاب صلاحیت جوش‌کار، تأیید دستورالعمل جوش‌کاری و بررسی‌های کیفی قطعات نمونه را به‌دنبال دارد.

## ■ مراحل اجرای آزمون ماکرواچ

■ **برش قطعه،** محل برش باید حداقل ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) از ابتدا یا انتهای خط جوش فاصله داشته باشد تا عیوب شروع و پایان جوش‌کاری در نتیجه آزمون اثر نگذارد. برش‌کاری باید با کمان‌اره یا اره‌نواری مجهز به سیستم خنک‌کننده (آب صابون) انجام شود تا از گرم شدن قطعه و تغییر متالورژیکی ساختار آن جلوگیری گردد.

■ **سوهان‌کاری،** برروی سطح مقطع برش‌خورده با سوهان آج ریز انجام می‌شود تا ناهمواری‌ها و خطوط خشن ناشی از برش برطرف شود. برای اطمینان از رفع کامل خطوط قبلی، جهت سوهان‌کاری را در مراحل متوالی ۹۰ درجه تغییر دهید.

■ **سنباده‌کاری،** به‌صورت متوالی با سنباده‌های زبر تا نرم از شماره‌های ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۰۰ تا ۶۰۰ انجام می‌شود. به‌منظور جلوگیری از ایجاد حرارت اصطکاکی و تغییر ساختار جوش، سنباده‌کاری باید با جریان آب انجام شود. در هر مرحله و با تغییر شماره سنباده، جهت حرکت دست یا قطعه را ۹۰ درجه تغییر دهید تا خطوط مرحله قبل کاملاً محو شود.

نکته

برای انجام تست میکرو اچ سنباده‌زنی تا سنباده شماره ۲۰۰۰ ادامه داده می‌شود تا سطح کاملاً حالت آینه‌ای داشته باشد.

■ **اچ‌کردن با محلول نایتال،** پس از شست‌وشوی سطح، مقطع موردنظر را توسط پنبه به محلول نایتال ۵ درصد آغشته یا قطعه را در محلول غوطه‌ور سازید. برای فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ، معمولاً ۱۰ تا ۶۰ ثانیه زمان لازم است تا واکنش شیمیایی انجام شود و مرز بین فلز پایه، منطقه متأثر از حرارت و فلز جوش با تغییر رنگ مشخص گردد.

■ **تثبیت سطح،** بلافاصله پس از نمایان شدن ساختار جوش، به‌منظور جلوگیری از خوردگی بیش از حد و تیره‌شدن سطح، مراحل بدون وقفه باید انجام شود .

۱ **توقف واکنش و شست‌وشو،** قطعه را فوراً زیر جریان آب سرد بگیرید تا واکنش خورده شدن سطح متوقف و اسید از روی سطح شسته شود. سپس سطح را با الکل شست‌وشو دهید تا آب باقی‌مانده جذب الکل شده (جلوگیری از ایجاد لکه آب) و سریع‌تر تبخیر گردد.

۲ **خشک‌کردن سریع،** سطح مقطع را بلافاصله با جریان باد گرم (سشوار) خشک کنید.

نکته

از کشیدن دستمال، پارچه یا پنبه خشک روی سطح اچ شده خودداری کنید، زیرا باعث ایجاد خط‌وخش و برجای ماندن پرز روی سطح حساس نمونه می‌شود. برای خشک کردن، صرفاً از جریان باد استفاده نمایید.

■ **بازرسی و ارزیابی ماکرو،** سطح مقطع آماده‌شده با چشم غیرمسلح یا با استفاده از ذره‌بین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مرحله مواردی مانند عمق نفوذ، ذوب کامل در ریشه و دیواره‌ها، ابعاد ساق و گلویی

جوش و عدم وجود ترک و حفره‌های گازی بررسی می‌شوند.

کار کلاسی

با جست‌وجو در منابع فنی و استانداردها، بررسی کنید که درصورت نیاز به بایگانی و مستندسازی درازمدت نمونه‌های ماکرواچ، چه روش‌هایی برای جلوگیری از زنگ‌زدگی و اکسیداسیون سطح نمونه وجود دارد.

**نتیجه:**.....

تجهیزات موردنیاز اجرای ماکرو اچ در جدول ۲ آورده شده است.

**جدول ۲**

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ☐ **عینک ایمنی** با پوشش ضد بخار.<br>☐ **دستکش نیتریل** سنگین قابل استفاده مجدد برای کار با مواد شیمیایی.<br>☐ **سواب پنبه‌ای**، به طول ۱۵ سانتی‌متر برای جذب و انتقال محلول شیمیایی | ☐ **پیش‌بند نئوپرن** مقاوم در برابر اسید برای کار با مواد شیمیایی.<br>مدل پیش‌بند، زرد رنگ با ابعاد ۳۵ × ۴۵ اینچ | ☐ **انبر آزمایشگاهی**<br>مقاوم در برابر مواد شیمیایی با روکش کامل برای اچ کردن و مقاوم برای غوطه‌ور کردن نمونه در مواد شیمیایی با طول ۲۵ سانتی‌متر |
|  |  |  |
| ☐ **محلول خنثی کننده**<br>برای از بین بردن بقایای اسید روی سطح و جلوگیری از خوردگی | ☐ **محلول اچ نایتال**<br>برای اچ کردن فولاد نرم، فولاد کربنی، فولاد کم آلیاژ، چدن و فولاد ابزار. | ☐ **سنباده**<br>سنباده‌های سایز ۶۰-۱۸۰-۲۲۰-۴۰۰-۶۰۰-۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ برای پرداخت‌کاری و پولیش سطح |

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **سشوار**<br>برای خشک کردن سطح قطعه از رطوبت | **سوهان**<br>آج ریز (نرم) برای پرداخت اولیه | **ذره‌بین مدرج**<br>جهت بزرگ‌نمایی ومشاهده دقیق سطح قطعه |

## آزمون‌های غیرمخرب (NDT)

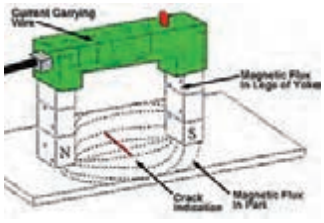
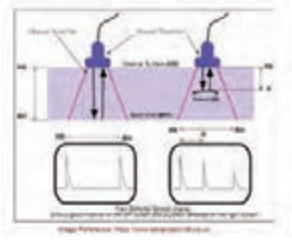
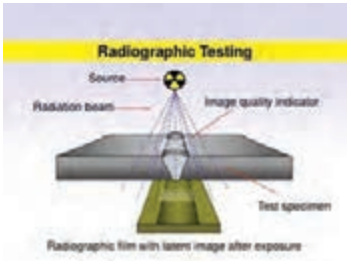
آزمون‌هایی هستند که با استفاده از پدیده‌های فیزیکی یا بررسی‌های سطحی و به منظور تعیین سلامت یک نمونه یا جوش انجام می‌شوند. در آزمون‌های غیرمخرب آسیبی به نمونه وارد نمی‌شود. شناسایی عیوب، افزایش ایمنی و عمر محصول و صرفه اقتصادی از اهداف بازرسی‌های غیرمخرب می‌باشند.

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول داده شده را تکمیل نمایید.

**جدول ۳ــ رایج‌ترین روش‌های غیرمخرب بازرسی جوش**

| شکل | نام روش بازرسی | کاربرد |
|---|---|---|
|  | ..... Visual Testing (VT) | بررسی و شناسایی نواقص سطحی نمونه با استفاده از چشم و تجهیزات بازرسی چشمی |
|  | ..... Penetrant Test (PT) | شناسایی نواقص بسیار ریز سطحی و یا زیر سطحی که به سطح راه دارند در چند مرحله با استفاده از مایع نافذ روی نمونه |

| | | |
|---|---|---|
|  | Magnetic Test (MT) | بررسی و شناسایی نواقص بسیار ریز سطحی و یا زیر سطحی در نمونه‌های آهنی با استفاده از تجهیزات مغناطیسی و ذرات پودر آهن |
|  | Ultrasonic Test (UT) | بررسی و شناسایی نواقص سطحی و عمقی با استفاده از امواج فراصوتی |
|  | Radiographic Test (RT) | شناسایی نواقص سطحی و عمقی در نمونه با استفاده از اشعه ایکس و گاما |

## بازرس جوش

بازرس جوش فردی صلاحیت‌دار است که مطابق با الزامات و دستورالعمل‌های استاندارد، مسئولیت انجام بازرسی و کنترل کیفیت جوش با استفاده از روش‌ها، تجهیزات و معیارهای تعیین‌شده را دارد و نتایج بازرسی را به منظور اطمینان از انطباق فرایند و محصول نهایی با مشخصات فنی و الزامات کیفی مستندسازی و گزارش می‌کند.

### بازرسی چشمی جوش

برای کسب اطمینان از سلامت نمونه جوش‌کاری شده، با استفاده از چشم و ابزار بازرسی چشمی‌انجام می‌پذیرد. در این روش از استاندارد مشخص برای قبولی یا رد جوش استفاده می‌شود. روش چشمی‌برای عیوب سطحی مناسب است. سادگی، ارزانی و پیشگیری از ادامه خطا از مهم‌ترین مزایای آن می‌باشد.

کار کلاسی

در ارتباط با محدودیت و مزایای روش چشمی‌بحث نموده و جدول زیر را با علامت ✓ تکمیل کنید.

| محدودیت و مزایای روش چشمی | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ویژگی | شناسایی نواقص بسیار ریز | اجرای آسان | جلوگیری از فرایند اشتباه | شناسایی عیوب سطحی | اجرای ارزان | شناسایی عیوب عمقی |
| مزایای بازرسی چشمی | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| محدودیت بازرسی چشمی | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## نکته‌های مهم در بازرسی چشمی

- شدت نور باید حداقل ۵۰۰ لوکس (واحد اندازه‌گیری شدت نور) باشد و همچنین بهتر است برای دید بهتر، نور طبیعی یا نور سفید مهیا شود.
- کوچک‌ترین عیب قابل رؤیت با چشم سالم اجسام با اندازه ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر می‌باشند. بسیاری از منابع استاندارد استفاده از ذره‌بین با حداقل بزرگ‌نمایی ۳ تا ۵ برابر را توصیه می‌کنند تا کوچک‌ترین عیوب هم مشاهده شوند.
- بازرسی چشمی باید به‌عنوان اولین گام ارزیابی کیفیت جوش انجام شود و لازم است این کار در سه مرحله پیش، حین و پس از جوش‌کاری انجام شود.
- مطابق استاندارد فاصله چشم بازرس تا قطعه بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر با زاویه ۳۰ تا ۹۰ درجه نسبت به سطح جوش توصیه می‌شود. دیدن قطعه از جهات مختلف احتمال شناسایی عیوب را افزایش می‌دهد.

کار کلاسی

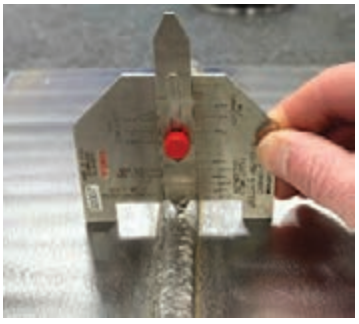
در جدول زیر، تجهیزات بازرسی چشمی‌جوش را مشاهده می‌کنید. جاهای خالی را تکمیل نمایید.

| ابزار بازرسی چشمی‌جوش | | |
|---|---|---|
| نام وسیله | شکل | کاربرد |
| ..... |  | اندازه‌گیری ابعادی |
| کولیس |  | ..... |

| ابزار بازرسی چشمی جوش | | |
|---|---|---|
| نام وسیله | شکل | کاربرد |
| ..... |  | کنترل طول و زاویه(۴۵،۹۰) |
| ذره‌بین مدرج |  | ..... |
| خط‌کش ژله‌ای |  | ..... |
| ..... |  | سنجش دمای پیش‌گرم و پس‌گرم |
| ..... |  | بررسی از زوایای غیر قابل دسترس |
| ماژیک مخصوص (Metal Marker) |  | ..... |
| ..... |  | استفاده در بخش‌های کم نور |

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول زیر را تکمیل نمایید.

| گیج‌های اندازه‌گیری ابعادی جوش | | |
|---|---|---|
| نام ابزار | شکل | شرح کار |
| ..... |  | |
| ..... |  | ..... ..... |
| ..... |  | ..... ..... |
| ..... |  | ..... ..... |

## ابزار اندازه‌گیری

### متر

متر فلزی از ابزارهای اندازه‌گیری طول است و برای کنترل ابعاد کلی قطعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بازرسی‌های صنعتی، استفاده از متر فلزی، به‌دلیل دقت بالا، پایداری ابعادی مناسب و مقاومت در برابر شرایط کارگاهی ترجیح داده می‌شود. مترهای لاستیکی و پارچه‌ای ممکن است در اثر استفاده طولانی‌مدت دچار تغییر طول و کاهش دقت شوند. از جمله کاربردهای متر در بازرسی جوش، می‌توان به اندازه‌گیری ابعاد اولیه قطعات پیش از جوش‌کاری، کنترل طول و موقعیت جوش‌ها در حین و پس از جوش‌کاری و تطبیق ابعاد قطعات ساخته‌شده با نقشه‌ها و مشخصات فنی را نام برد.

برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد در اندازه‌گیری‌های دقیق، رعایت موارد زیر ضروری است:

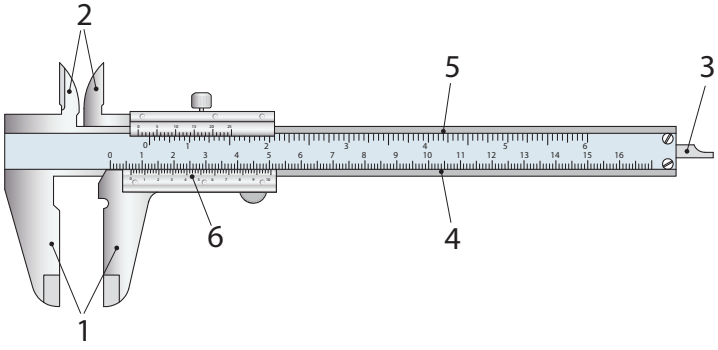
- همواره از ابزارها و تجهیزاتی استفاده شود که برچسب کالیبراسیون معتبر داشته باشند. تاریخ اعتبار کالیبراسیون، قبل از هر بار استفاده باید بررسی شود.
- قبل از استفاده، ابزار را از نظر هرگونه آسیب فیزیکی، خوردگی یا نقص که می‌تواند بر عملکرد آن تأثیر بگذارد، بازرسی شود.
- ابزار باید دارای دقت، مناسب برای کمیتی باشد که اندازه‌گیری می‌شود. استفاده از ابزار نامناسب، منجر به بروز خطای اندازه‌گیری خواهد شد.

### کولیس و ریزسنج

در اندازه‌گیری‌های دقیق، دو ابزار کولیس[1] و ریزسنج[2] نقش کلیدی دارند. اگرچه هر دو برای سنجش ابعاد به‌کار می‌روند، اما از نظر ساختار، دقت و کاربرد تفاوت‌های اساسی با یکدیگر دارند.

#### کولیس

یک ابزار چندمنظوره است که برای اندازه‌گیری‌های مختلف (با دقت معمولاً تا ۰/۰۲ میلی‌متر) استفاده می‌شود. در شکل ۲ کولیس به همراه برخی از اجزای آن نشان داده شده است.




| شماره | نام |
|---|---|
| ۱ | فک‌های خارجی |
| ۲ | فک‌های داخلی |
| ۳ | عمق‌سنج |
| ۴ | خط‌کش برحسب میلی‌متر |
| ۵ | خط‌کش برحسب اینچ |
| ۶ | تقسیم‌بندی ورنیه |

شکل ۲

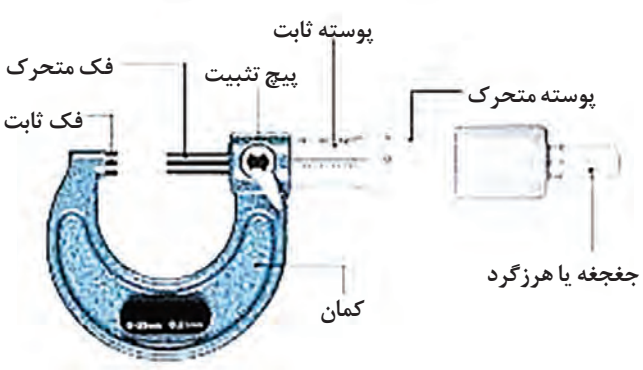
* ۱ـ ۲ـ ۳ـ ۴ـ نشان‌دهنده اندازه اصلی ۵ـ نشان‌دهنده میزان اصلی

1- Caliper 2-Micrometer

| کاربرد کولیس | اندازه‌گیری قطرخارجی و ضخامت با استفاده از فک‌های اصلی (بزرگ) |
|---|---|
| | اندازه‌گیری ابعاد داخلی با استفاده از فک‌های داخلی (کوچک) |
| | اندازه‌گیری عمق سوراخ‌ها، شیارها و فرورفتگی‌ها با استفاده از میله عمق‌سنج |

## ریزسنج

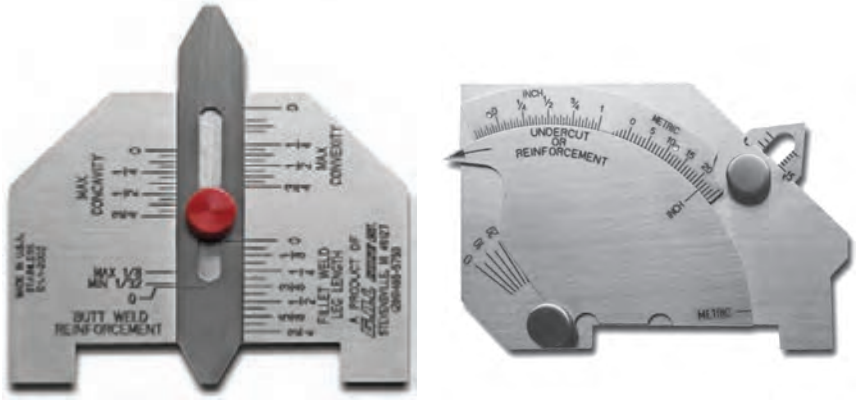
ابزاری تخصصی و بسیار دقیق است که برای اندازه‌گیری ابعاد دقیق قطعات طراحی شده است و دقتی بسیار بالاتر از کولیس دارد (۰/۰۱ میلی‌متر تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر). در شکل ۳ یک ریزسنج را مشاهده می‌کنید.




شکل ۳ـ ریزسنج یا میکرومتر

## گیج جوش‌کاری

جوش‌سنج ابزاری برای اندازه‌گیری ابعاد مختلف جوش، ناپیوستگی‌ها و سنجش زاویه طرح اتصال است. رایج‌ترین نوع گیج با نام کمبریج Cambridge Gauge و AWS Gauge است.




شکل ۴ـ ابزار اندازه‌گیری جوش

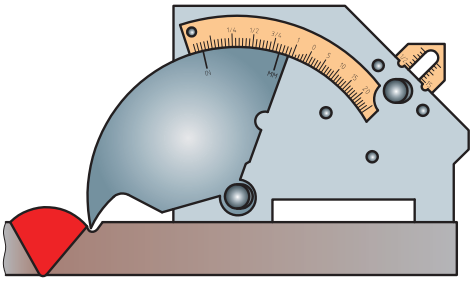
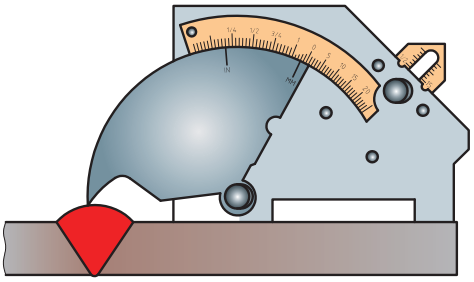
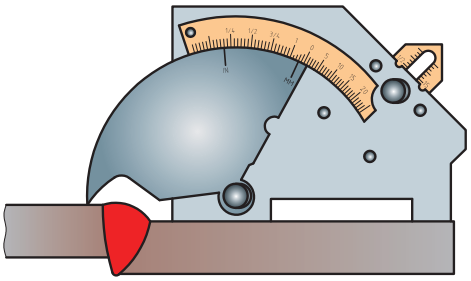
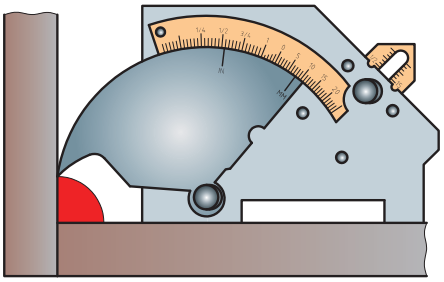
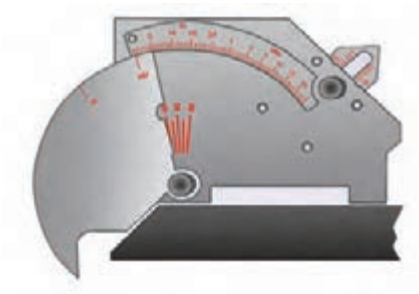
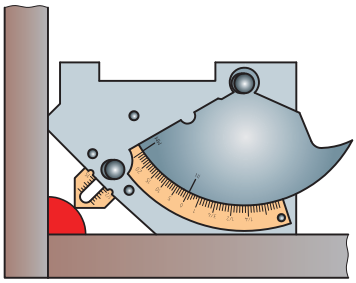
پرسش کلاسی

جاهای خالی داده شده در جدول زیر را تکمیل نمایید.

| نام ابزار | کاربرد |
|---|---|
| ..... | اندازه‌گیری گلویی جوش |
| ..... | |
| ..... | |
| ..... | |

در جدول ۴ موارد کاربرد گیج جوش‌کاری آورده شده است.

**جدول ۴**

| | |
|---|---|
|  |  |
| اندازه‌گیری حفره یا بریدگی کنار جوش | اندازه‌گیری گرده جوش اضافی |
|  |  |
| بررسی عدم تطبیق لبه‌ها | اندازه‌گیری ساق جوش |
|  |  |
| اندازه‌گیری زاویه پخ | اندازه‌گیری گلویی جوش گوشه |

پرسش کلاسی

□ برای انجام بازرسی چشمی داخل لوله و مخازن از چه وسیله‌ای استفاده می‌شود؟

☐ چهار مشخصه جوش که قابل بررسی ابعادی می‌باشند را بنویسید.

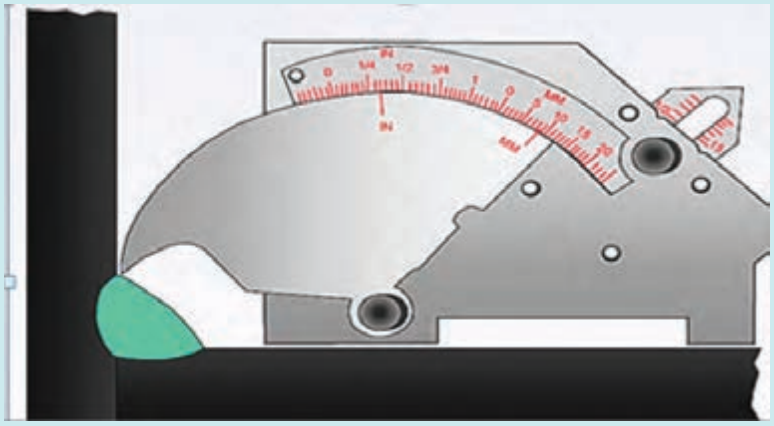
..... ، ..... ، ..... و .....

☐ اندازه ساق جوش در شکل چند میلی‌متر است؟

الف) ۶ ☐

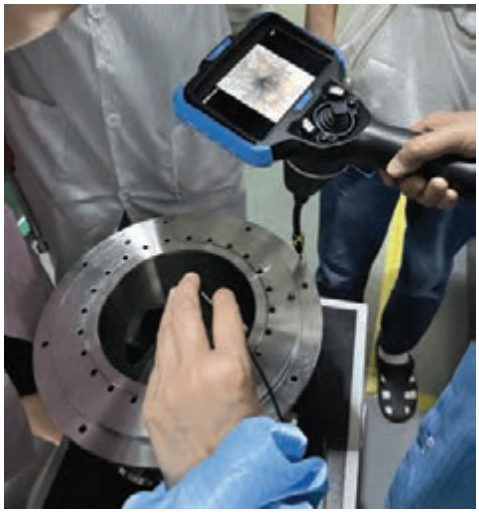
ب) ۸ ☐

ج) ۱۲ ☐



**اندازه ساق جوش**

## آندوسکوپ



**شکل ۵ــ دستگاه آندوسکوپ**

آندوسکوپ یکی از تجهیزات مدرن بازرسی چشمی غیرمخرب (VT) است که برای بازبینی بخش‌های غیرقابل‌دسترس، مانند فضای داخلی لوله‌ها، مجاری و قطعات بسته به‌کار می‌رود. این وسیله علاوه بر کاربردهای صنعتی، در حوزه پزشکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آندوسکوپ معمولاً از یک دوربین، نمایشگر و یک کابل انعطاف‌پذیر بازرسی تشکیل شده است که در انتهای آن دوربین و تجهیزات ثبت تصویر (عکاسی و فیلم‌برداری) قرار دارد.

اپراتور با هدایت کابل در مسیر بازرسی، امکان مشاهده و ثبت تصاویر از نواحی باریک و داخلی سیستم‌ها را فراهم می‌کند. تصاویر ثبت‌شده می‌توانند توسط بازرس یا متخصصان مربوطه بررسی شوند تا ناپیوستگی‌ها یا عیوب احتمالی شناسایی شده و در صورت لزوم، اقدامات اصلاحی مانند تعمیر یا تعویض قطعه انجام گیرد.

**کار کلاسی**

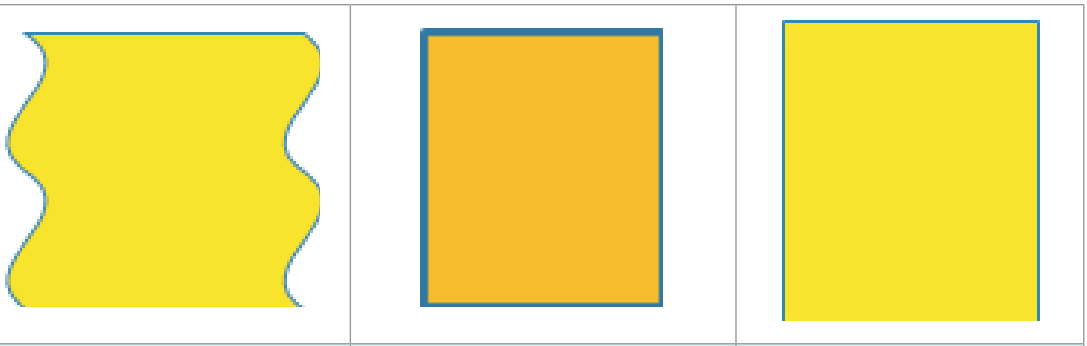
هنرجویان عزیز در منابع مرتبط تفاوت بین آندوسکوپ و بروسکوپ را جست‌وجو کرده و با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول صفحه بعد را تکمیل نمایید.

| ویژگی مورد مقایسه | آندوسکوپ | بورسکوپ |
|---|---|---|
| نوع بازرسی | بازرسی چشمی‌غیرمخرب (VT) | ..... |
| نوع کابل | ..... | صلب یا نیمه‌صلب |
| میزان انعطاف‌پذیری | ..... | کم |
| مناسب برای بازرسی | فضای داخلی لوله‌ها و مجاری خمیده | ..... |
| طول معمول ابزار | ..... | کوتاه |
| امکان ثبت عکس و فیلم | دارد | ..... |
| نوع نمایش تصویر | نمایشگر دیجیتال | ..... |
| کاربرد رایج در صنایع | ..... | محدود و موردی |
| هزینه تقریبی | ..... | کمتر |
| مثال کاربردی در بازرسی جوش | بازرسی ریشه جوش داخل لوله | ..... |

## ناپیوستگی (Discontinuity) و عیب (Defect)

هر عیبی الزاماً یک ناپیوستگی است، اما هر ناپیوستگی الزاماً می‌تواند عیب نباشد. به‌عنوان مثال در سطح آسفالت جاده، سرعت‌گیر یک ناپیوستگی و وجود چاله در جاده یک عیب محسوب می‌شود. در این بحث با مفاهیم ناپیوستگی و عیب و تفاوت آنها آشنا می‌شوید.

به شکل ۶ نگاه کنید و سپس به سؤالات مطرح‌شده پاسخ دهید.



| ۱ | ۲ | ۳ |
|---|---|---|
| بدون ناپیوستگی | ناپیوستگی ـ عیب | ناپیوستگی ـ سالم |
| روغن استاندارد | روغن معیوب | روغن با قوطی لهیده |

شکل ۶

□ سه قوطی روغن مایع را مشاهده می‌کنید، که رنگ‌روغن دریکی از آنها نسبت به یک روغن سالم به علت گذشتن تاریخ مصرف تغییر کرده است و یک قوطی روغن دیگر از همان محصول را که قوطی آن دارای لهیدگی است اما دارای تاریخ انقضا و رنگ مناسب است.

□ کدام قوطی روغن را جهت مصرف انتخاب می‌کنید؟

الف) ۱ □ ب) ۲ □ ج) ۳ □ د) ۱ و ۳ □

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

نمونه ۱ □

نمونه ۲ □

نمونه ۳ □

کدام یک از دو نمونه ۲ و ۳ قابل استفاده نمی‌باشد؟

.....

با توجه به مثال صفحه قبل به توضیح ناپیوستگی و عیب توجه کنید:

**ناپیوستگی Discontinuity**: چنانچه در یکپارچگی و یک نمونه تغییر ایجاد شود، می‌گوییم این نمونه دارای ناپیوستگی است. در مثال صفحه قبل تغییر رنگ‌روغن و لهیدگی قوطی هر دو ناپیوستگی محسوب می‌گردند.

**عیب Defect**: چنانچه هر نوع ناپیوستگی از ملاک قابل قبول معیار پذیرش، خود تجاوز نماید، تحت‌عنوان عیب شناخته شده و بایستی مردود و یا تعمیر شود. در مثال صفحه قبل روغن شماره ۳ با اینکه قوطی له شده ولی روغن داخل آن سالم و قابل استفاده است اما در روغن شماره ۲ روغن تغییر رنگ داده خراب و لذا نوعی عیب است.

کار کلاسی

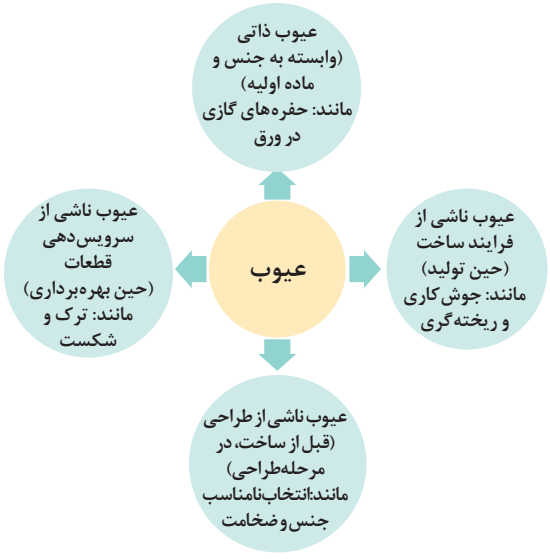
با توجه به مطالب فوق به سؤالات زیر پاسخ دهید.

آیا هر ناپیوستگی یک عیب است ؟ الف) بلی □ ب) خیر □

آیا هر عیب حتماً یک ناپیوستگی است؟ الف) بلی □ ب) خیر □

## دسته‌بندی عیوب

عیوب دارای تقسیم‌بندی‌های مختلفی است که در این بخش به یکی از آنها اشاره می‌کنیم. در نمودار ۲ یک دسته‌بندی مهم از عیوب همراه با مثال ارائه شده است.




نمودار ۲

## عیوب جوش

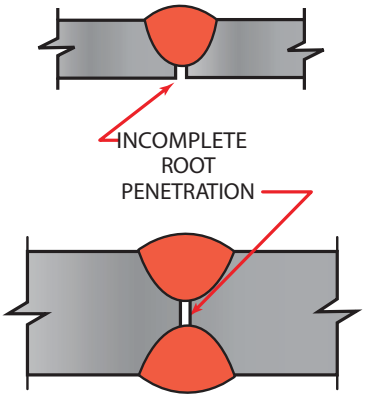
در این بخش به معرفی عیوب جوش‌کاری یعنی ناپیوستگی‌های غیرقابل‌قبول در جوش می‌پردازیم. در شکل‌ها به‌نام لاتین هر عیب، نوع عیب، علت احتمالی ایجاد عیب و روش جلوگیری از آن توجه کنید.

**نفوذ ناقص در ریشه جوش**

توجه

بروز عیوب در جوش‌کاری، تنها یک نقص کیفی نیست، بلکه عامل مؤثری در اتلاف انرژی و هدررفت منابع ملی محسوب می‌شود.

نفوذ ناقص در ریشه جوش به وضعیتی گفته می‌شود که فلز جوش تا عمق موردنیاز یا تا ریشه اتصال نفوذ نکرده باشد و در نتیجه، پیوستگی کامل در سراسر ضخامت اتصال حاصل نشود (شکل ۷)

| | |
|---|---|
| نفوذ ناقص در ریشه<br>(Lack of penetration) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| آماده‌سازی ضعیف طرح اتصال | طراحی و آماده‌سازی اتصال به‌گونه‌ای که دسترسی کامل به ریشه جوش ممکن باشد |
| زاویه یا جهت نادرست جوش‌کاری | قوس باید از جلوی حوضچه مذاب هدایت شود. کاهش سرعت جوشکاری برای افزایش عمق نفوذ |
| حرارت کم | افزایش جریان و استفاده از الکترود با قطر مناسب برای نفوذ کامل |

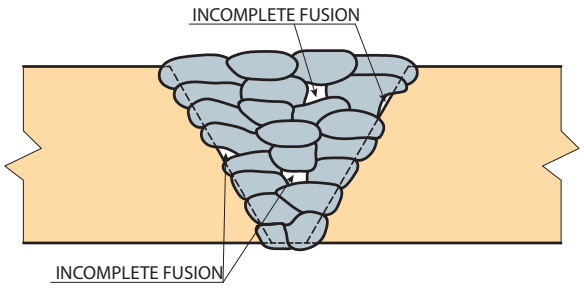
شکل ۷ــ نفوذ ناقص در ریشه جوش

نکته

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

### ذوب ناقص

فلز جوش به‌طور کامل با فلز پایه یا با پاس‌های قبلی جوش ذوب و پیوند متالورژیکی برقرار نمی‌کند و فلز جوش در محل موردنظر ذوب شده اما با فلز مجاور پیوند ندارد. که در نهایت به سه حالت ایجاد می‌شود (شکل ۸)
(عدم امتزاج بین فلز جوش و فلز پایه، عدم امتزاج بین پاس‌های جوش و عدم امتزاج در کناره‌های شیار)

| | |
|---|---|
| ذوب ناقص (LOF)<br>(Lack of fusion) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| حرارت ورودی کم | افزایش آمپر |
| زاویه یا جهت نادرست جوش‌کاری | هدایت قوس از قسمت جلویی حوضچه مذاب ایجاد هر پاس جوش در مکان مناسب بازتر نمودن زاویه طرح اتصال |
| کثیف بودن فلز پایه | تمیز کاری نمونه قبل از جوش‌کاری و زدودن چربی و آلودگی سطح |
| شکل ۸ | |

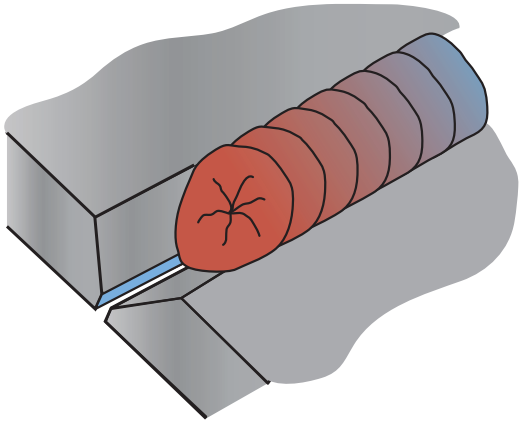
### تخلخل

حفره‌های کوچک گازی که در سطح و یا داخل جوش ایجاد می‌شوند (شکل ۹)

| | |
|---|---|
| تخلخل یا حفره<br>(Porosity) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| حفاظت ناقص حوضچه مذاب | حفاظت صحیح از حوضچه مذاب |
| 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 | حفاظت در وزش باد |
| شکل ۹ | |

## ترک چاله جوش

انتهای پرنشده جوش که به‌صورت حفره یا چاله مشاهده می‌شود که باعث کاهش ضخامت مؤثر جوش در اغلب چاله جوش‌ها، ترک ستاره‌ای ممکن است ایجاد شود (شکل ۱۰)

| | |
|---|---|
| ترک ستاره‌ای (Crater crack) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| ایجاد حفره یا چاله در انتهای جوش | کمی‌مکث در انتهای خط جوش و برگشت حرکت به عقب |
| شکل ۱۰ | |

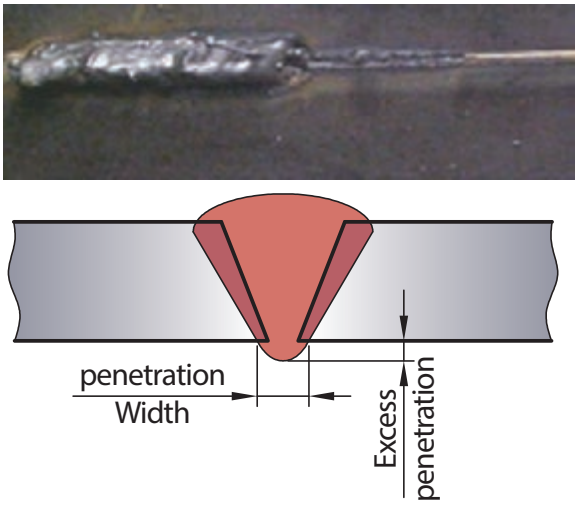
## پاشش جوش

ذرات مذاب فلزی که هنگام جوشکاری از حوضچهٔ مذاب به اطراف پراکنده شده و پس ازسردشدن روی سطح قطعه می‌چسبند (شکل ۱۱).

| | |
|---|---|
| پاشش جوش (Spatter) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| حرارت و آمپر بالا | استفاده از الکترود بزرگتر و یا کاهش جریان |
| طول قوس بلند | کاهش طول قوس |
| آلودگی سطح کار، باد و رطوبت | تمیز کاری و حذف رطوبت و باد |
| شکل ۱۱ | |

### نفوذ بیش از حد

فلز جوش، بیش از حد مجاز به‌صورت نفوذ اضافی در ریشه ظاهر می‌گردد (شکل ۱۲).

| | |
|---|---|
| نفوذ بیش از حد<br>(Excess Penetration) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| طرح اتصال ضعیف | اصلاح طرح اتصال، کاهش اندازه ریشه و افزایش پاشنه مطابق استاندارد |
| حرارت و آمپر بالا | تنظیم دقیق آمپر |
| سرعت پایین جوش‌کاری | تنظیم سرعت |
| شکل ۱۲ | |

### سوختگی جوش

در اثر ذوب شدن بیش از حد فلز پایه در ناحیهٔ ریشه ایجاد می‌شود و موجب سوراخ شدن درز جوش می‌شود (شکل ۱۳).

| | |
|---|---|
| سوختگی جوش<br>(Burn Through) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| حرارت بالا | کاهش آمپر و تنظیم سرعت جوش‌کاری استفاده از الکترود کوچک‌تر |
| شکل ۱۳ | |

## موجی بودن جوش

نامنظم بودن گرده جوش به‌صورت موجی (شکل ۱۴).

| | |
|---|---|
| نامرتب و موجی بودن مهره جوش (Waviness of weld bead) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| حرکت اشتباه دست جوش‌کار | استفاده از دو دست و اصلاح روند حرکت با تمرین |
| شکل ۱۴ | |

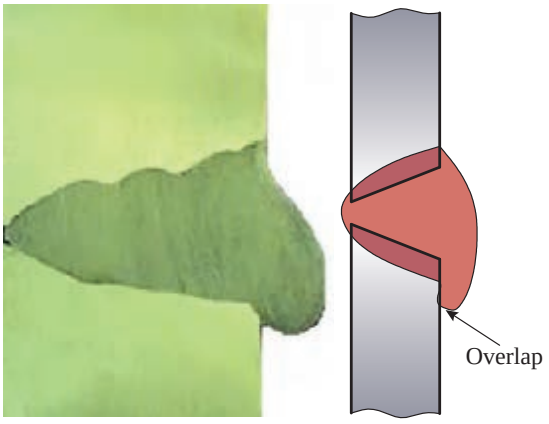
## ناخالصی در جوش (آخال‌ها)

عبارت است از باقی‌ماندن مواد فلزی یا غیرفلزی متمایز از فلز جوش در داخل جوش مانند سرباره و یا الیه اکسید در فلز جوش است (شکل ۱۵).

| | |
|---|---|
| ناخالصی (Inclusion) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| آلودگی سطح فلز پایه | تمیزکاری مناسب فلز پایه |
| طرح اتصال نامناسب و زاویه پخ نامناسب | استفاده از طرح اتصال استاندارد |
| تمیز کاری 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 شدت جریان کم | استفاده از تکنیک مناسب |
| شکل ۱۵ | |

### سررفتگی جوش

رسوب بیش از حد فلز جوش روی سطح فلز پایه بدون ذوب (شکل ۱۶).

| | |
|---|---|
| سر رفتگی (Overlap) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| آماده‌سازی نامناسب | استفاده از طرح اتصال مطلوب در فلز پایه |
| نامناسب بودن سرعت جوش‌کاری (سرعت کم) | تنظیم سرعت جوش‌کاری |
| شکل ۱۶ | |

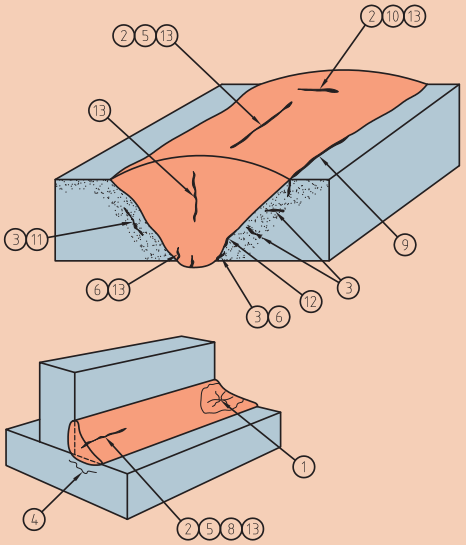
### ترک

نوعی عیب طولی و مسطح که دارای نوک تیز است. ترک ممکن است به‌صورت طولی، عرضی و یا شاخه‌ای دیده شود. این نقص ممکن است در فلز جوش یا فلز پایه مشاهده شود (شکل ۱۷).

| | |
|---|---|
| ترک (Crack) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| سرعت سرد شدن بالا | استفاده از رویه صحیح دستورالعمل جوش‌کاری (WPS) |
| جوش پهن و کم عمق | |
| وجود آلودگی (چربی و رطوبت) | |
| مونتاژ نامناسب | |
| طراحی نامناسب و بارگذاری زیاد | |
| شکل ۱۷ | |

کار کلاسی

جاهای خالی در جدول را با توجه به شکل ترک‌های مشخص شده تکمیل کنید.



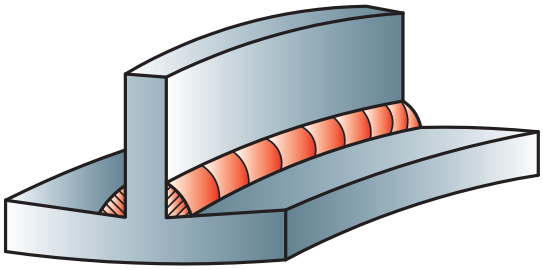

**انواع ترک‌ها (شکل ظاهری)**

**جدول ۵**

| شماره نقص | اصطلاح لاتین | اصطلاح فارسی |
|---|---|---|
| ۱ | Crater crack | ترک ستاره‌ای |
| ۱۳ | ..... | ..... |
| ۲ | Face crack | ..... |
| ۳ | ..... | ترک منطقه تحت‌تأثیر گرما |
| ..... | Root crack | ترک ریشه جوش |
| ..... | Face crack | ترک سطحی |
| ۱۳ | ..... | ترک سطحی |
| ..... | Lamellar tear | پارگی ورقی شکل |
| ۷ | Root surface crack | ترک سطحی در ریشه |
| ۹ | Toe crack | ترک گلویی |
| ..... | Troat crack | ترک ساق جوش |
| ۱۱ | ..... | ترک زیر مهره جوش |
| ۱۲ | ..... | ترک مرزی جوش |

## پیچیدگی (اعوجاج)

عیبی است که به‌صورت تغییر در شکل و ابعاد نمونه دیده می‌شود (شکل ۱۸).

| | |
|---|---|
| پیچیدگی (اعوجاج) (Distortion) |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| 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 به ویژه در مقاطع با طول زیاد |
| شکل ۱۸ | |

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز محترم خود جدول را تکمیل و سؤالات داده شده را پاسخ دهید.

| نوع عیب | عدم نفوذ کامل(Lop) | ..... | ..... |
|---|---|---|---|
| علت احتمالی ایجاد عیب | ..... | ..... | سرد شدن و انقباض سریع مذاب جوش در انتهای جوش |
| روش جلوگیری از ایجاد عیب | ..... | کاهش طول قوس، پاک‌سازی آلودگی سطح مانند: روغن و رنگ رفع مرطوب بودن الکترود | ..... |

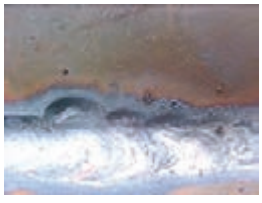
☐ دو عیب را که در اثر طول قوس بلند ایجاد می‌شوند را نام ببرید. پاسخ: ..... و .....

☐ دو عیب را که با کاهش جریان اصلاح می‌شوند را نام ببرید. پاسخ: ..... و .....

☐ در فلز پایه ممکن است چه عیوبی وجود داشته باشد. درست ☐ نادرست ☐

☐ شکل را با استفاده از کلمات داده شده تکمیل نمایید.

(حفره گازی ـ ترک‌خوردگی و شکست ـ بریدگی کناره جوش ـ خوردگی)

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| انواع عیوب | | | |

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

| Arc strike (لکه قوس) | |
|---|---|
|  |  |
| علت احتمالی ایجاد عیب | روش جلوگیری از ایجاد عیب |
| ..... | ..... |
| شکل ۱۹ | |

## معیارهای پذیرش[1] جوش در استانداردهای بین‌المللی

در فرایند بازرسی جوش، هدف اصلی تشخیص کیفیت واقعی جوش و تطبیق آن با استانداردهای معتبر جهانی است. این معیارها مشخص می‌کنند چه نوع ناپیوستگی‌هایی مجاز و در چه مواردی غیرقابل‌قبول‌اند تا سازه، مخزن یا خط لوله، ایمنی و دوام کافی داشته باشد. به منظور قبول یا رد ناپیوستگی‌های جوش باید ملاک و معیار پذیرش در دسترس باشد. عوامل مؤثر در انتخاب معیار پذیرش جوش یا همان استاندارد پذیرش عبارت‌اند از نوع سازه، حساسیت آن و دستورالعمل طراح سازه.

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود جدول را تکمیل نمایید.

| استاندارد | نام سازمان یا انجمن |
|---|---|
| ISO | ..... |
| AWS | ..... |
| ASME | ..... |
| API | ..... |

۱ـ Acceptance Limit

جدول ۶ برخی از استانداردهایی که در آنها حد پذیرش ناپیوستگی وجود دارد را نشان می‌دهد.

| جدول ۶ | |
|---|---|
| **استاندارد** | **صنعت** |
| AWS D.1.1 / ISO 5817 | سازه‌های فولادی و ساختمانی |
| API 1104 | خطوط لوله انتقال |
| ASME sec VIII | مخازن تحت فشار |

کار کلاسی

به تصاویر زیر نگاه کنید و برداشت خود را از هر شکل در کلاس مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید.

.....

.....

در زیر هر شکل عنوان موقعیت بازرسی را بنویسید.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| ..... | ..... | ..... |

## مراحل بازرسی چشمی(VT) اتصالات جوشی

بازرسی چشمی یکی از ارکان اصلی در تضمین کیفیت اتصالات جوشی است. برخلاف تصور رایج، بازرسی جوش تنها به پس از اتمام فرایند محدود نمی‌شود، بلکه یک چرخه مستمر است که قبل، حین و پس از عملیات جوش‌کاری تداوم می‌یابد.

**استمرار بازرسی،** هدف اصلی بازرسی، صرفاً کشف عیوب نیست، بلکه اصلاح فرایند پیش از بروز خسارات ساختاری جبران‌ناپذیر است. بازرسی پیوسته باعث جلوگیری از تکرار خطاهای ساختاری می‌شود و هزینه‌های اصلاح را به حداقل می‌رساند. برای مثال، نفوذ بیش از حد که اغلب ناشی از آمپر بالای دستگاه جوش است، می‌تواند ساختار متالورژیکی منطقه تحت تأثیر حرارت (HAZ) را تغییر داده و اتصال را مستعد ترک‌های ترد و شکننده نماید. شناسایی و اصلاح پارامترهای جوش‌کاری در همان ابتدای کار، مانع از وقوع چنین آسیب‌های ساختاری می‌شود.

## بازرسی‌های قبل از جوش‌کاری

قبل از شروع جوش‌کاری موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرد:

- بررسی محیط کار از نظر ایمنی مانند وجود تهویه و اطفاء حریق.
- مناسب بودن محیط کار برای جوش‌کاری همانند بررسی و کنترل وزش باد.
- مناسب بودن تجهیزات از نظر فنی و محکم بودن اتصالات و عدم وجود آلودگی روغن و گریس و سایر آلودگی‌ها.
- بررسی نقشه کار از نظر شکل و اندازه‌های نمونه.
- بررسی رویه جوش‌کاری (WPS).
- بررسی تجهیزات و شرایط پیش‌گرم در صورت لزوم.
- بررسی خال‌جوش.

خال‌جوش که برای مونتاژ اولیه سازه مورد اجرا می‌شود، باید دارای ابعاد مناسب و کیفیتی معادل جوش اصلی باشد.

**دستورالعمل جوش‌کاری WPS (welding Procedure Specification):**

ویژگی‌های رویه جوش‌کاری که به‌صورت فرم است و توسط مهندس و کارشناس جوش تهیه می‌شود.

در جوش‌کاری الکترود دستی SMAW معمولا WPS شامل بخش‌های نشان داده شده در نمودار ۳ است.




نمودار ۳

کار کلاسی

۱ کاربرد گیج جوش‌کاری شامل شناسایی کدام نواقص می‌گردد؟

پاسخ: ..... و ..... و .....

۲ تحقیق کنید عدم وزش باد در کدام روش جوش‌کاری بیشتر اهمیت دارد.

پاسخ: .....

۳ در بازرسی 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 در جوش‌کاری چیست؟

پاسخ: .....

۵ موارد بازرسی قبل از جوش‌کاری را در ردیف‌های زیر با شماره گذاری مرتب کنید:

( زاویه پخ‌ها و آماده‌سازی طرح ـ نقشه سازه ـ رویه جوش‌کاری ـ تجهیزات و محیط کار ـ خال جوش‌ها )

| شماره | موارد بازرسی قبل از جوش‌کاری |
|---|---|
| ۱ | ..... |
| ۲ | ..... |
| ۳ | ..... |
| ۴ | ..... |
| ۵ | ..... |

## بازرسی حین جوش‌کاری

در این مرحله باید موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد.

- انطباق پارامترهای جوشکاری و روش اجرای جوش با دستورالعمل رویه جوش (WPS).
- تطابق دمای پیش گرم و دمای بین پاس‌ها مطابق الزامات مربوطه
- تمیزکاری بین پاسی (بازرسی در فواصل مناسب تکنیک‌های جوشکاری و عملکرد جوشکار).
- توالی جوشکاری و تکنیک‌های اجرایی براساس WPS.
- تعمیرات حین کار.

توجه

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

کار کلاسی

۱ کدام یک از موارد زیر در حین جوش‌کاری بازرسی می‌شود؟ با علامت ✓ مشخص نمایید.

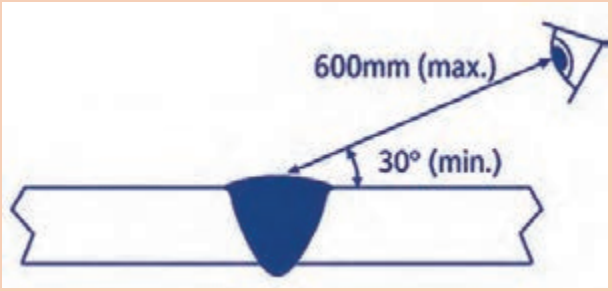
| | | | |
|---|---|---|---|
| پس‌گرم ☐ | اندازه‌گیری پیچیدگی ☐ | تمیز کاری بین پاسی ☐ | بررسی طرح اتصال ☐ |

۲ عامل یا عواملی که ممکن است در حین جوش‌کاری جوش را دچار عیب کند؟

| | | | |
|---|---|---|---|
| اندازه طول قوس ☐ | میزان جریان ☐ | زاویه دست جوش‌کار ☐ | عدم تمیزکاری بین پاسی ☐ |

به شکل توجه کنید و جمله را تکمیل نمایید.

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

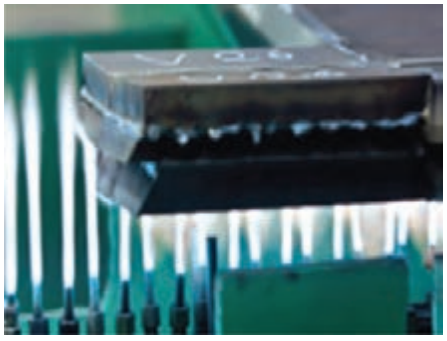



## پیش‌گرم و پس‌گرم

در جوش‌کاری برخی از مواد لازم است سرعت سردشدن جوش کنترل شود و قطعات جوشکاری شده با سرعت کمتری سرد شود. معمولاً پیش‌گرم و پس‌گرم با مشعل حرارتی یا جریان برق انجام می‌پذیرد و بسته به نوع کار ممکن است از تجهیزات دستی و یا دستگاه اتوماتیک استفاده شود. برای کنترل و اندازه‌گیری دمای پیش‌گرم، پس‌گرم و دمای بین پاسی از ترمومتر لیزری یا گچ حرارتی استفاده می‌شود تا از ایجاد ترک جلوگیری شود و در عملیات پیش‌گرم و پس‌گرم دقیق باعث می‌شود ساختار نمونه آسیب نبیند (شکل ۲۰).



تجهیزات الکتریکی که برای کنترل حرارت پس‌گرم



استفاده از شعله گاز برای کنترل پیش‌گرم یا پس‌گرم

شکل ۲۰ـ تجهیزات پیش‌گرم و پس‌گرم

## بازرسی پس از جوش‌کاری

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

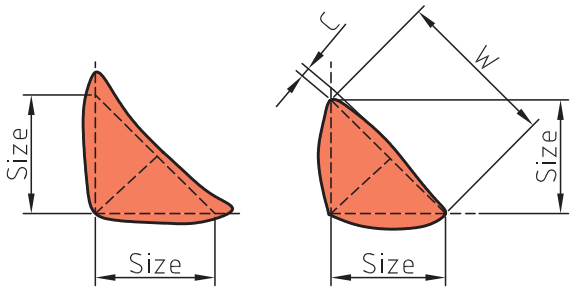
- بازرسی از شکل ظاهری و یکنواختی جوش.
- بازرسی جوش از نظر عیوب سطحی جوش مانند بریدگی کنار جوش، وجود تخلخل، چاله جوش پرنشده و غیره.
- بررسی ابعادی جوش، شکل گرده جوش و تابیدگی نمونه.

■ بررسی پس‌گرم در صورت درج در فرم رویه جوش کاری.

■ ثبت نتایج در فرم استاندارد بازرسی چشمی.

**پروفایل یا مقطع جوش**

در شکل ۲۱ نمای جوش‌های ایده‌آل و نامطلوب آورده شده است.

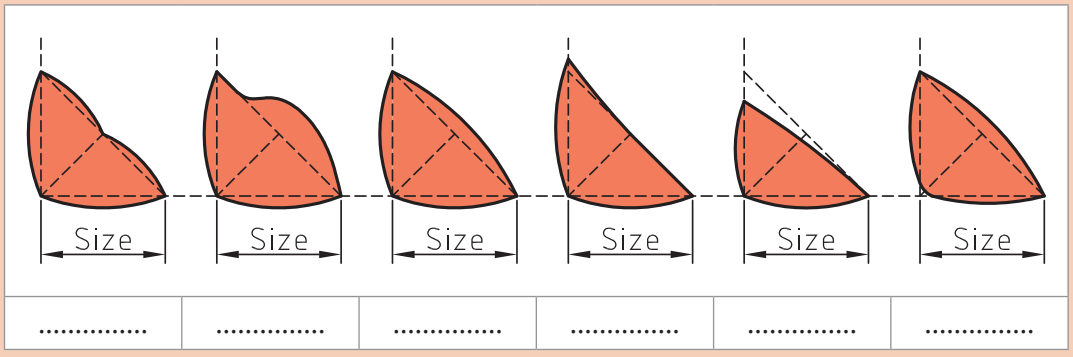



**شکل ۲۱ــ نمای جوش ایده‌آل از نوع گوشه**

کار کلاسی

□ هنرجویان عزیز با استفاده از کلمات داده شده شکل زیر را تکمیل نمایید.

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




| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
|---|---|---|---|---|---|

□ کدام گزینه‌ها در بازرسی بعد از جوش‌کاری بررسی می‌شوند؟ ( با علامت ✓ مشخص نمایید).

پیش‌گرم □ اندازه بعد جوش □ اندازه گرده جوش □

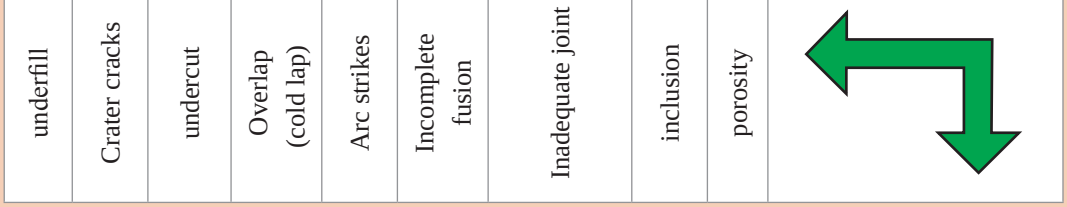
میزان آمپر □ پاک کردن سرباره □

□ هدف از ثبت نتایج در فرم بازرسی چیست؟

مسئولیت‌پذیری □ بایگانی □

□ به جدول زیر توجه کنید و با توجه به روش‌های جوش‌کاری به سؤالات پاسخ دهید. در این شکل عیوبی که در انواع جوش‌کاری ایجاد می‌شوند آورده شده است.

**عیوب جوش‌کاری در فرایندهای مختلف جوش‌کاری**



| عیوب جوش‌کاری در فرایندهای مختلف جوش‌کاری | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Shielded Metal Arc Welding (SMAW) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Gas metal arc welding (GMAW) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Flux cored Arc welding (FCAW) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Gas tungsten arc welding (GTAW) | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Oxy acetylene welding (OAW) | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Oxy hydrogen welding (OHW) | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Submerged arc welding (SAW) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Laser beam welding (LBW) | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | |

□ کدام عیب در کلیه روش‌های جوش‌کاری ایجاد می‌شود؟

..... ..... .....

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

GTAW: ..... ..... .....

OAW: ..... ..... .....

□ عیب پرنشدگی گرده جوش (Under Fill) در کدام روش جوش‌کاری، ایجاد نمی‌شود؟

.....

توجه

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

## وظایف و اختیارات در بازرسی (کارفرما، پیمانکار و بازرس جوش)

| کارفرما | پیمانکار | بازرس |
|---|---|---|
| ارائه هزینه، کیفیت و نوع جوش‌کاری و ارائه جزئیات و نقشه کار | تهیه و تجهیز کارگاه براساس WPS و PQR و قرارداد | بررسی نقشه‌ها WPS, PQR |
| معرفی بازرس | همکاری با بازرس در آماده‌سازی جوش‌ها برای بازرسی از قبیل سنگ‌زنی و تمیزکاری پاشش جوش | بازرسی جوش‌ها و نظارت بر تعمیرات |
| بررسی گزارش‌های بازرسی و پیگیری تعمیرات | تعمیر جوش‌ها با نظر کارشناس جوش | گزارش نهایی |

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز جهت داشتن دید مناسب به جدول زیر از فاصله ۳۰ سانتی‌متری نگاه کنید و به هنرآموز خود اعلام کنید تا کدام ردیف را می‌توانید بخوانید.

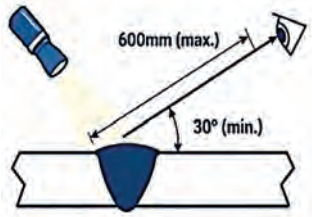
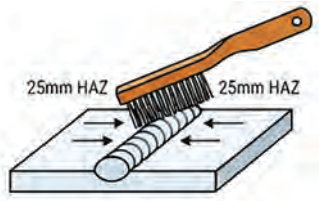
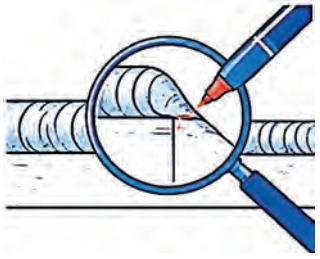
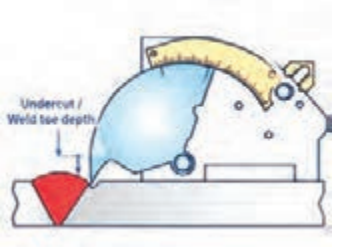
توجه

بازرس بایستی از دید کافی حد اقل در یک چشم برخوردار باشد و در صورت نیاز از عینک استفاده نماید.

| ردیف | متن | |
|---|---|---|
| ۱ | در حین جوش‌کاری موارد زیر بایستی بررسی شوند: | ... |
| ۲ | چگونگی جوش‌کاری و تشکیل مهره جوش و شروع و پایان جوش‌کاری در هر الکترود | ..... |
| ۳ | توجه: عدم ایجاد چاله جوش در انتهای هر جوش بسیار مهم می‌باشد زیرا باعث ترک می‌گردد. | ..... |
| ۴ | بررسی وجود نواقصی مانند بریدگی کنار جوش، وجود سرباره در جوش وکنترل عوامل | ..... |
| ۵ | بررسی چگونگی جوش ریشه (در این مرحله توجه به عدم ایجاد ترک مهم می‌باشد. | ..... |
| ۶ | بررسی پهنا وتعداد پاس جوش‌ها اندازه گرده جوش و جلوگیری از نفوذ بیش از حد | ..... |
| ۷ | این چارت جهت دقت چشم در شناسایی عیوب جوش طراحی شده است. | ..... |
| ۸ | این چارت جهت دقت چشم در شناسایی عیوب طراحی شده است. | ..... |
| ۹ | آیا نقطه‌ها را در کلیه موارد به‌صورت مجزا می‌بینید؟ | ..... |

با توجه به کیفیت چاپ چشم خود را ارزیابی نمایید.
نوشته‌های فوق را از فاصله ۳۰ سانتی‌متری بخوانید. کدام ردیف قابل تشخیص نیست؟
آیا نقطه‌ها را در کلیه موارد به‌صورت مجزا می‌بینید؟ در صورت نیاز از عینک طبی جهت بازرسی چشمی استفاده کنید.
درجدول ۷ گام‌های اجرایی بازرسی چشمی جوش (Standard Operating Procedure) آورده شده است.

**جدول ۷**

| گام | شکل | اقدامات و الزامات فنی | نکات |
|---|---|---|---|
| آماده‌سازی |  | ■ شدت روشنایی سطح جوش حداقل ۱۰۰۰ لوکس<br>■ فاصله چشم تا قطعه کارحداکثر ۶۰۰mm<br>■ زاویه دید چشم نسبت به سطح حداقل ۳۰° | عدم مجاز بودن بازرسی در روشنایی ناکافی، خدشه به اعتبار گزارش |
| پاک‌سازی سطح |  | ■ زدودن کامل سرباره و پاشش‌های جوش<br>■ پاک‌سازی چربی، زنگ، روغن و اکسید سطحی<br>■ تمیزکاری سطح گرده و ناحیه متأثر از حرارت به فاصله حداقل ۲۵mm از هر طرف خط جوش | الزام آماده‌سازی سطح جهت ارتقای رؤیت‌پذیری عیوب و اعتبار گزارش |
| نشانه‌گذاری |  | ■ پیمایش یکنواخت و پیوسته سطح گرده، ریشه و لبه‌های اتصال<br>■ بررسی دقیق‌تر نقاط مشکوک با ذره‌بین<br>■ مشخص کردن محل دقیق ناپیوستگی‌ها با مارکر | نشانه‌گذاری بدون ایجاد خراش یا آسیب فیزیکی و شیمیایی به سطح فلز |
| اندازه‌گیری ابعادی |  | ■ اندازه‌گیری عمق بریدگی کنار جوش<br>■ تعیین قطر حفرات تخلخل و طول تجمعی آنها<br>■ اندازه‌گیری ارتفاع گرده، تحدب و تقعر جوش<br>■ سنجش طول ساق و بعد گلویی جوش گوشه<br>■ اندازه‌گیری عدم هم‌راستایی لبه‌ها | تراز بودن پایه گیج روی قطعه و صفر بودن شاخص گیج |

| جدول ۷ | | | |
|---|---|---|---|
| گام | شکل | اقدامات و الزامات فنی | نکات |
| ارزیابی |  | ■ مقایسه ابعاد ناپیوستگی با ضوابط کد مرجع<br>■ صدور حکم فنی | هر ناپیوستگی لزوماً عیب نیست. |
| مستندسازی |  | ■ درج شناسه قطعه<br>■ ثبت نوع ناپیوستگی<br>■ ثبت نتیجه نهایی و ارائه دستورالعمل اصلاحی<br>■ امضا و تأیید نهایی کاربرگ بازرسی | ورود اطلاعات به فرم گزارش با خط خوانا، بدون خط‌خوردگی و با اصطلاحات استاندارد |

■ **کاربرگ (چک لیست)**

در جدول ۸ چک‌لیست الگوبرداری شده از استانداردهای ASME Sec V (Art.9)، AWS D1.1 و ISO 17637 آورده شده است که برای ارزیابی فرایند کارگاهی بازرسی چشمی‌جوش به‌کار می‌رود.

■ **مشخصات عمومی و اداری**

**جدول ۸**

| مشخصات قطعه و آزمون | اطلاعات تکمیلی |
|---|---|
| نام و نام‌خانوادگی هنرجو: ..... | کد شناسایی قطعه: ..... |
| نام هنرستان / کارگاه: ..... | نوع اتصال و فرایند جوش: ..... |
| تاریخ و ساعت آزمون: ..... | استاندارد مرجع پذیرش: ..... |

## مراحل اجرایی و کنترل کیفیت بازرسی (فرایند کار)

**جدول ۹**

| گام‌های اجرایی بازرسی | ضابطه و شاخص استاندارد | وضعیت انجام | | | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| | | کامل | ناقص | عدم‌انجام | |
| **کنترل شرایط محیطی و دید** | | | | | |
| سنجش شدت روشنایی سطح | حداقل ۱۰۰۰ لوکس (نور طبیعی یا چراغ‌قوه) | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| رعایت زاویه و فاصله دید | فاصله کمتر از ۶۰۰mm و زاویه دید بیش از ۳۰ درجه | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| **آماده‌سازی و تمیزکاری سطح** | | | | | |
| تمیزکاری گرده جوش | عاری از سرباره و پاشش‌های چسبیده | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| تمیزکاری ناحیه مجاور جوش | پاک‌سازی تا فاصله حداقل ۲۵mm | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| روش پاک‌سازی مناسب | عدم استفاده از سنگ‌زنی خشن و آسیب به سطح | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| **پویش و نشانه‌گذاری ناپیوستگی‌ها** | | | | | |
| پویش یکنواخت و پیوسته | بررسی کامل گرده، ریشه و پنجه جوش (Toe) | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| بررسی جزئیات با ذره‌بین | بزرگ‌نمایی ۲ تا ۵ برابر در نقاط مشکوک | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| نشانه‌گذاری موقت عیوب | مشخص کردن محل دقیق عیوب با مارکر | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| **اندازه‌گیری ابعادی با گیج بازرسی** | | | | | |
| انتخاب گیج متناسب با نوع عیب | استفاده از کمبریج، V-WAC، یا Hi-Lo | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| صفر کردن / کالیبراسیون گیج | اطمینان از سلامت مکانیکی و مبدأ صفر ابزار | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| قرائت و ثبت دقیق ابعاد | اندازه‌گیری دقیق برحسب mm | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| **تطبیق با معیار پذیرش و گزارش** | | | | | |
| مقایسه با جدول استاندارد | تطبیق مقدار اندازه‌گیری‌شده با حد مجاز عیب | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| تصمیم‌گیری نهایی | تعیین دقیق وضعیت رد یا پذیرش قطعه | ☐ | ☐ | ☐ | ... |
| تکمیل شناسنامه و گزارش آزمون | ثبت به‌صورت خوانا، فنی و با اصطلاحات استاندارد | ☐ | ☐ | ☐ | ... |

## جدول ثبت اندازه‌گیری ناپیوستگی‌ها

جدول ۱۰

| ردیف | ناپیوستگی / عیب | موقعیت طولی (فاصله از مبدا A) | مقدار اندازه‌گیری شده (mm) | حد مجاز استاندارد (mm) | نتیجه | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | قبول ✓ | مردود × |
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ☐ | ☐ |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ☐ | ☐ |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ☐ | ☐ |
| ۴ | ..... | ..... | ..... | ..... | ☐ | ☐ |

## نتیجه نهایی آزمون

| |
|---|
| وضعیت کلی قطعه کار:<br>☐ مورد تأیید (Accept) ☐ مردود(Reject ) ☐ نیازمند تعمیر (Repair) |
| دستورالعمل اصلاحی (در صورت نیاز به تعمیر): .....<br>..... |

| | |
|---|---|
| امضای هنرجو (بازرس): ..... | نام و امضای هنرآموز (تأییدکننده): ..... |

کارگاهی

### ۱ـ بررسی فنی و ایمنی از تجهیزات و محیط کارگاه صنایع فلزی

| عنوان فعالیت | بازدید فنی |
|---|---|
| اسناد موردنیاز | استانداردهای مرتبط و فرم بازرسی |

**مراحل انجام کار**

☐ حضور در کارگاه صنایع فلزی

☐ بررسی نکات فنی و ایمنی کارگاه و تکمیل فرم بازرسی مطابق با دستورالعمل‌های کارگاهی

☐ گردآوری گزارش‌های تهیه شده و بحث گروهی درکلاس و تحویل فرم‌ها به هنرآموز محترم.

**فرم بازرسی**

نام و نام‌خانوادگی هنرجو: .....

نام هنرستان: ..... پایه: ..... رشته: ..... تاریخ انجام بازدید: ..../ ..../ .....

| ردیف | موارد قابل بررسی | نامطلوب× | مطلوب ✓ | توضیحات و دلایل |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | وجود و سلامت سیم اتصال به زمین (ارتینگ) دستگاه‌ها | ☐ | ☐ | |
| ۲ | سیستم اطفای حریق، تاریخ شارژ، دسترسی و نوع کپسول | ☐ | ☐ | |
| ۳ | وجود و تکمیل بودن تجهیزات جعبه کمک‌های اولیه | ☐ | ☐ | |
| ۴ | وجود علائم، تابلوها و دستورالعمل‌های هشداردهنده ایمنی | ☐ | ☐ | |
| ۵ | سیستم روشنایی عمومی‌و موضعی | ☐ | ☐ | |
| ۶ | عملکرد سیستم تهویه (موضعی و عمومی) | ☐ | ☐ | |
| ۷ | وضعیت چینش و نگهداری کپسول‌های گاز | ☐ | ☐ | |
| ۸ | ایمنی و صحت عملکرد دستگاه گیوتین (حفاظ‌ها و پدال) | ☐ | ☐ | |
| ۹ | وضعیت کاری دستگاه‌های جوش‌کاری و تجهیزات جانبی | ☐ | ☐ | |
| ۱۰ | ایمنی و صحت عملکرد دستگاه خم‌کن | ☐ | ☐ | |
| ۱۱ | ایمنی و صحت عملکرد دستگاه نورد | ☐ | ☐ | |
| ۱۲ | وضعیت و دسترسی به محل شست‌وشوی چشم | ☐ | ☐ | |
| ۱۳ | چگونگی چینش کابین‌ها، پارتیشن بندی و میزکار | ☐ | ☐ | |
| ۱۴ | تفکیک و محل نگهداری مواد دورریز و ضایعات | ☐ | ☐ | |
| ۱۵ | نحوه اجرا و ساماندهی نظام آراستگی محیط کار 5S | ☐ | ☐ | |

**جمع‌بندی و پیشنهاد هنرجو:** خطرهای احتمالی یا مشکلاتی که در کارگاه مشاهده شد به همراه راهکار بنویسید.

**نتیجه:** .....

.....

کارگاهی

## ۲ـ اندازه‌گیری ابعاد طرح اتصال

| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | اندازه‌گیری ضخامت، زاویه پخ و پاشنه ریشه |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | دستگاه برش‌کاری و ساب، متر، کولیس، سوهان و سنباده، مارکر و فرم گزارش، ورق فولادی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر، گیج کمبریج |
| **ابعاد نمونه** | ۲ عدد ورق ۱۰×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر |

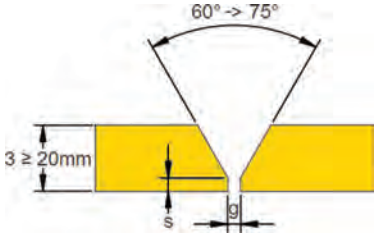
### مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی ۲ عدد ورق با ابعاد ۵۰×۱۲۰میلی‌متر با ضخامت ۱۰ـ۸ میلی‌متر
- ☐ ثبت شماره قطعه یا کد با مارکر روی قطعات.
- ☐ اندازه‌گیری ضخامت ورق با استفاده از کولیس.
- ☐ ایجاد پخ در طول ورق، با زاویه ۳۷/۵ـ۳۰ درجه.
- ☐ ایجاد پاشنه ۲ میلی‌متری.
- ☐ اندازه‌گیری زاویه پخ با استفاده از گیج کمبریج.
- ☐ گزارش نتایج در فرم.

نکات ایمنی

- ☐ استفاده از لباس‌کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- ☐ مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

| گزارش بازرسی Test Report | | | |
|---|---|---|---|
| Report number<br>شماره گزارش | ..... | Material / Dimension<br>جنس / ابعاد | ..... |
| Work title<br>عنوان فعالیت | ..... | Process<br>فرایند | ..... |
| Date of inspection<br>تاریخ بازرسی | ..... | هنرستان فنی<br>Technical School | ..... |



| Item ردیف | Part. No مشخصات یا کد قطعه | Bevel angle زاویه پخ | Thickness ضخامت | Root face پاشنه ریشه | Acceptance Criteria معیار پذیرش | Accept ✓ قبول | Reject × مردود |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| هنرآموز (تأییدکننده): ..... | | | | | نام هنرجو (بازرس ): ..... | | |

توجه

هنرجویان عزیز بخش معیار پذیرش براساس استاندارد مرتبط و نظر هنرآموز محترم می‌باشد.

کارگاهی

## ۳ـ بازرسی چشمی از نمونه‌های جوش کاری

| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت‌ها** | ■ نمونه جوش کاری شده باشدت جریان بالاتر ازحد مجاز (۱۴۰A) |
| | ■ نمونه جوش کاری شده باشدت جریان پایین‌تر ازحد مجاز (۷۰A) |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳، قطر ۳/۲۵ میلی‌متر، ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی متر |
| **وضعیت اتصال** | وضعیت تخت (1F) |

نکات ایمنی

■ استفاده از لباس کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
■ مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

■ آماده‌سازی ۲ عدد ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰میلی‌متر.
■ کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر
■ جوش کاری یک خط جوش از نوع ۱F روی قطعه باشدت جریان (۱۴۰A)
■ جوش کاری مجدد یک خط جوش از نوع ۱F روی قطعه با شدت جریان (۷۰A)
■ پس از سرد شدن نمونه و تمیزکاری قطعات اندازه‌گیری ابعاد جوش و ناپیوستگی با استفاده از گیج.
■ ثبت ناپیوستگی‌های قابل مشاهده در فرم گزارش.

**Test Report**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
|   | | | schematic: |

| Sample | Part. no | Under cut | Spatter | Crack | Porosity | ..... | ..... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| هنرآموز (تأییدکننده): ..... | | | | نام هنرجو (بازرس ): ..... | | | |

کارگاهی

## ۴ـ بازرسی چشمی

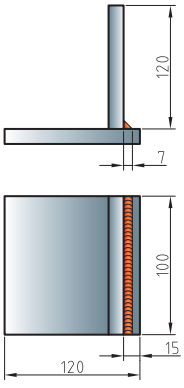
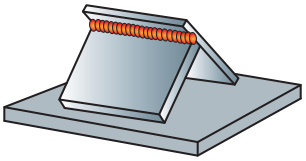
| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | بازرسی مقطع شکسته شده جوش |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳ قطر ۲/۵ میلی‌متر با ورق ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر |
| **نوع و وضعیت اتصال** | سه‌پری در وضعیت تخت |

نکات ایمنی

- استفاده از لباس‌کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

- آماده سازی ۲عدد ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر.
- کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر.
- قرار دادن ورق‌ها به‌صورت T شکل مطابق شکل.
- جوش‌کاری اتصال با الکترود شماره ۲/۵ با ساق جوش حدود ۵ میلی متر (یک‌طرفه)
- تمیزکاری سطح جوش و قرار دادن قطعه مطابق شکل روی سندان.
- شکستن پاس جوش‌کاری شده با ضربات پتک.
- بررسی مقطع شکسته شده (جدایش از جوش یا قطعه).
- ثبت نتایج در فرم گزارش.

| Test Report | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
|    | | | Schematic : |
| ثبت مشاهده از آزمون:<br>نتیجه: ..... | | | |
| نام هنرجو (بازرس): ..... | | هنرآموز (تأییدکننده): ..... | |

کارگاهی

## ۵ـ بازرسی چشمی از نمونه جوش کاری

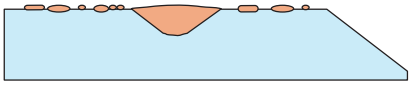
| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | بازرسی از نمونه جوش کاری شده با الکترود ناسالم (آغشته به چربی) |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳ سایز ۳/۲۵ میلی‌متر با ورق ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر |
| **نوع و وضعیت اتصال** | در وضعیت تخت (1F) |

نکات ایمنی

- استفاده از لباس کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

- آماده‌سازی ۱ عدد ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر.
- کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر.
- اجرای یک خط جوش در وضعیت 1F روی قطعه با شدت جریان (۹۰-۱۲۰A)
- پس از سرد شدن نمونه و تمیزکاری قطعات و بررسی ناپیوستگی‌ها
- ثبت مشاهدات در فرم گزارش.

| **Test Report** | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
|   | | | Schematic : |
| ثبت مشاهده از آزمون:<br>نتیجه: ..... | | | |
| نام هنرجو (بازرس): ..... | | هنرآموز (تأییدکننده): ..... | |

کارگاهی

## ۶ـ بازرسی از نمونه جوش‌کاری شده معیوب

| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | بازرسی از نمونه جوش‌کاری شده با عدم تمیزکاری بین پاسی |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳ قطر ۲/۵، ورق با ابعاد ۸×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر |
| **نوع و وضعیت اتصال** | لب به لب در وضعیت تخت (1F) |

نکات ایمنی

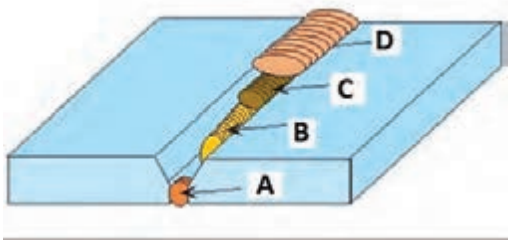
- استفاده از لباس‌کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق‌گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

- آماده‌سازی ۲ قطعه با ابعاد ۸×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر.
- ایجاد پخ ۳۰ـ۳۷/۵ درجه درلبه طولی دو قطعه.
- کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر.
- جوش‌کاری پاس اول (A).
- عدم تمیزکاری سرباره پاس اول و جوش‌کاری پاس دوم (B).
- حذف سرباره پاس دوم و جوش‌کاری پاس سوم (C).
- حذف سرباره پاس سوم و جوش‌کاری پاس چهارم (D).
- برش مقطع قطعات جوش‌کاری شده برای آماده‌سازی تست ماکرو اچ.
- انجام مراحل تست ماکرو اچ مطابق دستورالعمل اجرایی.
- ثبت مشاهدات در فرم گزارش.

**Test Report**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
| | | | Schematic : |




گزارش مشاهدات:

نتیجه: .....

| | |
|---|---|
| نام هنرجو (بازرس): ..... | هنرآموز (تأییدکننده): ..... |

کارگاهی

## ۷ـ بازرسی چشمی از نمونه جوش‌کاری

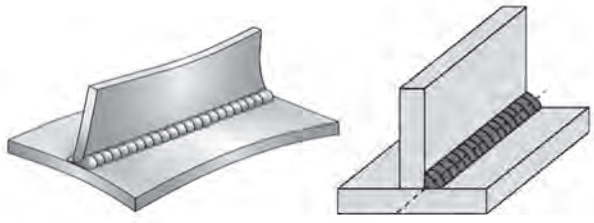
| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | بازرسی چشمی از نمونه جوش‌کاری شده با عیب پیچیدگی زاویه‌ای |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳ قطر ۳/۲۵، ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۲۰ میلی‌متر |
| **نوع و وضعیت اتصال** | سه‌پری در وضعیت تخت (1F) |

نکات ایمنی

- استفاده از لباس‌کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

- آماده‌سازی ۲ عدد ورق با ابعاد ۵×۵۰×۱۰۰میلی‌متر.
- مونتاژ قطعات به‌صورت سپری با خال‌جوش در سمت موافق خط جوش (عدم مهاربندی صحیح).
- کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر.
- جوش‌کاری پاس اول.
- پس از سرد شدن قطعه و تمیزکاری، اندازه‌گیری زاویه پیچیدگی با گیج.
- ثبت مشاهدات در فرم گزارش.

| Test Report | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
| Schematic : |  | | |
| گزارش مشاهدات:<br>نتیجه: ..... | | | |
| نام هنرجو (بازرس): ..... | | هنرآموز (تأییدکننده): ..... | |

کارگاهی

## ۸ـ بازرسی چشمی از نمونه جوش کاری

| | |
|---|---|
| **عنوان فعالیت** | بازرسی چشمی از نمونه جوشکاری شده با دو نوع الکترود |
| **تجهیزات و مواد مصرفی** | فرایند SMAW، الکترود ۶۰۱۳ و ۷۰۱۸ قطر ۲/۵ میلی‌متر، ورق با ابعاد ۵×۳۰×۱۲۰ میلی‌متر |
| **نوع و وضعیت اتصال** | لب به لب در وضعیت تخت (1F) |

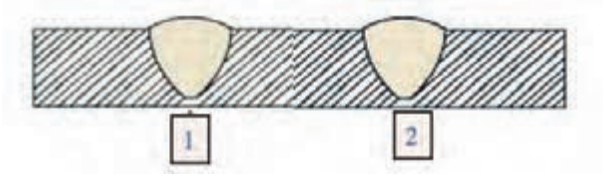
نکات ایمنی

- استفاده از لباس کار، ماسک و تجهیزات ایمنی فردی مناسب.
- مراقب خطر سوختگی توسط فلز ذوب شده، جرقه، سرباره، سطوح داغ و برق گرفتگی باشید.

**مراحل انجام کار**

- آماده‌سازی ۳ عدد ورق با ابعاد ۵×۳۰×۱۲۰ میلی‌متر.
- مونتاژ قطعات با فاصله گپ ۱ میلی‌متر با خال جوش.
- آماده‌سازی دستگاه، تجهیزات و تنظیم شدت جریان یکسان (A ۹۰).
- کدگذاری قطعه به همراه نام، روی نمونه با مارکر.
- جوش کاری قطعات به‌صورت تک پاسه.
- برش مقطع قطعات جوش کاری شده برای تست ماکرو اچ.
- انجام مراحل تست ماکرو اچ مطابق دستورالعمل اجرایی.
- مشاهده ومقایسه مقدار نفوذ در جوش‌ها.

| Test Report | | | |
|---|---|---|---|
| Report number | ..... | Material / Dimension | ..... |
| Work title | ..... | Process | ..... |
| Date of inspection | ..... | Technical School | ..... |
| | | | Schematic : |




گزارش مشاهدات آزمون:

پاس شماره ۱: .....

پاس شماره ۲: .....

| | |
|---|---|
| نام هنرجو (بازرس): ..... | هنرآموز (تأییدکننده): ..... |

# ارزشیابی شایستگی اجرای بازرسی چشمی جوش

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۳ | تاریخ ارزشیابی: |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | **استاندارد عملکرد کار:** تشخیص عیوب ظاهری جوش برابر معیارهای استاندارد و دستورالعمل‌های فنی و ایمنی |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۳۱ | کار | بازرسی چشمی جوش | سطح شایستگی | مهارت | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی | میز کار و گیره نگهدارنده قطعه، چراغ یا منبع نور مناسب، عینک و تجهیزات حفاظت فردی، خط‌کش فلزی و متر، گیج بازرسی جوش کمبریج و AWS، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | مشاهده کار (چک‌لیست مشاهده عملکرد) | آماده‌سازی تجهیزات و قطعات برابر رویه | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی تجهیزات برابر رویه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی | ۱ | |
| ۲ | بازرسی | چراغ یا منبع نور مناسب، عینک و تجهیزات حفاظت فردی، خط‌کش فلزی و متر، گیج بازرسی جوش کمبریج و AWS، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح، مارکر<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | آزمون عملکردی (همراه با مشاهده مستقیم فرایند بازرسی) | بازرسی با گیج و منبع نور | ۳ | |
| | | | | بازرسی باگیج کمبریج برابر با رویه | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در بازرسی | ۱ | |
| ۴ | ثبت نتایج | مارکر، فرم ثبت بازرسی و نوشت‌افزار<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (ارزیابی مستندات) | ثبت نتایج در فرم | ۳ | |
| | | | | ثبت نتایج با مارکر | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در ثبت نتایج | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ دقت در و تمیزکاری بین پاسی<br>ـ درستکاری<br>ـ توجه به تهویه موضعی<br>ـ توجه به موارد ایمنی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |

| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | بلی ☐ |
|---|---|
| | خیر ☐ |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# واحد یادگیری ۲

## تحلیل فرم بازرسی چشمی

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- بسیاری از عیوب جوش را می‌توان تنها با یک بازرسی چشمی‌دقیق و بدون استفاده از تجهیزات پیچیده شناسایی کرد.
- ثبت نادرست یا ناقص نتایج بازرسی در فرم‌ها، می‌تواند باعث رد یک سازه سالم یا تأیید یک جوش معیوب شود.
- رعایت نکردن اصول ایمنی در حین بازرسی چشمی‌جوش می‌تواند باعث بروز حوادث و آسیب‌های جدی شود.
- استانداردهایی مانند AWS و ISO معیار مشخصی برای تشخیص عیوب قابل‌قبول و غیرقابل‌قبول جوش ارائه می‌دهند.
- مقایسه علائم مشاهده‌شده روی جوش با استانداردهای مرجع، نقش مهمی‌در تصمیم‌گیری فنی بازرس دارد .
- یک گزارش بازرسی کامل و درست می‌تواند مشخص کند که یک قطعه جوش‌کاری‌شده قبول یا رد شود.

### استاندارد عملکرد

پس از پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی و کسب شایستگی‌های لازم در بازرسی چشمی‌جوش نتایج تست را به‌صورت کامل و دقیق در فرم‌های استاندارد ثبت کنند و مستندسازی بازرسی را مطابق الزامات AWS و ISO انجام دهند و علائم مشاهده‌شده را با استانداردهای مرجع مقایسه کرده و تشخیص دهند که کدام عیوب قابل‌قبول و کدام غیرقابل‌قبول هستند و گزارش نهایی بازرسی را طبق استاندارد ارائه نمایند و توانایی تصمیم‌گیری فنی را کسب کنند.

## فرم بازرسی چشمی

- در یک فرم بازرسی چشمی اطلاعات زیر، الزامی‌است:
- فرم بازرسی چشمی
- 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

یک نمونه فرم بازرسی چشمی‌را مشاهده می‌کنید. در ثبت گزارش کار کارگاهی با راهنمایی هنرآموز محترم خود می‌توانید از این فرم استفاده کنید.

**جدول ۱۱**

| **فرم گزارش بازرسی چشمی (VT)**<br>**Visual Inspection Test Report** | | | |
|---|---|---|---|
| Report number<br>شماره گزارش | ..... | Material / Dimension<br>جنس و ابعاد نمونه | ..... |
| Work title<br>عنوان فعالیت | ..... | Process<br>فرایند کار | ..... |
| Date of inspection<br>تاریخ آزمایش | ..... | Technical School<br>نام هنرستان/ کارفرما | ..... |

| Item<br>ردیف | Part. No<br>مشخصات یا کد قطعه | Remarks<br>توضیحات عیب | Reject<br>مردود | Accept<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | .... | .... | .... | .... |
| ۲ | .... | .... | .... | .... |
| ۳ | .... | .... | .... | .... |
| تأییدکننده (هنرآموز):<br>..... | | بازرس (هنرجو): ..... | ارزیابی نهایی:<br>..... | |
| توضیحات: .....<br>..... | | | | |

## جدول ۱۲

**گزارش آزمون چشمی (VT)**
**(VISUAL TESTING REPORT FOR EXAMINATION)**

Company شرکت : .....
Name نام : .....
Date تاریخ : .....
Report No شماره گزارش: .....

پارامترهای آزمون (Examination parameter)

| | | |
|---|---|---|
| Part ID شناسه قطعه Pipe ☐ Plate ☐ | Thickness ضخامت mm :..... | Pipe Dia قطر لوله: ..... in |
| Base Metal فلز پایه: ..... | Weld metal فلز جوش :..... | Material جنس فلز پایه :..... |

STANDARD:
.Evaluation of object under examination: All indication shall be recorded and evaluated
ارزیابی قطعه تحت بازرسی: تمامی‌نشانه‌ها باید ثبت و ارزیابی شوند.

سطح جوش WELD FACE

Sketch:

0 →

ریشه جوش ROOT FACE

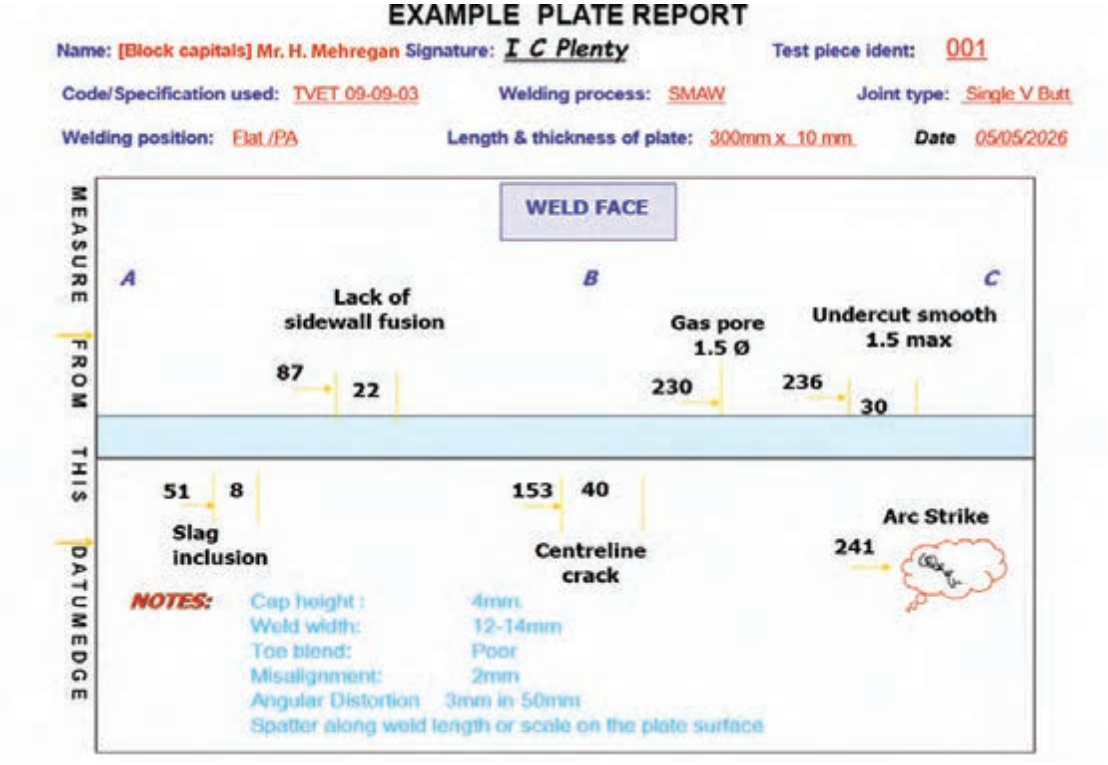
0 →

| No | Defect type (نوع عیب) | Defect length (طول عیب) | Situation weld or base (موقعیت عیب) | Interpretation (تفسیر / تحلیل نتایج) | Result (نتیجه) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | | |
| ۲ | | | | | |
| ۳ | | | | | |
| ۴ | | | | | |
| ۵ | | | | | |
| ۶ | | | | | |

Sign امضاء: Date تاریخ : inspector بازرس :

## تحلیل فرم گزارش بازرسی چشمی

جدول ۱۳




## بخش مشخصات عمومی

جدول ۱۴

| گزینه | مقدار در نمونه | توضیح و اهمیت |
|---|---|---|
| Name / Signature | Mr. H.Mehregan | بازرس باید نام و امضا کند ← مسئولیت حقوقی گزارش |
| Test piece ident | 001 | شناسه قطعه آزمون ← ردیابی (Traceability) |
| Code/Specification | TWI 09-09-03 | کد دستورالعمل در پروژه واقعی مثلاً AWS D1.1 |
| Welding process | SMAW | جوش‌کاری دستی با الکترود روکش‌دار |
| Joint type | Single V Butt | اتصال لب‌به‌لب با شیار V یک‌طرفه |
| Welding position | Flat / PA | وضعیت جوش‌کاری (تخت طبق ISO 6947 یا 1G طبق AWS) |
| Size of plate | 300mm × 10mm | ابعاد ورق آزمون |
| Date | 05/05/2026 | تاریخ بازرسی |

نکته

ثبت این مشخصات الزامی‌است؛ گزارش بدون مرجع کدی و شناسه قطعه، از نظر ممیزی (Audit) بی‌اعتبار است.

## مختصات و اندازه‌گیری

سمت چپ فرم سه مرجع تعریف می‌کند:

- MEASURE FROM → مبنای افقی برای اندازه‌گیری فاصله عیوب
- THIS DATUM → خط مبنای اصلی (معمولاً لبه سمت چپ یا خط مرکزی جوش)
- EDGE→ لبه ورق به‌عنوان مبدأ

هر عیب با دو عدد مشخص شده است، عدد اول مانند ۸۷ فاصله از مبدأ تا ابتدای عیب را نشان می‌دهد و عدد دوم مانند ۲۲، طول عیب به میلی‌متر است. این روش به‌گونه‌ای است که موقعیت هر عیب تکرارپذیر باشد.

## عیوب

جدول ۱۵

| عیب | موقعیت | طول/اندازه | معیار پذیرش |
|---|---|---|---|
| عدم ذوب دیواره شیار<br>Lack of sidewall fusion | ۸۷mm | ۲۲mm | پذیرفته نمی‌شود ← × عیب بحرانی مردود |
| حفره گازی<br>Gas pore | ۲۳۰mm | قطر ۱/۵ mm | مقایسه با حد مجاز معمولاً ≥۱/۵ یا نصف ضخامت |
| بریدگی کناره جوش<br>Undercut | ۲۳۶mm | طول ۳۰mm،<br>عمق ۱/۵mm max | عمق ۱/۵ نسبت به ضخامت ≈۱۰mm ٪۱۵<br>— معمولاً<br>حد مجاز ۰/۵ تا ۱mm است ← × مردود |
| لکه قوس در خارج جوش Arc strike | ۲۴۱mm | ارزیابی | Arc strike (لکه قوس در خارج جوش) |
| حبس سرباره<br>Slag inclusion | ۵۱mm | ۸mm | طبق API 1104 (حداکثر ۶mm) و AWS D1.1 → نیازمند مقایسه با کد |
| ترک مرکزی ریشه<br>Centerline Crack | ۱۵۳mm | ۴۰mm | ترک به هر اندازه‌ای پذیرفته نمی‌شود.<br>×× مردود قطعی |

## یادداشت‌های ابعادی سطح قطعه

جدول ۱۶

| پارامتر | مقدار | معیار پذیرش |
|---|---|---|
| ارتفاع جوش<br>Cap height | ۴mm | برای ضخامت ۱۰mm، سرباره ۴mm نسبتاً زیاد است .<br>حد معمول ≥۳mm یا ≥۱۰٪ ضخامت |
| عرض جوش<br>Weld width | ۱۲-۱۴mm | نسبت به ضخامت ۱۰mm منطقی است.<br>معیار: عرض ≈۱/۵–۱/۲ ضخامت شیار |
| پنجه جوش<br>Toe weld | Poor | تمرکز تنش در پاشنه جوش.<br>احتمال شکست خستگی← × مردود |

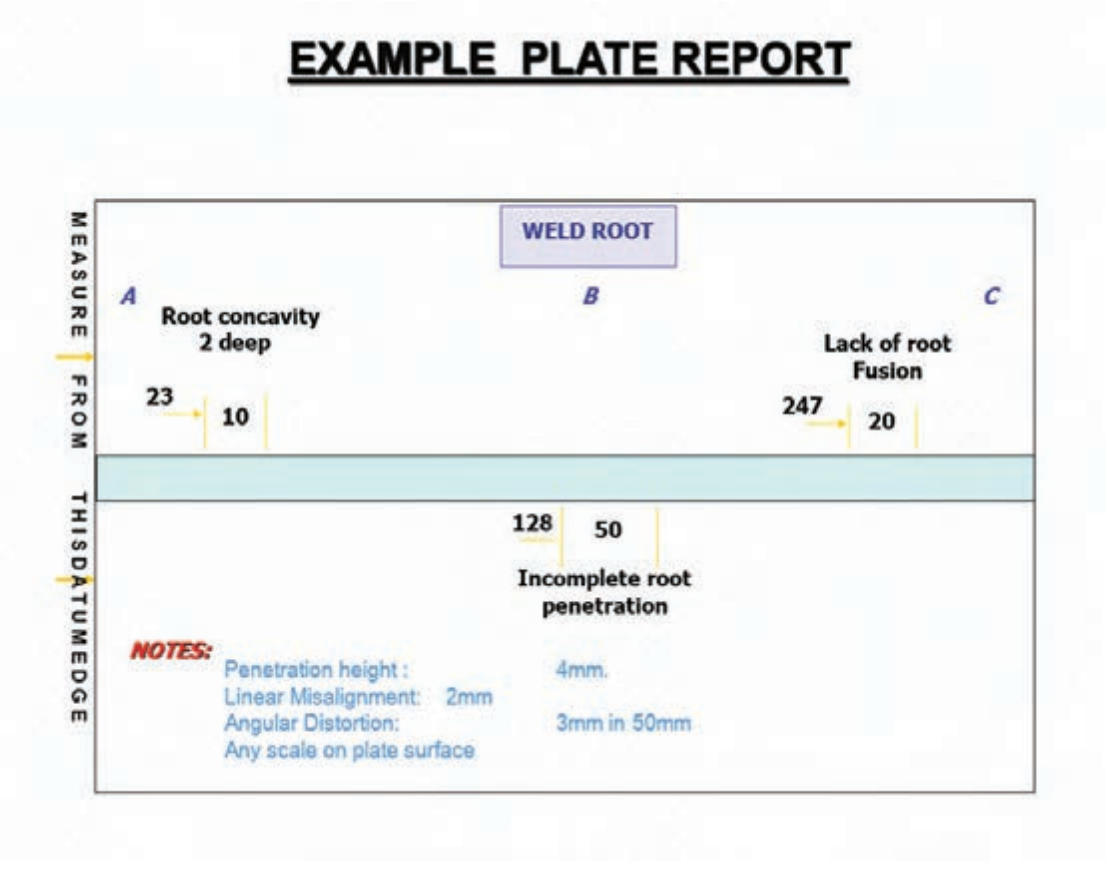
| پارامتر | مقدار | معیار پذیرش |
|---|---|---|
| عدم هم‌راستایی Misalignment | ۲mm | ≈ ۲۰٪ ضخامت در بسیاری از کدها حداکثر مجاز ۱۰٪ ضخامت است ← × مردود |
| پیچیدگی زاویه‌ای Angular distortion | ۳mm در ۵۰mm | اعوجاج زاویه‌ای ←× مردود |
| جرقه Spatter | در طول جوش | نشانه تنظیم نامناسب پارامترهای جوشکاری← × مردود |

این جوش به دلایل ترک مرکزی ریشه (۴۰mm)، عدم ذوب دیواره شیار (۲۲mm)، Undercut با عمق ۱/۵mm، Arc strike، جوش مردود (REJECT) است.

اقدام اصلاحی شامل، حذف مکانیکی عیوب و جوش تعمیری طبق دستورالعمل، سپس بازرسی مجدد همان ناحیه می‌باشد

نمونه فرم تشریح شده، سه عنصر کلیدی گزارش‌دهی مشخصات، موقعیت‌یابی عیب و اندازه‌گذاری عیب از مبدأ را نشان می‌دهد.

**جدول ۱۷**



### فرم نمای ریشه جوش

این صفحه، مکمل صفحه اول است و همان نمونه آزمون ۰۰۱ را از ریشه، پشت جوش نشان می‌دهد. در بازرسی چشمی، هر دو سطح جوش و ریشه جوش باید جداگانه بازرسی و گزارش شوند.

**ساختار و مختصات**

سیستم مختصات دقیقاً همانند صفحه اول فرم گزارش است و مبدأ از لبه ورق می‌باشد و هر عیب با دو عدد که بیانگر فاصله از مبدأ ← و طول عیب نوشته می‌شود.

مبدأ در هر دو صفحه یکی است، بنابراین می‌توان موقعیت عیوب روی و ریشه را با هم مقایسه کرد. مثلاً عیب در ۲۴۷ میلی‌متر روی ریشه ممکن است با عیب ۲۴۱ـ۲۶۶ میلی‌متر روی صفحه اول فرم در ناحیه لکه قوس هم‌موقعیت باشد، نشانه احتمالی ارتباط بین دو عیب خواهد بود.

**عیوب شناسایی‌شده** در ریشه جوش در جدول ۱۸ آورده شده است.

**جدول ۱۸**

| عیب | موقعیت | طول/عمق | معیار پذیرش |
|---|---|---|---|
| تقعر ریشه<br>Root concavity | ۲۳mm | طول ۱۰mm،<br>عمق ۲mm | در اکثر کدها (ASME/API) حداکثر تقعر مجاز معمولاً ۱/۶mm یا کمتر است. نیازمند مقایسه با کد ←× مردود |
| عدم ذوب ریشه<br>Lack of root fusion | ۲۴۷mm | ۲۰mm | در هیچ کدی پذیرفته نمی‌شود<br>× عیب بحرانی |
| نفوذ ناقص ریشه<br>Incomplete root penetration | ۱۲۸mm | ۵۰mm | طول بسیار زیاد ۵۰mm، طول مجاز در API 1104 حداکثر ۲۵mm در هر ۳۰۰mm است<br>×× مردود |

**یادداشت‌های ابعادی ریشه**

**جدول ۱۹**

| پارامتر | مقدار | معیار پذیرش |
|---|---|---|
| ارتفاع نفوذ/برجستگی ریشه<br>Penetration height | ۴mm | برای ورق ۱۰mm، برجستگی ریشه ۴mm زیاد است .<br>حد معمول ≥۳mm |
| ناهم‌راستایی خطی<br>Linear Misalignment | ۲mm | ناهم راستایی ≈ ۲۰٪ ضخامت، در ASME B31.3<br>حداکثر مجاز حداقل(۱/۵mm ,۱۰٪ ضخامت) ← × مردود |
| پیچیدگی زاویه‌ای<br>Angular Distortion | ۳mm در<br>۵۰mm | اعوجاج مانند رویه جوش که قبلاً ثبت شده است. |
| پوسته اکسیدی<br>Scale on plate surface | ثبت شده | کنترل سطح |

**ارتباط عیوب ریشه با عیوب روی جوش**

Centerline crack در ۱۵۳mm روی سطح جوش (طول۴۰mm ) ↔ Incomplete penetration در ۱۲۸-۱۷۸mm ریشه (طول ۵۰mm)

ناحیه نفوذ ناقص ریشه دقیقاً همان جایی است که ترک مرکزی ایجاد شده ← نفوذ ناقص = تمرکز تنش = ترک

Lack of sidewall fusion در ۸۷mm سطح جوش و Root concavity در ریشه ۳۳-۲۳ mm نشان می‌دهد مشکل اصلی در پاس ریشه و پاس‌های اولیه بوده است.

Misalignment یکسان ۲mm در هر دو صفحه → ناهم‌ترازی از ابتدای مونتاژ Fit-up ناشی شده، نه از جوش‌کاری.

**جمع‌بندی و نتیجه‌گیری**

وضعیت ریشه جوش: مردود (REJECT)

**عیوب تعیین‌کننده مردودی:**

Incomplete root penetration (۵۰mm) ـ بیشترین عیب مشاهده شده در نمونه

Lack of root fusion (۲۰mm) ـ ناپیوستگی بحرانی

Root concavity با عمق ۲mm ـ بیش از حد مجاز معمول

Penetration height زیاد (۴mm)+Misalignment (۲mm)

علت‌های محتمل ریشه‌ای (Root Cause):

جریان/حرارت ورودی پایین در پاس ریشه

دهانه شیار نامناسب (Root Gap کم) یا Root Face زیاد

ناهم‌ترازی Fit-up (۲mm)

سرعت پیشروی زیاد یا قطر الکترود نامناسب

**بررسی کلی نمونه**

**جدول ۲۰**

| سطح | عیوب بحرانی | نتیجه |
|---|---|---|
| روی جوش (Face) | ترک مرکزی ۴۰mm، عدم ذوب دیواره ۲۲mm، undercut عمیق، arc strike | × مردود |
| ریشه جوش (Root) | نفوذ ناقص ۵۰mm، عدم ذوب ریشه ۲۰mm، تقعر ۳mm | × مردود |

این نمونه جوش به‌طور کامل مردود است و هیچ‌یک از عیوب آن با معیارهای پذیرش کدهای رایج API 1104، ASME Sec IX، AWS D1.1، مبحث ۱۰ و ۱۷ مقررات ملی ساختمان قابل قبول نیست.

## جدول ۲۱

| EXAMPLE WELD INSPECTION REPORT/SENTENCE SHEET | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PRINT FULL NAME: Mr.H. Mehregan | | | | | | |
| SPECIMEN NUMBER: 001 | | | | | | |
| EXTERNAL DEFECTS | | | Defects Noted | Code or Specification Reference | | |
| Defect Type | Defect Type | Pipe/Plate Section 1 | Accumulative Total 2 | Maximum Allowance 3 | Section/ Table No 4 | /Accept Reject 5 |
| Excess weld metal height | ارتفاع اضافی گرده جوش | 4mm | 2mm | | 15 | |
| Excess weld metal appearance | ظاهر نامناسب گرده جوش | A-C | Poor blend | Smooth | 8 | Reject |
| Incomplete filling | پرشدگی ناقص | A-C | 22mm | None | 5 | Reject |
| Inadequate weld width | پهنای ناکافی جوش | A-C | N/A | ---------- | ---------- | Accept |
| Slag Inclusions | ناخالصی‌های سرباره | A-C | 70mm long | 50mm | 9 | Reject |
| Undercut | بریدگی کناره جوش | A-C | 1.5mm depth | 1mm | 6 | Reject |
| Surface Porosity | تخلخل سطحی | A-C | 1.5mm Ø | 1mm | 2 | Reject |
| Cracks/Crack-like defects | ترک‌ها | A-C | 40mm | NONE | 1 | Reject* |
| Lack of fusion | ذوب ناقص | A-C | 22mm | NONE | 3 | Reject |
| Arc strikes | لکه قوس | A-C | 3 | NONE | 7 | *** Reject |
| Mechanical damage | آسیب‌های مکانیکی | A-C | NONE | -------- | -------- | Accept |
| Laps/Laminations | تورق | A-C | NONE | -------- | -------- | Accept |
| Misalignment (Linear) | ناهم‌راستایی خطی | A-C | 2mm | 2mm | 15 | Accept |
| Longitudinal seams | درزهای طولی | A-C | N/A | ------- | ---------- | Accept |

## فرم ارزیابی نهایی

مهم‌ترین بخش اجرایی و مدیریتی فرم بازرسی است. در این برگه، تمام داده‌های مشاهدات دو صفحه قبل روی جوش و ریشه جمع‌آوری شده و براساس معیارهای پذیرش استاندارد ارزیابی نهایی برای همه عیوب صادر می‌شود.

### اطلاعات شناسه و مشخصات

جدول ۲۲

| | | |
|---|---|---|
| نام بازرس مسئول | Mr. H. Mehregan | PRINT FULL NAME |
| همان قطعه آزمون صفحات ۱ و ۲ | 001 | SPECIMEN NUMBER |

### جدول ارزیابی عیوب و مقایسه با استاندارد مرجع

جدول ۲۳

| نوع عیب | مقطع | مقدار واقعی | حد مجاز استاندارد | بند کد | رأی نهایی |
|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع گرده جوش | A-C | 4mm | 2mm | 15 | Reject × |
| ظاهر گرده | A-C | Poor blend | Smooth | 8 | Reject × |
| پر نشدن کامل شیار | A-C | 22mm | None | 5 | Reject × |
| عرض ناکافی جوش | A-C | N/A | — | — | Accept ✓ |
| حبس سرباره ـ مجموع | A-C | 70mm long | 50mm | 9 | Reject × |
| سوختگی لبه | A-C | 1.5mm depth | 1mm | 6 | Reject × |
| حفره گازی سطحی | A-C | 1.5mm Ø | 1mm | 2 | Reject × |
| ترک | A-C | 40mm | NONE | 1 | Reject × |
| عدم ذوب | A-C | 22mm | NONE | 3 | Reject × |
| لکه قوس | A-C | 3 | NONE | 7 | Reject × |
| آسیب مکانیکی | A-C | NONE | — | — | Accept ✓ |
| عیوب نورد ورق | A-C | NONE | — | — | Accept ✓ |
| ناهم‌ترازی ـ خطی | A-C | ۲mm | ۲mm | 15 | Accept ✓ |
| درزهای طولی | A-C | N/A | — | — | Accept ✓ |

■ مرز بین **Accept** و **Reject** در ناهم‌ترازی، با وجود اینکه ناهم‌ترازی ۲ میلی‌متر بود، چون حد مجاز کد دقیقاً ۲ میلی‌متر تعیین شده، این گزینه به تنهایی Accept شده است. رأی دادن براساس بند کد انجام می‌شود نه نظر شخصی.

■ **تجمیع عیوب**، در بخش سرباره، مجموع طول عیوب (۷۰mm) محاسبه شده و با ۵۰mm مجاز مقایسه شده است. بازرس نباید هر عیب را جداگانه ببیند، بلکه مجموع طول ناپیوستگی‌ها در یک طول مشخص (در اینجا ۳۰۰mm) ملاک است.

■ **عیوب بحرانی**، ترک، عدم ذوب و لکه قوس دارای حد مجاز نمی‌باشند، یعنی مشاهده حتی ۱mm از آنها منجر به رد قطعه می‌شود.

■ **جمع‌بندی و نتیجه‌گیری**

نتیجه کلی قطعه شماره ۰۰۱: × REJECTED (مردود) است. در مجموع از میان ۱۰ آیتم قابل بررسی، ۸ آیتم مردود و تنها ۲ آیتم (ابعادی مجاز و عدم وجود آسیب مکانیکی) پذیرفته شده‌اند.

**جدول ۲۴**

**Root Defects**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Misalignment | A-C | 2mm | 2mm | 9 | Accept |
| Excessive Root Penetration | A-C | 4mm | 2mm | 15 | Reject |
| Incomplete Root Penetration | A-C | 50mm | NONE | 13 | Reject |
| Lack of Root Fusion | A-C | 20mm | NONE | 11 | Reject |
| Root Concavity | A-C | 2mm depth | 1mm | 10 | Reject |
| Root Undercut | A-C | NONE | ---------- | ---------- | Accept |
| Cracks/Crack-like defects | A-C | NONE | ---------- | ---------- | Accept |
| Slag inclusions | A-C | NONE | ---------- | 9 | Accept |
| Porosity | A-C | NONE | ---------- | 2 | Accept |
| Laps/Laminations | A-C | NONE | ---------- | ---------- | Accept |

This ~~*pipe~~/plate has been examined to the requirements of code/specification WIS-PI
and is ~~accepted~~/rejected accordingly.

Comments:

* Request MPI testing to confirm crack and length.

** Large amount of spatter on weld face. Recommend this is removed and re inspected.

*** Recommend arc strikes are ground flush prior to MPI testing for cracks.

Mr. H. Mehregan — Signature

22nd August 2026 — Date

*Delete which is not applicable.

Use the other side for any comments.

■ **تحلیل فرم نظر نهایی عیوب ریشه جوش**

■ **جدول ارزیابی عیوب ریشه**

جدول ۲۵ شامل نوع عیب، محدوده، مقدار واقعی تجمعی، حداکثر مجاز کد مرجع، شماره بند کد و رأی نهایی (قبول/ رد) است:

| جدول ۲۵ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع عیب در ریشه | مقطع | مقدار واقعی | حداکثر مجاز | بند کد | رأی نهایی | تحلیل و علت فنی |
| ناهم‌ترازی Misalignment | A–C | ۲mm | ۲mm | ۹ | Accept ✓ | مقدار مشاهده‌شده در حد مجاز کد (۲mm) است، پذیرفته شده است. |
| نفوذ اضافی Excessive Root Penetration | A–C | ۴mm | ۲mm | ۱۵ | Reject × | برجستگی ریشه ۲ میلی‌متر، که از حد مجاز کد بیشتر است. موجب افت فشار و تمرکز تنش در سیال. |
| نفوذ ناقص ریشه Incomplete Root Penetration | A–C | ۵۰mm | NONE | ۱۳ | Reject × | طول نفوذ ناقص بسیار زیاد است. در کد مرجع هیچ مقداری از آن مجاز شناخته نشده است. |
| عدم ذوب ریشه Lack of Root Fusion | A–C | ۲۰mm | NONE | ۱۱ | Reject × | عدم ذوب در ریشه بحرانی است و محدوده پذیرش صفر می‌باشد. |
| تقعر ریشه Root Concavity | A–C | ۲mm عمق | ۱mm | ۱۰ | Reject × | عمق تقعر ۱ میلی‌متر، از سقف مجاز کد بیشتر است. کاهش ضخامت مؤثر گرده |
| سوختگی کناره ریشه Root Undercut | A–C | NONE | — | — | Accept ✓ | در ریشه مشاهده نشده است. |
| ترک ریشه Crack-like | A–C | NONE | — | — | Accept ✓ | عدم وجود ترک خارجی در سطح ریشه |
| سرباره ریشه Slag inclusions | A–C | NONE | — | ۹ | Accept ✓ | عدم حبس سرباره در ریشه |
| تخلخل ریشه Porosity | A–C | NONE | — | ۲ | Accept ✓ | عدم مشاهده حفره گازی در ریشه |
| عیوب نورد ورق Laps / Laminations | A–C | NONE | — | — | Accept ✓ | سالم بودن ورق در سمت ریشه |

### اعلام نظر نهایی و استناد به استاندارد

این قطعه طبق الزامات استاندارد بازرس جوش بررسی گردید و بر این اساس مردود (Rejected) اعلام شد.

## جدول مشخصات بازرسی 03-09-09

در جدول ۲۶ انواع عیوب جوش به همراه معیار پذیرش آورده شده است. ابعاد آنها برحسب میلی‌متر است. در ستون «معیارپذیرش»، نماد t به ضخامت ورق اشاره دارد.

**جدول ۲۶**

| ردیف | عیوب | شرح/ دامنه | معیار پذیرش |
|---|---|---|---|
| ۱ | ترک‌ها | انواع ترک‌ها | غیرمجاز |
| ۲ | تخلخل / حفره‌های گازی / حفره‌های گازی کشیده (wormholes / Porosity / Gas pores / Piping) | خوشه‌ای منفرد حداکثر L= ۱ میلی‌متر | |
| ۳ | ناخالصی‌های جامد (Solid inclusions) | غیرفلزی، اندازه تکی | حداکثر ۱ میلی‌متر |
| ۴ | ناخالصی‌های جامد فلزی (Metalic inclusions) | فلزی، اندازه تکی | غیرمجاز |
| ۵ | عدم ذوب (Lack of fusion) | دیواره جانبی / ریشه / بین پاسی | غیرمجاز |
| ۶ | نفوذ ناقص ریشه (Incomplete root penetration) | — | غیرمجاز |
| ۷ | روی‌هم‌افتادگی / سردجوش (Overlap / Cold lap) | روی جوش / ریشه | غیرمجاز |
| ۸ | شیار جوش ناقص‌پر شده (Incomplete filled groove) | — | غیرمجاز |
| ۹ | ناهم راستایی خطی (Linear misalignment) | — | t۰/۲، حداکثر ۴ میلی‌متر |
| ۱۰ | ناهم راستایی زاویه‌ای (Angular misalignment) | — | حداکثر ۱۰ درجه |
| ۱۱ | بریدگی کناره جوش (Undercut) | به‌صورت صاف و یکنواخت | ۱۰٪ ضخامت (t)، حداکثر عمق ۱ میلی‌متر |
| ۱۲ | لکه قوس (Arc strike) | ناحیه با آزمون ذرات مغناطیسی بررسی شود | با مسئول مربوطه مشورت شود |
| ۱۳ | تورق (Lamination) | — | غیرمجاز |
| ۱۴ | آسیب مکانیکی (Mechanical damage) | — | غیرمجاز |
| ۱۵ | ارتفاع گرده جوش (Cap height) | باید پایین‌تر از سطح ورق قرار گیرد | ۰ تا ۳ میلی‌متر ارتفاع حداکثر |

| ردیف | عیوب | شرح / دامنه | معیار پذیرش |
|---|---|---|---|
| ۱۶ | نفوذ ریشه (Penetration bead) | — | ۰ تا ۲ میلی‌متر ارتفاع حداکثر |
| ۱۷ | ترکیب پنجه جوش (Toe blend) | — | صاف و یکنواخت |
| ۱۸ | پاشش جرقه (Spatter) | تمیزکاری و بازرسی مجدد | به سازنده ارجاع داده شود |
| ۱۹ | ظاهر جوش (Weld appearance) | تمامی پاس‌ها باید به‌صورت صاف و یکنواخت ترکیب شوند | منظم |
| ۲۰ | تقعر ریشه (Root concavity) | — | ۱۰٪ ضخامت (t) حداکثر |

**چند نکته در مورد جدول:**

- غیرمجاز (Not permitted) ، وجود آن در هر اندازه، سبب رد قطعه (Reject) می‌شود. ترک، عدم ذوب و عدم نفوذ ریشه از این نوع هستند.
- در ردیف ۲، «L» طول بزرگ‌ترین بعد ناحیه یا حفره است: خوشه‌ای حداکثر ۱۳ میلی‌متر و تکی حداکثر ۱ میلی‌متر
- در ردیف‌های ۹، ۱۱ و ۲۰ معیار پذیرش تابع ضخامت ورق (t) است. مثلاً برای ورق ۱۰ میلی‌متری، گودی ریشه تا ۱ میلی‌متر
- لکه قوس و پاشش به‌جای رد قطعی، نیازمند اقدام تکمیلی است: لکه قوس باید با آزمون ذرات مغناطیسی بررسی و درباره آن با مسئول مربوطه مشورت شود و پاشش پس از تمیزکاری به سازنده ارجاع داده می‌شود.
- این جدول عمدتاً برای بازرسی چشمی‌است. عیوب داخلی مانند تورق ممکن است به روش‌های دیگر بازرسی بررسی شوند.

## تحلیل سند مرجع

این فرم Code/Specification است که در فرم بازرسی جدول ۲۷ گزینه Code/Specification used «09-09-03» ثبت شده بود. این سند، معیارهای پذیرش را بیان می‌کند که بازرس در فرم‌های اعلام نظر جدول ۲۷ و ۲۸ به بندهای ۱ تا ۲۰ آن ارجاع داده است.

توجه

اندازه‌گیری توسط بازرس به تنهایی ارزشی ندارد. این کد و استاندارد است که به نتیجه بازرسی معنا می‌بخشد. بازرس باید هم روش‌های اندازه‌گیری را آموخته باشد و هم تفسیر نتایج را بر مبنای کد مربوطه انجام دهد.

جدول ۲۷ معیارهای پذیرش کد 03-09-09 می‌باشد.

**جدول ۲۷**

| بند | عیب | شرح / دامنه | حد مجاز |
|---|---|---|---|
| ۱ | ترک‌ها | همه انواع ترک | × غیر مجاز |
| ۲ | تخلخل ،حفره گازی، حفره کرمی Porosity, Gas pores, Wormholes, Pipes | خوشه‌ای: ماکزیمم از سطح منفرد : ماکزیمم سایز حفره | خوشه: L ≤ ۱۳mm منفرد: L ≤ ۱mm |
| ۳ | ناخالصی جامد Solid Inclusions | اندازه منفرد | حداکثر ۱mm |
| ۴ | ناخالصی جامد فلزی Metallic Inclusions | اندازه منفرد مثل تنگستن در جوش TIG | × غیر مجاز |
| ۵ | عدم ذوب Lack of Fusion | دیواره شیار / ریشه / بین‌پاسی | × غیر مجاز |
| ۶ | نفوذ ناقص ریشه Incomplete Root Penetration | — | × غیر مجاز |
| ۷ | روی هم‌افتادگی / سردجوش Overlap / Cold lap | روی جوش / ریشه | × غیر مجاز |
| ۸ | شیار پرنشده Underfill | — | × غیر مجاز |
| ۹ | ناهم‌ترازی خطی Linear Misalignment | — | ۰/۲ ضخامت و حداکثر ۴mm |
| ۱۰ | ناهم‌ترازی زاویه‌ای Angular Misalignment | — | حداکثر ۱۰ درجه |
| ۱۱ | بریدگی کناره جوش Undercut | باید نرم و یکنواخت باشد. | ۱۰٪ ضخامت و حداکثر عمق ۱mm |
| ۱۲ | لکه قوس Arc Strikes | ناحیه باید با MPI آزمون شود | مشورت با کارفرما یا متخصص |
| ۱۳ | ورق Laminations | — | × غیر مجاز |
| ۱۴ | آسیب مکانیکی Mechanical Damage | — | × غیر مجاز |
| ۱۵ | ارتفاع جوش Cap Height | باید زیر سطح ورق بماند | ۰ تا ۳mm |
| ۱۶ | نفوذ ریشه Penetration Bead | — | ۰ تا ۲mm |
| ۱۷ | ترکیب پنجه جوش Toe Blend | — | باید نرم و هموار باشد |
| ۱۸ | پاشش جرقه Spatter | تمیزکاری و بازرسی مجدد | ارجاع به سازنده |
| ۱۹ | ظاهر جوش Weld Appearance | همه پاس‌ها با سطح صاف در هم محو شوند | منظم |
| ۲۰ | تقعر ریشه Root Concavity | — | حداکثر ۱۰ ٪ ضخامت |

### تطبیق کد با نتایج بازرسی نمونه ۰۰۱ و اعتبارسنجی نظر بازرس

مطابق جدول۲۸ می‌توان درستی تصمیمات بازرس را با کد بررسی نمود. به‌طور مثال برای ورق با ضخامت ۱۰mmدر جدول آورده شده است.

**جدول ۲۸**

| عیب | مقدار اندازه‌گیری‌شده | بند کد | حد مجاز کد | محاسبه | رأی بازرس | صحت‌سنجی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ترک مرکزی | ۴۰mm | ۱ | ممنوع | غیرمجاز | Reject | ✓ |
| عدم ذوب دیواره | ۲۲mm | ۵ | ممنوع | غیرمجاز | Reject | ✓ |
| نفوذ ناقص ریشه | ۵۰mm | ۶ | ممنوع | غیرمجاز | Reject | ✓ |
| عدم ذوب ریشه | ۲۰mm | ۱۱تا ۵ | ممنوع | غیر مجاز | Reject | ✓ |
| بریدگی کناره جوش | عمق ۱/۵ mm | ۱۱ | ۱۰٪ضخامت حداکثر ۱mm | ۱۰×۱۰٪ = ۱mm | Reject | ✓ ۱/۵ > ۱ |
| حفره گازی سطحی | قطر ۱/۵ mm | ۲ | منفذ واحد ≥ ۱mm | ۱mm | Reject | ✓ ۱۰×٪ = ۱mm |
| حفره گازی سطحی | قطر ۱/۵ mm | ۲ | منفذ واحد ≥ ۱mm | ۱mm | Reject | ✓ (۱/۵ > ۱) |
| ارتفاع جوش | ۴mm | ۱۵ | ۲mm عمق | ۲۰ | ٪۱۰ ضخامت | ۱۰×٪۱۰ = ۱mm |
| ناهم‌ترازی خطی | ۲mm | ۹ | ۰/۲ ضخامت حداکثر ۴mm | ۰,۲×۱۰ = ۲mm ≥ ۴mm | Accept | ✓ (۲ ≥ ۲ و ۴ ≥) |
| پنجه جوش | ضعیف | ۱۷ | هموار/ صاف | — | Reject | ✓ |
| لکه قوس | ۳ مورد | ۱۲ | استعلام نظر + MPI | — | ***Reject + | ✓ منطبق با کد |
| سرباره | ۷۰mm | ۳ | اندازه منفرد ≥ ۱mm | مجموع > مجاز | Reject | ✓ |
| پاشش جرقه | زیاد | ۱۸ | Re- inspect & Clean | — | اندازه منفرد ≥ ۱mm | مجموع > مجاز |

## تحلیل کد

### الف) دسته‌بندی منطقی حد مجازها

- مطلقا ممنوع در بندهای ۱، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۳، ۱۴ عیوبی که ایمنی اتصال را تهدید می‌کنند.
- محدودیت اندازه‌ای در بندهای ۲، ۳، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۲۰ عیوبی که تا حد مشخصی مجازند و معمولاً برحسب ضخامت (t) تعریف شده‌اند. رویکردی که در ASME B31.3، ISO 5817 و API 1104 نیز دیده می‌شود.
- کیفی یا مشروط در بندهای ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۱۲ که قضاوت کیفی به‌علاوه اقدام تکمیلی همراه با بازرسی با ذرات مغناطیسی را نیاز دارد.

### ب) ضخامت (t) در معیارها

استفاده از نسبت‌های درصدی مانند ۰/۲ ضخامت و ۱۰٪ ضخامت باعث می‌شود یک معیار واحد برای همه ضخامت‌ها کاربرد داشته باشد. همین منطق در ISO 5817 (سطوح کیفی D، C، B) نیز به‌کار رفته که کد به‌جای رد یا قبول قطعی، در جدول ۲۹ مقایسه با استانداردهای ملی ایران آورده شده است.

**جدول ۲۹**

| موضوع | سند ۰۳-۰۹-۰۹ | معیار |
|---|---|---|
| ترک، عدم ذوب، نفوذ ناقص | مطلقاً ممنوع | مبحث ۱۰ مقررات ملی و API 1104 (مبنای مبحث ۱۷ و IGS)، مطلقاً ممنوع |
| بریدگی کناره جوش | ۱۰٪t حداکثر ۱mm | API 1104: حداکثر ۰/۸ mm در لوله؛ مبحث ۱۰: حدود ۰/۵-۱mm بسته به شرایط |
| تخلخل منفرد | ۱mm | API 1104: حداکثر قطر ۲/۴mm با محدودیت چگالی تخلخل |
| گرده جوش / گرده ریشه | ۳mm / ۲mm | AWS D1/1: معمولاً حداکثر ۳mm گرده جوش |

## فرم سطوح پذیرش ماکرو

سطوح پذیرش مبنای استاندارد ISO 5817، سطح«B» محدوده ارزیابی، قضاوت پذیرش یا رد عیوب صرفاً براساس مقطع عرضی اچ شده (ماکرو) جوش می‌باشد.

اهداف آزمون در جدول ۳۰ برای سطوح پذیرش ماکرو آورده شده است.

**جدول ۳۰**

| شماره | نام عیب | توضیح | حدود پذیرش |
|---|---|---|---|
| ۱ | ترک (Crack) | هر نوع ترک در هر ناحیه از مقطع جوش | غیرمجاز |
| ۲ | تخلخل / حفره گازی Porosity / Gas pore | حفره گازی منفرد در مقطع ماکرو | حداکثر قطر ۱ میلی‌متر |

| شماره | نام عیب | توضیح | حدود پذیرش |
|---|---|---|---|
| ۳ | ناخالصی جامد<br>Solid inclusion | ناخالصی‌هایی مانند سرباره | حداکثر ۱ میلی‌متر |
| ۴ | ناخالصی مسی<br>Copper inclusion | ناخالصی ناشی از انتقال مس (مثلاً از تماس نازل مسی) | غیرمجاز |
| ۵ | عدم ذوب Lack of fusion | فقدان اتصال ذوبی میان فلز جوش و فلز پایه یا پاس مجاور | غیرمجاز |
| ۶ | عدم نفوذ Lack of penetration | نفوذ ناکافی فلز جوش تا ریشه جوش | غیرمجاز |
| ۷ | هم‌پوشانی Overlap | روی‌افتادگی فلز جوش بر فلز پایه بدون ذوب | غیرمجاز |
| ۸ | بریدگی لبه Undercut | فرورفتگی خط ذوب در فلز پایه | حداکثر عمق ۰/۵ میلی‌متر |
| ۹ | عدم پرشدگی کامل شیار<br>Incomplete filled groove | کاهش سطح مقطع فلز جوش نسبت به سطح ورق | غیرمجاز |
| ۱۰ | عدم هم‌راستایی خطی<br>Linear misalignment | جابه‌جایی سطوح دو ورق نسبت به یکدیگر | برابر ۰/۱ضخامت ورق حداکثر ۳ میلی‌متر |
| ۱۱ | لکه قوس Arc strike | آسیب ناشی از برخورد اشتباه قوس با فلز پایه | غیرمجاز |
| ۱۲ | آسیب مکانیکی<br>Mechanical damage | صدمه مکانیکی به مقطع یا سطح جوش | غیرمجاز |
| ۱۳ | عدم هم‌راستایی محیطی / لایه‌ناخالصی Circumferential misalignment / Laminations | ناهم‌راستایی محیطی یا جدایش‌های داخل فلز پایه | وابسته به کاربرد |
| ۱۴ | عدم هم‌راستایی زاویه‌ای<br>Angular misalignment | انحراف زاویه‌ای ورق‌ها پس از جوش‌کاری | حداکثر ۱ درجه |
| ۱۵ | اضافه‌فلز جوش<br>Excess weld metal | برآمدگی گرده جوش، پاس‌های یکنواخت | ۱ میلی‌متر + ۰/۱ عرض جوش، حداکثر ۳ میلی‌متر |
| ۱۶ | نفوذ اضافی<br>Excess penetration | برآمدگی بیش از حد فلز جوش در ریشه | ۱+ ۰/۳ عرض گرده، حداکثر ۳ میلی‌متر |

تفاوت‌های شاخص این فرم با فرم ۰۳-۰۹-۰۹ عبارت‌اند از بریدگی لبه در اینجا ۰/۵ میلی‌متر است، در فرم قبلی ۱۰٪ ضخامت تا حداکثر ۱ میلی‌متر و عدم هم‌راستایی خطی ۰/۱ ضخامت با سقف ۳ میلی‌متر است.

### روش اندازه‌گیری

هرگاه در مقطع جوش، عدم هم‌راستایی خطی بین دو ورق وجود داشته باشد، مبنای اندازه‌گیری کلیه سطوح پذیرش، رواداری‌ها باید از سطح پایین‌ترین ورق محاسبه شود.

### بررسی شکل شماتیک فرم

شکل شماتیک در پایین فرم، با نمایش فلش‌های اندازه‌گیری، این مفهوم را به وضوح نشان می‌دهد. در جوش ناهم‌راستا، خط مبدأ اندازه‌گیری، سطح ورق پایین‌تر است، نه خط مشترک فرضی دو ورق.

**استاندارد پایه:** مطابق سربرگ فرم، این سطوح پذیرش بر پایه ISO 5817 سطح «B» تنظیم شده‌اند.

**بریدگی لبه،** در این فرم، رواداری ۰/۵ میلی‌متر به صورت مطلق است. در حالی‌که در فرم ۰۳-۰۹-۰۹، این مقدار ۱۰٪ ضخامت ورق (تا حداکثر ۱ میلی‌متر) بود.

**عدم همراستایی خطی،** در این فرم، رواداری ۰/۱ برابر ضخامت ورق (t) با سقف ۳ میلی‌متر است. در فرم ۰۳-۰۹-۰۹، این مقدار ۰/۲ ضخامت ورق با حد ۴ میلی‌متر بود.

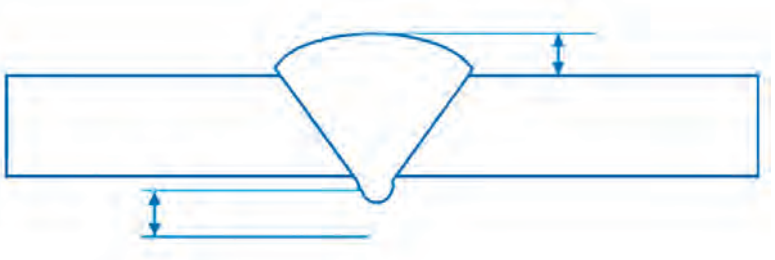
### روش اندازه‌گیری

* هرگاه در مقطع جوش عدم هم‌راستایی خطی وجود داشته باشد، اندازه‌گیری باید از پایین‌ترین ورق انجام شود.

**فلز اضافه جوش،** از خطی که از پایین‌ترین ورق عبور می‌کند و عرض جوش را قطع می‌کند اندازه‌گیری شود.

**نفوذ اضافی،** سطح پایین‌ترین ورق ملاک قرار گیرد.

این نکته با شکل شماتیک ۲۲ پایین فرم مقطع جوش شیاری همراه فلش‌های اندازه نمایش داده شده است. در جوش ناهم‌راستا، خط مبدأ اندازه‌گیری سطح ورق پایین‌تر بوده و خط مشترک دو ورق نمی‌باشد. سطوح پذیرش بر پایه ISO 5817 سطح «B» تنظیم شده و صرفاً برای اهداف آزمون معتبر است. در کارگاه واقعی باید از استاندارد اجرایی پروژه استفاده کرد.



شکل ۲۲

■ بررسی وتحلیل سطوح کیفی عیوب جوش بر اساس استاندارد **ISO 5817**

■ **دامنه کاربرد**

استاندارد ISO 5817 اتصالات جوش‌کاری ذوبی (به‌جز جوش‌کاری پرتو الکترونی) انواع فولادها، نیکل، تیتانیوم و آلیاژهای آنها باضخامت‌های برابر یا بیشتر از ۰/۵میلی‌متر را پوشش می‌دهد. این استاندارد برای جوش‌ها با نفوذ کامل لب‌به‌لب و گوشه‌ای و نفوذ ناقص کاربرد دارد. فرایندهای تحت پوشش این استاندارد شامل جوش‌کاری دستی، مکانیزه و اتوماتیک، در تمامی وضعیت‌های جوش‌کاری و برای انواع اتصالات لب‌به‌لب، انشعابی و ماهیچه‌ای با استفاده از جوش‌کاری قوس دستی، جوش‌کاری با گاز محافظ، زیر پودری، پلاسما و اکسی گاز است.

نکته

جنبه‌های متالورژیکی نظیر اندازه دانه یا سختی فلز جوش در این استاندارد بررسی نمی‌شود.

■ **سطوح کیفی (B, C, D)**

این استاندارد برای سازه‌هایی که تحت انواع بارهای مکانیکی (استاتیکی، حرارتی، خورنده یا تحت‌فشار) قرار دارند، سه سطح کیفی مشخص شامل B، C و D را تعریف می‌کند. سطح کیفی B متناظر با سخت‌گیرانه‌ترین و بالاترین الزامات برای کیفیت جوش نهایی است، درحالی‌که سطوح C و D به‌ترتیب معیارهای متعارف‌تر و سخت‌گیری کمتری در پذیرش نقص‌ها در آن ذکرشده است. انتخاب هر یک از این سطوح، پیش از شروع تولید و براساس شرایط و اهمیت سازه مشخص می‌گردد.

■ در جدول ۳۱ برخی نمادها و تعاریف در استاندارد ISO 5817 آورده شده است.

**جدول ۳۱**

| نماد | شرح |
|---|---|
| h | ارتفاع یا عرض عیب |
| b | عرض گرده جوش |
| t | ضخامت ورق یا دیواره (اندازه اسمی) |
| (α)a | زاویه پنجه جوش |

■ **نقص کوتاه در جوش‌های کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر**

نقصی که مجموع طول آن بیشتر از ۲۵٪ از طول کل جوش نباشد. به‌طور مثال، برای جوش ۴۰ میلی‌متری، مجموع ناپیوستگی‌ها از ۱۰ میلی‌متر نباید تجاوز کند.

■ **نقص کوتاه در جوش‌های به طول ۱۰۰ میلی‌متر یا بیشتر**

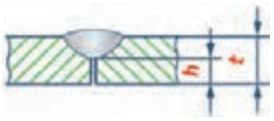
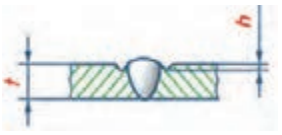
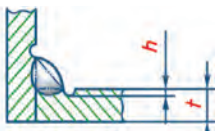
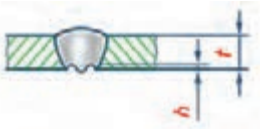
یعنی در هراندازه ۱۰۰ میلی‌متری از جوش، مجموع طول ناپیوستگی‌های منفرد از ۲۵ میلی‌متر تجاوز نکند.

■ **نقص تکرارشونده**، این نقص به‌صورت مکرر در طول جوش توزیع‌شده است، درحالی‌که اندازه هر نقص

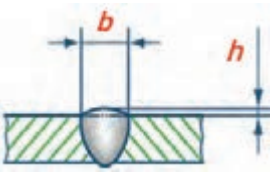
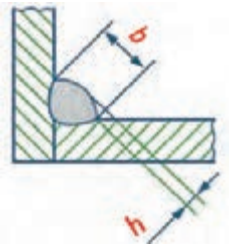
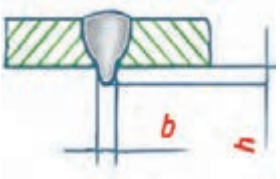
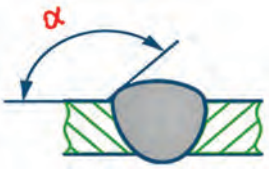
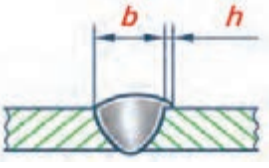
منفرد در حد مجاز و قابل‌قبول باشد، نبایستی از علت تکرار نقص صرفه نظر کرد.

■ در جدول ۳۲ برخی از نقایص در استاندارد ISO 5817 به همراه حدود مجاز آنها آورده شده است.

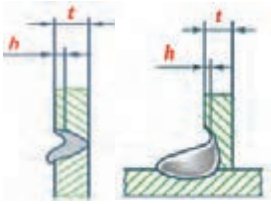
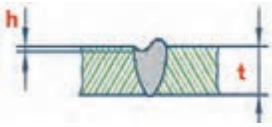
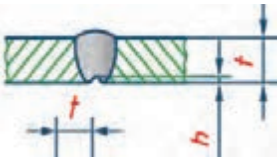
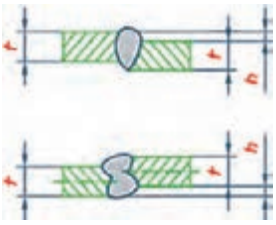
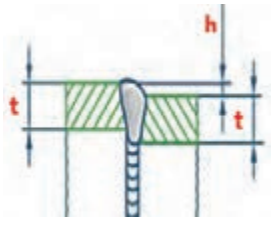
**جدول ۳۲**

| نوع نقص | ملاحظات | ضخامت t (mm) | حدود مجاز نقص بر اساس سطوح کیفی | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | D | C | B |
| ترک | - | ≥0.5 | غیرمجاز | غیرمجاز | غیرمجاز |
| ترک ستاره‌ای | - | ≥0.5 | غیرمجاز | غیرمجاز | غیرمجاز |
| * نفوذ ناقص در ریشه |  | ≥0.5 | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۲ t، اما<br>حداکثر تا۲ میلی‌متر | غیرمجاز | غیرمجاز |
| *دو شرط هم‌زمان برای ارتفاع ناپیوستگی (h) وجود دارد که باید درنظر گرفته شود.<br>**شرط اول (۰/۲ t)**: بدین‌معنی که ارتفاع ناپیوستگی نباید از ۲۰ درصد ضخامت ورق (t) بیشتر باشد.<br>**شرط دوم (حداکثر۲ میلی‌متر)**: بدین‌معنی که نباید ۲۰ درصد ضخامت ورق عددی بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر باشد. | | | | | |
| سوختگی کناره جوش پیوسته |  | 0.5تا3 | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۲ t | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۱ t | غیرمجاز |
| سوختگی کناره جوش غیر پیوسته |  | >3 | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۲ t<br>اما حداکثر تا<br>۱ میلی‌متر | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۱ t<br>اما حداکثر تا<br>۰/۵ میلی‌متر | نقص کوتاه<br>h ≤ ۰/۰۵ t<br>اما حداکثر تا<br>۰/۵ میلی‌متر |
| شیار انقباضی |  | 0.5تا3 | نقص کوتاه<br>مجاز است به‌شرط:<br>h≤0.1t+0.2 mm | نقص کوتاه<br>مجاز است به‌شرط:<br>h≤0.1t | غیرمجاز |
| | | >3 | نقص کوتاه<br>مجاز است به‌شرط:<br>h≤0.2t<br>حداکثر 2mm | نقص کوتاه<br>مجاز است به‌شرط:<br>h≤0.1t<br>حداکثر 1mm | نقص کوتاه<br>مجاز است به‌شرط:<br>h≤0.05t<br>حداکثر 0.5mm |

**ادامه جدول ۳۲**

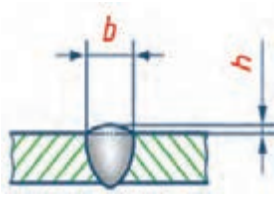
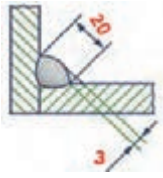
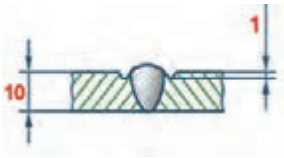
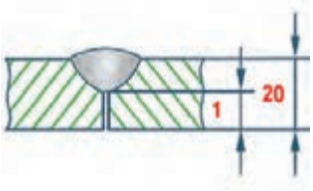
| نوع نقص | ملاحظات | ضخامت t (mm) | حدود مجاز نقص بر اساس سطوح کیفی | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | D | C | B |
| فلز جوش اضافی (در اتصال لب‌به‌لب) |  | ≥0.5 | h≤0.25b+1 mm<br>حداکثر 10mm | h≤0.15b+1 mm<br>حداکثر 7mm | h≤0.1b+1 mm<br>حداکثر 5mm |
| تحدب اضافی (در جوش گوشه) |  | ≥0.5 | h≤0.25b+1 mm<br>حداکثر 5mm | h≤0.15b+1 mm<br>حداکثر 4mm | h≤0.1b+1 mm<br>حداکثر 3mm |
| نفوذ اضافی |  | 0.5 تا 3 | h≤0.6b+1 mm | h≤0.6b+1 mm | h≤0.6b+1 mm |
| | | >3 | h≤0.6b+1 mm<br>حداکثر 5mm | h≤0.3b+1 mm<br>حداکثر 4mm | h≤0.1b+1 mm<br>حداکثر 3mm |
| پنجه جوش در اتصال لب‌به‌لب |  | ≥0.5 | a≥90° | a≥110° | a≥150° |
| سر رفتگی جوش |  | ≥ 0.5 | h≤0.2b | غیرمجاز | غیرمجاز |

**ادامه جدول ۳۲**

| نوع نقص | ملاحظات | ضخامت t (mm) | حدود مجاز نقص بر اساس سطوح کیفی | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | D | C | B |
| ریزش فلز جوش |  | 3 تا 0.5 | نقص کوتاه مجاز است به‌شرط: h≤0.25t | نقص کوتاه مجاز است به‌شرط: h≤0.1t | غیرمجاز |
| | | >3 | نقص کوتاه مجاز است h≤0.25t اما حداکثر ۲ میلی‌متر | نقص کوتاه مجاز است h≤0.1t اما حداکثر ۱ میلی‌متر | نقص کوتاه مجاز است h≤0.05t اما حداکثر ۰/۵ میلی‌متر |
| عدم پر شدن شیار |  | ≥ 0.5 | h≤0.25t اما حداکثر ۲ میلی‌متر | h≤0.1t اما حداکثر ۱ میلی‌متر | h≤0.05t اما حداکثر ۰/۵ میلی‌متر |
| تقعر در ریشه جوش |  | 3 تا 0.5 | h≤0.1t+0.2mm | h≤0.1t | غیرمجاز |
| | | >3 | h≤0.2t اما حداکثر ۲ میلی‌متر | h≤0.1t اما حداکثر ۱ میلی‌متر | h≤0.05t اما حداکثر ۰/۵ میلی‌متر |
| لکه قوس | ---------- | ≥ 0.5 | مجاز، مشروط بر عدم آسیب به خواص فلز پایه | غیرمجاز | غیرمجاز |
| ناهمراستایی خطی بین ورق‌ها |  | 3 تا 0.5 | h≤0.25t+0.2 mm | h≤0.15t+0.2 mm | h≤0.1t+0.2 mm |
| | | >3 | h≤0.25t اما حداکثر 5mm | h≤0.15t اما حداکثر 4mm | h≤0.1t اما حداکثر 3mm |
| ناهمراستایی خطی بین لوله‌ها |  | ≥ 0.5 | h≤0. 5t اما حداکثر 4mm | h≤0. 5t اما حداکثر 3mm | h≤0. 5t اما حداکثر 2mm |

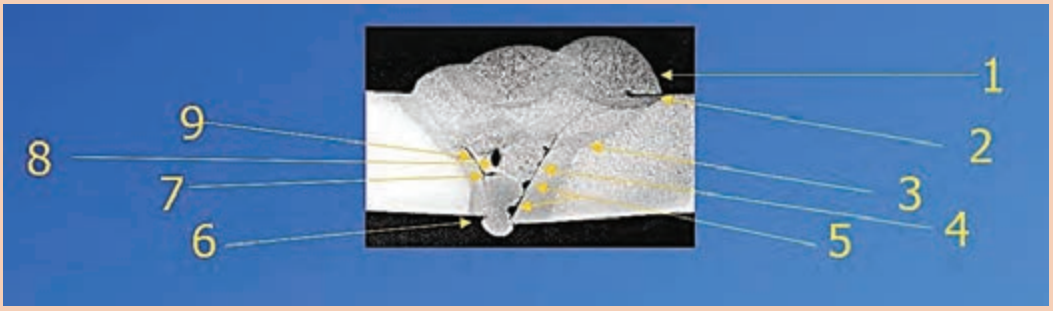
کار کلاسی

هنرجویان عزیز با مراجعه به جدول ۳۲ و راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود جدول زیر را تکمیل نمایید.

| شکل | معیار پذیرش ISO 5817 | سطح پذیرش | تائید ✓ | مردود × | شرح |
|---|---|---|---|---|---|
|  ضخامت ورق ۱۰ میلی‌متر | h≤0.1b+1 mm<br>حداکثر 5mm | B | □ | ☒ | براساس سطح کیفیت پذیرش B مردود است. |
| محاسبه با مقادیر داده‌شده در شکل برای سطح B:<br>عرض جوش (b) = 16mm<br>h مجاز =1+(0.1×16) =1+1.6=2.6 mm<br>ارتفاع گرده جوش (h) = 6mm<br>نتیجه: ارتفاع مجاز برای سطح کیفیت B نهایتاً ۲/۶ میلی‌متر و حد مجاز استاندارد، حداکثر ۵ میلی‌متر است. اما ارتفاع گرده جوش در این شکل ۶ میلی‌متر است که از حد مجاز استاندارد بیشتر است. | | | | | |
|  ضخامت ورق ۳۰ میلی‌متر | ..... | D | □ | □ | ..... |
|  ضخامت ورق ۱۰ میلی‌متر | ..... | D | □ | □ | ..... |
|  ضخامت ورق ۲۰ میلی‌متر | ..... | C | □ | □ | ..... |

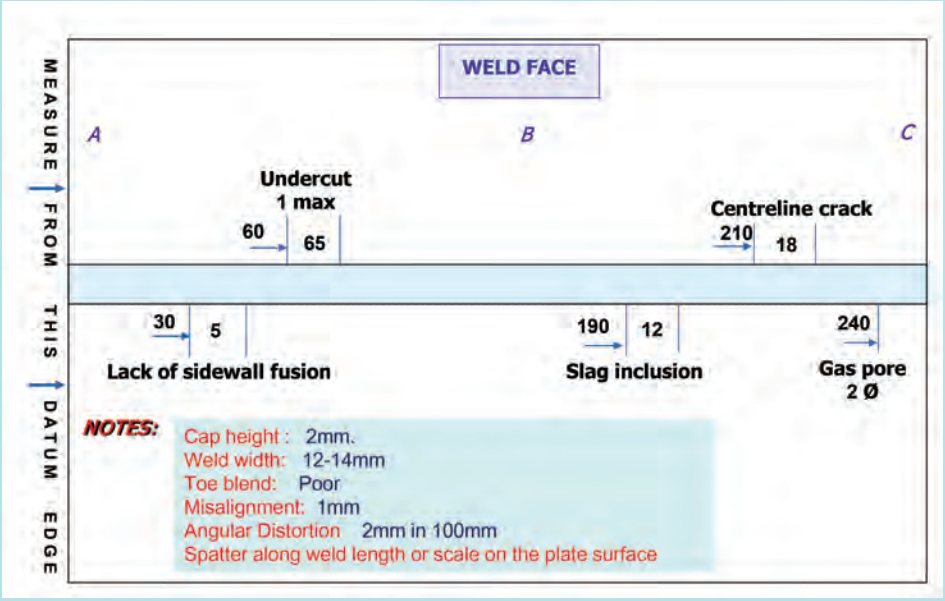
کار کلاسی

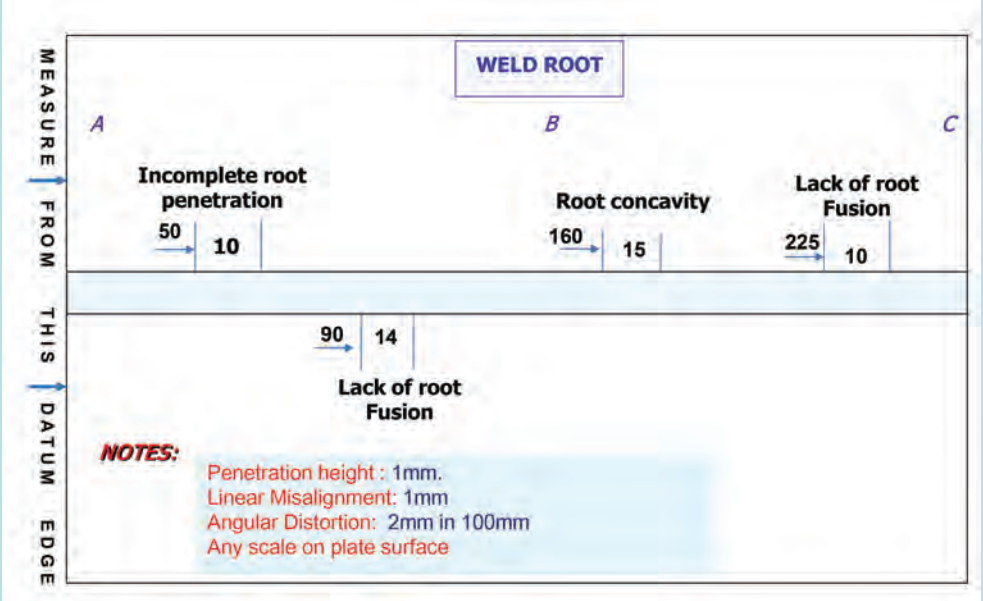
یک نمونه آزمون ماکرو اچ، برای بررسی سلامت ساختار جوش و عیوب داخلی اتصال لب‌به‌لب با شیار جناقی یک‌طرفه چندپاسه قطعه‌ای داده شده است. جدول تحلیل و ارزیابی عیوب داده شده مطابق با استاندارد ISO 5817 Level B می‌باشد. به کمک هنرآموز محترم خود آن را تکمیل نمایید.




| ناپیوستگی / عیب | شماره | حداکثر مجاز استاندارد | نظر | علت |
|---|---|---|---|---|
| ..... | ۱ | زاویه پنجه جوش $\alpha \geq ۱۵۰^{\circ}$ | Reject × | زاویه تند پنجه جوش باعث تمرکز تنش مکانیکی و شروع ترک خستگی می‌شود. |
| سرریز فلز جوش | ۲ | ..... | Reject × | ریزش مذاب روی فلز پایه که ذوب نشده |
| تورق در فلز پایه | ۳ | به کاربرد و استاندارد مشخصات متریال بستگی دارد | مشروط / بررسی کاربرد | ناشی از فرایند نورد ورق در کارخانه فولادسازی |
| عدم ذوب در دیواره شیار | ۴ | غیرمجاز | Reject × | ..... |
| ..... | ۵ | $d \leq ۱$ mm یا $d \leq ۰/۲t$ | Reject × | عدم ذوب دیواره ناشی از تلاطم حوضچه مذاب. |
| سرریز در ریشه جوش | ۶ | ..... | ..... | فلز مذاب ریشه بدون اتصال به سطح ورق پهن شده و گوشه تیز ایجاد نموده است |
| عدم ذوب بین‌پاسی | ۷ | غیرمجاز | Reject × | ..... |
| حفره گازی | ۸ | حداکثر ابعاد مجاز برای یک حفره $d \leq ۱$ mm | ..... | محبوس شدن در حین انجماد سریع حوضچه مذاب |
| ..... | ۹ | غیرمجاز حداکثر ابعاد $h \leq ۱$ mm | Reject × | مانع از ذوب و اتصال فلز جوش |

فرم گزارش را با توجه به نقشه نمونه کار داده شده تکمیل نمایید.
پس از تکمیل آن را به هنرآموز محترم خود تحویل نمایید.



## VISUAL TESTING REPORT FOR EXAMINATION

Company شرکت: ..... Date تاریخ: .....

Name نام: ..... Report No شماره گزارش: .....

پارامترهای آزمون (Examination parameter)

| | | |
|---|---|---|
| Part ID شناسه قطعه:.... Pipe ☐ Plat ☐ | Thickness ضخامت: ..... mm | Pipe Dia قطر لوله: ..... in |
| Base Metal فلز پایه: ..... | Weld metal فلز جوش: ..... | Material جنس فلز پایه: ..... |

STANDARD:

ارزیابی قطعه تحت بازرسی: تمامی‌نشانه‌ها باید ثبت و ارزیابی شوند.

سطح جوش WELD FACE

| | |
|---|---|
| 0 → | Sketch: |

ریشه جوش ROOT FACE

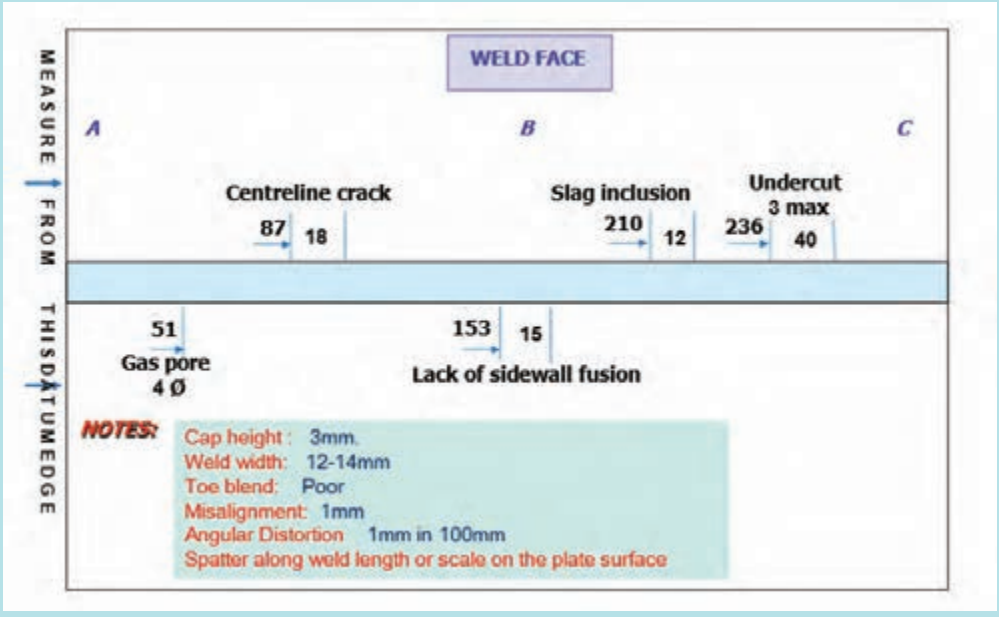
| | |
|---|---|
| 0 → | Sketch: |

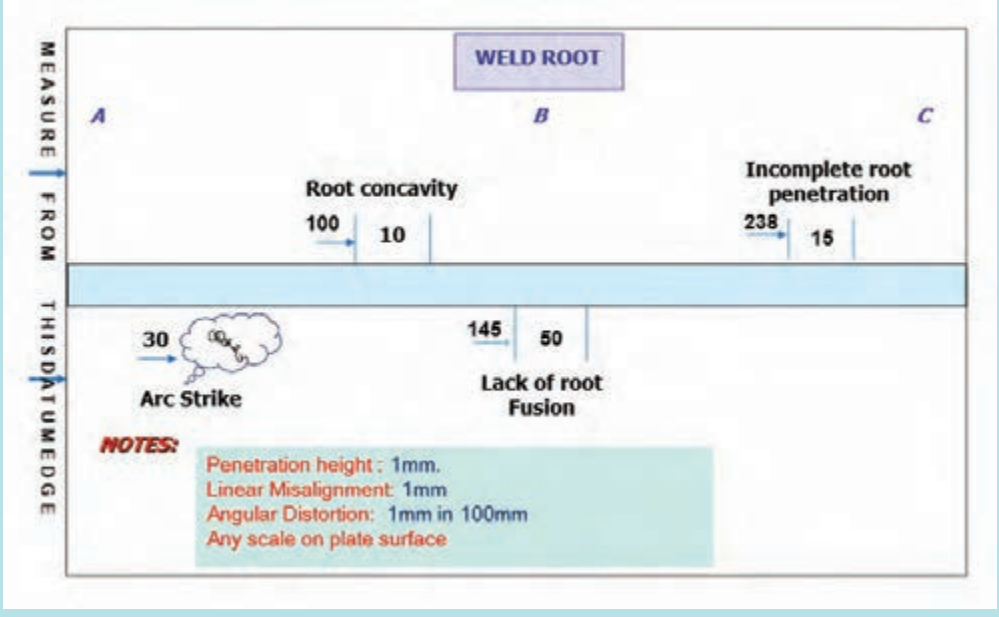
| No | Defect type (نوع عیب) | Defect length L (طول عیب) | Situation weld or base (موقعیت عیب) | Interpretation (تفسیر / تحلیل نتایج) | Result (نتیجه) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | | |
| ۲ | | | | | |
| ۳ | | | | | |
| ۴ | | | | | |

inspector بازرس: Date تاریخ: Sign امضا:

**فرم گزارش را با توجه به نقشه نمونه کار داده شده تکمیل نمایید.**

پس از تکمیل آن را به هنرآموز محترم خود تحویل نمایید.



## VISUAL TESTING REPORT FOR EXAMINATION

Company شرکت: ..... Date تاریخ: .....

Name نام: ..... Report No شماره گزارش: .....

پارامترهای آزمون (Examination parameter)

| | | |
|---|---|---|
| شناسه قطعه:.... Pipe ☐ Plat ☐ Part ID | Thickness ضخامت: ..... mm | Pipe Dia قطر لوله: ..... in |
| Base Metal فلز پایه: ..... | Weld metal فلز جوش: ..... | Material جنس فلز پایه: ..... |

STANDARD:

ارزیابی قطعه تحت بازرسی: تمامی نشانه‌ها باید ثبت و ارزیابی شوند.

سطح جوش WELD FACE

| | |
|---|---|
| | Sketch: |
| | |
| 0 → | |

ریشه جوش ROOT FACE

| | |
|---|---|
| | |
| | |
| 0 → | |

| | No | Defect type (نوع عیب) | | Defect length L (طول عیب) | | Situation weld or base (موقعیت عیب) | | Interpretation (تفسیر/ تحلیل نتایج) | | Result (نتیجه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | | | | | | | | | |
| | ۲ | | | | | | | | | |
| | ۳ | | | | | | | | | |
| | ۴ | | | | | | | | | |

inspector (بازرسی): Date (تاریخ): Sign (امضا):

# شایستگی ارزشیابی تحلیل فرم بازرسی چشمی

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | تحلیل و تفسیر نتایج بازرسی چشمی و تعیین وضعیت پذیرش و عدم پذیرش برابر معیارهای استاندارد |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۳۲ | کار | تحلیل فرم بازرسی چشمی | سطح شایستگی | مهارت | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بررسی اطلاعات و مشخصات فرم بازرسی | فرم‌های بازرسی چشمی جوش، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (کاربرگ) | بررسی کامل اطلاعات و مشخصات فرم برابر معیارها | ۳ | |
| | | | | بررسی اطلاعات فرم و عیوب بحرانی برابر معیارها | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در بررسی فرم | ۱ | |
| ۲ | تحلیل نتایج وارزیابی ثبت‌شده | فرم‌های بازرسی چشمی جوش، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، تصاویر یا نمونه‌های عیوب جوش برای تحلیل و مقایسه محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | آزمون عملکردی | تحلیل نتایج ثبت‌شده برابر معیارها | ۳ | |
| | | | | تحلیل نتایج بحرانی برابر معیارها | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در ثبت کامل نتایج | ۱ | |
| ۳ | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی | فرم‌های بازرسی چشمی جوش، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، نوشت‌افزار و پوشه بایگانی، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | بررسی گزارش یا فرم نهایی (ارزیابی مستندات) | گزارش‌نویسی کامل برابر معیارها | ۳ | |
| | | | | گزارش‌نویسی ایرادات بحرانی برابر معیارها | ۲ | |
| | | | | ناتوانی درجمع‌بندی و گزارش‌نویسی | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ تفسیر اطلاعات<br>ـ پای‌بندی به معیار پذیرش<br>ـ به‌کارگیری تجهیزات ایمنی و بازرسی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |

| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | بلی ☐ |
|---|---|
| | خیر ☐ |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# پودمان چهارم

## بازرسی جوش با مایعات نافذ




بازرسی جوش مایعات نافذ




تحلیل فرم بازرسی مایعات نافذ

چشم انسان در سالم‌ترین وضعیت خود قادر است اجسام و علائم ریز را تا اندازه ۰/۳ میلی‌متر ببیند. در بازرسی چشمی با چگونگی شناسایی نواقص جوشکاری از طریق چشم آشنا شدید. اما حفره‌ها و ترک‌های بسیار ریز که با چشم دیده نمی‌شوند در روش بازرسی با مواد نافذ، دیده شده و بسیاری از نواقص ریز قابلیت شناسایی دارند.

بازرسی با مایع نافذ (PT) یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین روش‌های آزمون‌های غیرمخرب (NDT) است که ریشه تاریخی آن به اوایل قرن بیستم و روش سنتی «نفت و گچ» در صنایع راه‌آهن بازمی‌گردد. امروزه با پیشرفت فرمولاسیون مواد نافذ و آشکارساز، این روش به دلیل حساسیت بالا در آشکارسازی ناپیوستگی‌های سطحی (نظیر ترک‌ها، تخلخل‌ها و عدم ذوب سطحی)، هزینه پایین، سرعت اجرا و عدم محدودیت در نوع جنس قطعه (فلزات مغناطیسی و غیرمغناطیسی، پلاستیک‌ها و سرامیک‌ها)، از اهمیت بسزایی برخوردار است. این تکنیک نقشی کلیدی در کنترل کیفیت اتصالات جوش، پایش سلامت قطعات حساس در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، هوافضا و سازه‌های فلزی ایفا می‌کند و یادگیری اصول صحیح اجرای آن، یکی از شایستگی‌های پایه و ضروری برای بازرسان و تکنسین‌های جوشکاری به‌شمار می‌رود.

# واحد یادگیری ۱

## بازرسی جوش با مایعات نافذ

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- می‌توان ترک‌های بسیار ریز و سطحی جوش را که با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند، با مایع نافذ آشکار کرد.
- تمیزکاری سطح قبل از تست مایع نافذ تأثیر مستقیمی بر دقت و صحت نتیجه بازرسی دارد.
- انتخاب نادرست نوع مایع نافذ (رنگی یا فلورسنت) می‌تواند باعث تفسیر اشتباه در نتیجه بازرسی شود.
- زمان نفوذ (Dwell Time) در تست مایع نافذ نقش مهمی در نمایان شدن عیوب سطحی ایفا می‌کند.
- درست پاک‌کردن مایع اضافی از سطح قطعه در جلوگیری از ایجاد نشانه‌های کاذب اهمیت دارد.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی و کسب شایستگی لازم در بازرسی با مایع نافذ، با استفاده از ابزار و تجهیزات مناسب به بررسی، بازرسی و شناسایی عیوب بپردازند.

## تست مایعات نافذ Penetrant Test

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.

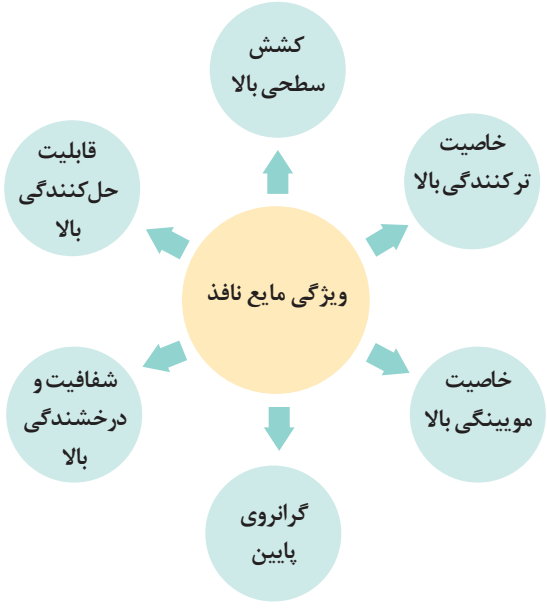



شکل ۱

در شکل ۱ آزمون شناسایی اسکناس‌های جعلی از اصلی نشان داده شده است. برای آنکه بدانید پول تقلبی است یا نه، نشانه‌هایی درون آن به کار رفته است که با چشم غیرمسلح و در نور محیط قابل مشاهده نیست. در صنعت هم با روش‌های غیر مخرب می‌توان به کمک ابزار و تجهیزات خاص عیوب قطعات را مشاهده نمود. در صنعت روش‌های غیر مخرب مختلفی برای شناسایی عیوب محصولات در زمان تولید و یا قطعات در حال سرویس وجود دارد. یکی ازاین روش‌ها بازرسی با مایع نافذ است که با عنوان PT شناخته می‌شود. در این روش از یک ماده نافذ روی سطح استفاده می‌شود که به دلیل خاصیت مویینگی وارد نواقص ریز سطحی می‌شود.

### ویژگی‌های مایع نافذ

مایع نافذ باید دارای ویژگی‌های داده شده در نمودار ۱ باشد:




نمودار ۱

## بازرسی با مایعات نافذ

مراحل انجام آن در شکل ۲ آورده شده است.




۱ـ تمیزکاری اولیه سطح | ۲ـ اعمال مایع نافذ روی سطح | ۳ـ اسکان مایع نافذ روی سطح

۴ـ تمیزکاری سطح از مایع نافذ اضافی | ۵ـ اعمال آشکارساز روی سطح | ۶ـ شناسایی نقص روی سطح

شکل ۲

پرسش کلاسی

ارتباط بین شکل‌های داده شده را با دلیل علمی بیان نمایید؟

پاسخ: .....

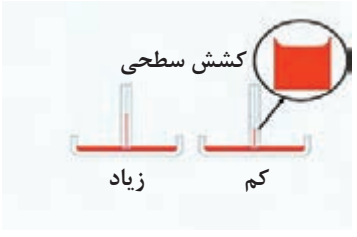
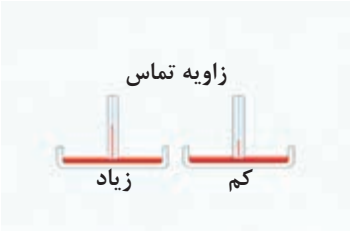
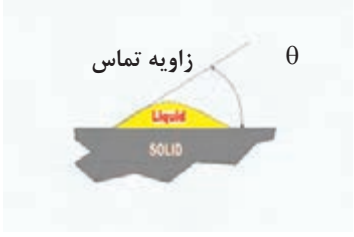
.....



۱ | ۲ | ۳

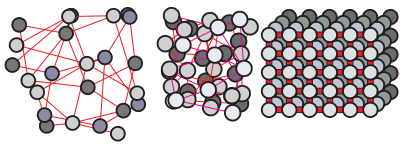
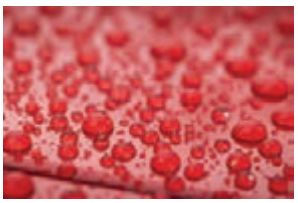
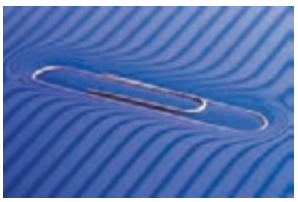
## نحوه نفوذ مایعات نافذ

اساس عملکرد بازرسی با مایع نافذ بر پدیده مویینگی استوار است که مستقیم تحت تأثیر دو عامل زاویه تماس و کشش سطحی قرار دارد. هرچه زاویه تماس کمتر باشد، قابلیت ترشوندگی افزایش یافته و مایع تمایل بیشتری برای صعود در لوله‌های مویین و ورود به درزها دارد. از سوی دیگر، کشش سطحی مناسب نیروی محرکه لازم را برای بالا کشیدن ستون مایع را فراهم می‌کند. بنابراین، یک مایع نافذ استاندارد باید با داشتن زاویه تماس کم و کشش سطحی بهینه، بتواند به سرعت روی سطح پخش شده و حتی در ریزترین ناپیوستگی‌ها و ترک‌ها نفوذ نماید (شکل ۳).

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| تأثیرکشش سطحی | تأثیر زاویه تماس در پدیده مویینگی | زاویه تماس |
| شکل ۳ | | |

کار کلاسی

به کمک هنرآموز محترم خود نقش عوامل مؤثر بر کیفیت ماده نافذ را در ستون مربوطه شرح دهید.

| عامل تأثیرگذار | شکل | توضیح |
|---|---|---|
| چگالی |  | ..... |
| خاصیت تَرشوندگی |  | ..... |
| کشش سطحی |  | ..... |

| عامل تأثیرگذار | شکل | توضیح |
|---|---|---|
| گرانروی |  | ..... ..... |

نکات ایمنی

**بازرسی با مایعات نافذ**

در بازرسی با مواد نافذ، باید موارد زیر را همیشه در نظر داشت.

- اسپری مایعات نافذ و تمیزکننده سمی و قابل اشتعال هستند.
- مایعات نافذ تأثیر نامطلوب روی پوست و چشم دارند.
- نور فرابنفش برای پوست و چشم مضر می‌باشد.
- محل بازرسی باید مجهز به تهویه مناسب و شیر آب برای شست‌وشوی چشم و پوست باشد.

کار کلاسی

به شکل داده شده نگاه کنید. نوع تجهیزات حفاظت فردی و دلیل کاربرد آنها در بازرسی با مایع نافذ را در جدول بنویسید.

| وسایل حفاظت فردی | دلیل کاربرد |
|---|---|
| دستکش پلاستیکی | ..... |
| ..... | جلوگیری از ورود گازها و بخارات مایع نافذ و حلال‌های پایه نفتی به ریه |
| عینک | ..... |
| پیش بند پلاستیکی | ..... |



توجه

قبل از انجام آزمون مایع نافذ برای جلوگیری از خطرات احتمالی باید چک‌لیست زیر را تکمیل نمود.

| ردیف | موارد | وجود دارد ✓ | وجود ندارد × | راهکار |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | خطر کار با مواد شیمیایی | ..... | ..... | ..... |

| ردیف | موارد | وجود دارد ✓ | وجود ندارد × | راهکار |
|---|---|---|---|---|
| ۲ | خطر آتش‌سوزی | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | تهویه مناسب | ..... | ..... | ..... |
| ۴ | خطر تماس با مواد شیمیایی | ..... | ..... | ..... |
| ۵ | نور مناسب | ..... | ..... | ..... |
| ۶ | خطر سقوط اجسام | ..... | ..... | ..... |
| ۷ | خطر برق گرفتگی | ..... | ..... | ..... |
| ۸ | سقوط از ارتفاع | ..... | ..... | ..... |

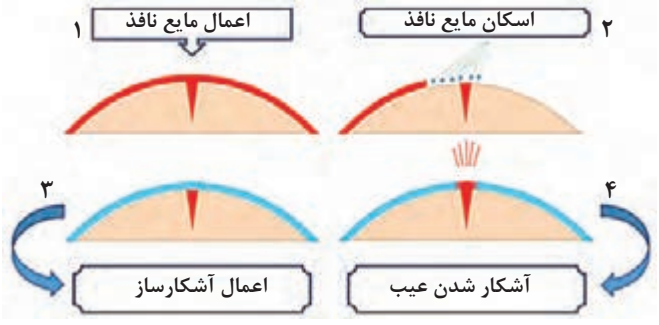
کار کلاسی

با توجه به ویژگی‌های مواد نافذ، جدول را با علامت ✓ کامل کنید.

| ویژگی | مایع نافذ مرئی | مایع نافذ فلورسنت |
|---|---|---|
| برای انجام تست به نور معمولی نیاز دارد | ..... | ..... |
| برای انجام تست به نور فرا بنفش نیاز دارد | ..... | ..... |
| در هنگام تست محیط باید تاریک باشد | ..... | ..... |
| در هنگام تست محیط باید روشن باشد | ..... | ..... |
| برای تست قطعات حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد | ..... | ..... |
| رنگ مایع نافذ قرمز است | ..... | ..... |
| رنگ مایع نافذ فسفری است | ..... | ..... |

## فرایند تست مایعات نافذ

بر اساس دستورالعمل‌های اجرایی و موقعیت، وضعیت و درجه حساسیت انجام می‌شود. در شکل ۴ این مراحل به‌طور کلی آورده شده است.



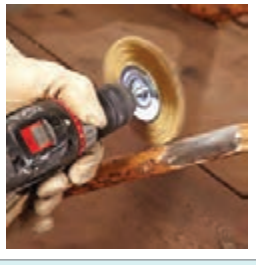

شکل ۴

■ تمیزکاری سطح

در بازرسی با روش مواد نافذ، تمیزکاری، که اولین مرحله بازرسی نیز می‌باشد بسیار مهم و تأثیرگذار است. در این مرحله باید هر گونه آلودگی مانند چربی، رنگ و اکسیدهای فلزی از روی سطح قطعات برداشته شوند؛ چون می‌تواند سبب پوشاندن عیب شده و از نفوذ مایع نافذ به درون آن جلوگیری کند. روش تمیزکاری باید با توجه به جنس نمونه و با دقت انتخاب شود تا آسیبی به کارایی قطعه وارد نشود. به اندازه کافی خشک شود زیرا آب مانع ورود مواد نافذ به قسمت معیوب می‌شود. برای تمیزکاری سطح هنگام کاربرد آزمون مایع نافذ می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود.

- تمیزکاری مکانیکی: مانند سنگ زنی، فرچه زدن، سند بلاست
- تمیزکاری التراسونیک: با ایجاد لرزش‌های صوتی توسط دستگاه
- تمیزکاری شیمیایی: مانند اسید شویی، استفاده از انواع حلال‌ها

روش‌های تمیزکاری در شکل ۵ نشان داده شده است.







**شکل ۵**

پرسش کلاسی

کدام یک از عیوب مندرج در جدول قابلیت شناسایی با روش PT را دارد؟

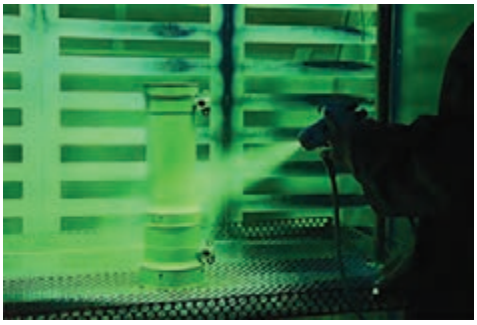
| عیب | Defects | قابلیت بازرسی ✓ |
|---|---|---|
| انواع ترک‌های سطحی | Surface cracks | ☐ |
| حفره و تخلخل سطحی در جوش | Porosity | ☐ |
| بریدگی کناره جوش | Under cut | ☐ |
| عدم هم ترازی | Hi-Low | ☐ |
| ترک‌های زیر سطحی | Under bead crack | ☐ |

## روش‌های اعمال مایع نافذ

در شکل ۶ روش‌های اعمال مایع نافذ نشان داده شده است.



به‌صورت اسپری



مایع نافذ فلورسنت با پیستوله



با استفاده از فرچه



روش غوطه‌وری

شکل ۶

مایعات نافذ مرئی، زیر نور معمولی و مایع نافذ فلورسانس، زیر نور فرابنفش بازرسی می‌شوند.

کار کلاسی

مایع نافذ را به روش‌های اسپری، غوطه‌وری و با استفاده از قلم‌مو روی سه قطعه فلزی اعمال نمایید. پس از انجام کار جدول داده شده را تکمیل کنید.

| روش اعمال | محدودیت | ویژگی |
|---|---|---|
| اسپری | پاشش ذرات در قسمت‌های غیرضروری و آلودگی محیط | ..... |
| غوطه‌وری | ..... | ..... |
| قلم‌مو | ..... | ..... |

## زمان اسکان (Dwell time)

پس از اعمال موادنافذ،مدت زمانی معین این مواد باید روی قطعه باقی بماند که به آن زمان اسکان گفته می‌شود. این زمان بسته به جنس قطعه، حساسیت و نوع نقص متفاوت می‌باشد. زمان اسکان براساس جداول ثبت شده استاندارد یا کارخانه سازنده مواد نافذ داده می‌شود. برای بررسی خوردگی و عیوب ریز به ویژه حفره‌ها به زمان بیشتری نیاز می‌باشد. زمان اسکان بستگی به متغیرهای نام برده می‌تواند متفاوت باشد. در جدول ۱ طبق استاندارد ASME ـ Sec5 زمان اسکان برای مواد و فرایندهای مختلف ارائه شده است.

جدول ۱

| مواد | روش تولید | عیب | زمان آشکارسازی (دقیقه) | زمان اسکان (دقیقه) |
|---|---|---|---|---|
| آلومینیوم ـ آهن | ریخته گری و جوشکاری | ترک ـ حفره ـ عدم ذوب | ۱۰ | ۱۰ |
| آلومینیوم ـ آهن | آهنگری ـ اکستروژن | ترک ـ حفره ـ عدم ذوب | ۱۰ | ۱۰ |
| پلاستیک | همه روش‌های تولید | ترک | ۱۰ | ۵ |
| شیشه | همه روش‌های تولید | ترک | ۱۰ | ۵ |
| سرامیک | همه روش‌های تولید | ترک | ۱۰ | ۵ |

## دسته‌بندی مایعات نافذ

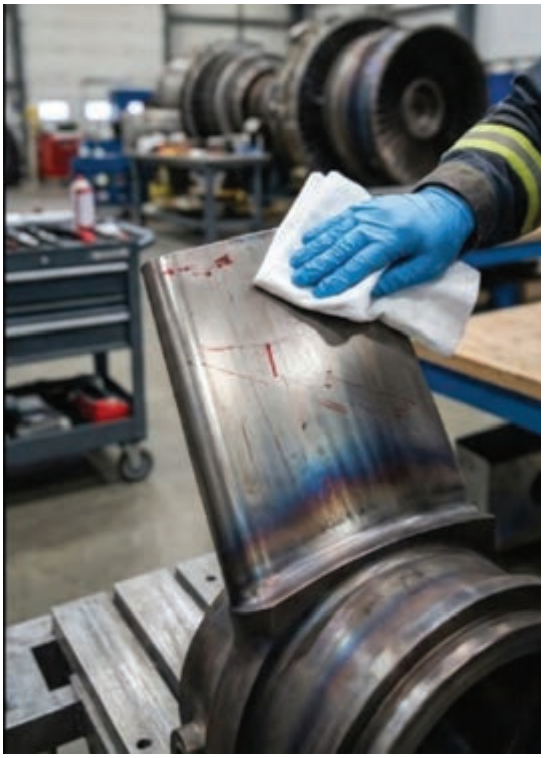
مایعات نافذ بر اساس نوع نور بازرسی و ماده رنگ به دو دسته رنگ مرئی و فلورسنت تقسیم می‌شوند. مواد آشکارساز نیز بر اساس شکل فیزیکی و نحوه کاربرد شامل پودر خشک، محلول در آب، معلق در آب , غیرآلی هستند. روش‌های آزمون مایعات نافذ بر اساس نوع مایعات نافذ و روش شست‌وشو و پاک‌سازی سطحی دسته‌بندی می‌شوند. در جدول ۲ این دسته‌بندی نشان داده شده است.

جدول ۲

| نور محیط | فلورسانس | | | مرئی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| روش حذف مایعات نافذ اضافی | معلق سازی و شست‌وشو با آب | شست‌وشو با حلال | شست‌وشو با آب | معلق سازی و شست‌وشو با آب | شست‌وشو با حلال | شست‌وشو با آب |
| اهمیت و میزان حساسیت | ****** | ***** | **** | *** | ** | * |

## تمیزکاری مایعات نافذ اضافی

پس از پایان زمان نفوذ مایعات نافذ و پیش از اعمال ماده ظهور، باید تمام مایعات نافذ اضافی باقی‌مانده روی سطح قطعه بدون خارج شدن مایعات از داخل شیارها و عیوب تمیز شود. فرایند در شکل ۷ به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۷

فرایند بر اساس نوع مایع نافذ و روش بازرسی (نور مرئی یا فلورسنت) به شرح زیر انجام می‌گیرد.

■ **تمیزکاری در بازرسی با نور مرئی:** در این روش تمیزکاری به کمک حلال (Cleaner/Remover) انجام می‌گیرد (روش C).

تمیزکاری در دو مرحله انجام می‌شود:

۱ ابتدا با استفاده از یک پارچه تمیز، خشک، نرم و بدون پرز، بخش عمده و سطحی مایع نافذ قرمز رنگ از روی قطعه برداشته می‌شود. پاک‌کردن باید در یک جهت و ملایم انجام گیرد تا از پخش شدن بیشتر مایع جلوگیری شود.

۲ دستمال یا پارچه بدون پرز دیگر را به مایع پاک‌کننده آغشته نموده، دستمال باید مرطوب باشد و سطح قطعه را تا جایی پاک نمود که هیچ اثری از رنگ قرمز روی سطح فلز و دستمال باقی نماند و سطح فلز تمیز دیده شود. پس از آن سطح باید در دمای محیط و از طریق تبخیر حلال خشک شود این زمان بین ۳۰ ثانیه الی ۱ دقیقه می‌باشد.

■ **تمیزکاری مایعات نافذ فلورسنت:** در این روش به‌دلیل حساسیت بالا، مایعات نافذ معمولاً با پایه قابل شست‌وشو با آب (Water ـ Washable) یا به کمک امولسی‌فایر تمیز می‌شود و بازرسی در این مرحله زیر نور فرابنفش انجام می‌شود. زمان ماندگاری ماده امولسیون‌ساز طبق دستورالعمل سازنده اجرا می‌شود.

شست‌وشو با آب و مواد امولسیون‌ساز (روش A)

نکته

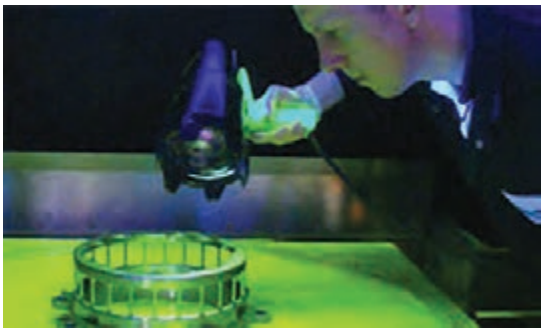
در این روش نکات زیر حتماً باید مورد توجه قرار گیرند:

■ **فشار آب،** حداکثر ۴۰ psi (بر اساس استاندارد ASME Sec V)

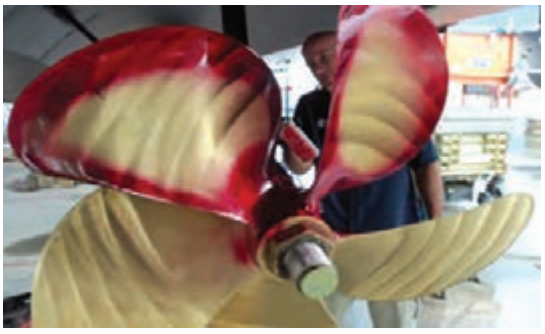
■ **دمای آب،** شست‌وشو باید در دمای ۱۰ ـ ۳۸ °C باشد تا مایع درون شیار دچار تغییر نشود.

■ **زاویه و نحوه پاشش آب،** به شکل پودری، تحت زاویه ۴۵ درجه و از فاصله مناسب روی قطعه اسپری شود تا از خروج مایع از داخل ناپیوستگی جلوگیری به عمل آید.

هنگامی که سطح قطعه کار از مایع سبز رنگ فلورسنت پاک شد، شست‌وشو متوقف می‌گردد تا از شست‌وشوی بیش‌ازحد پیشگیری شود. پس از اتمام شست‌وشو، آب اضافی سطح باید سریعاً پاک شود. این کار با گردش هوای گرم در کوره خشک‌کن (با دمای کنترل‌شده ۵۰ـ۶۰ °C) یا جریان هوای، با فشار بسیار کم انجام می‌شود تا قطعه برای مرحله اعمال آشکارساز آماده شود. تمامی فرایند شست‌وشو باید در محیط تاریک (شدت نور مرئی محیط کمتر از ۲۰ لوکس) و زیر تابش مستقیم لامپ ماورای‌بنفش با حداقل شدت تابش ۱۰۰۰ $\mu W/cm^2$ انجام و کنترل شود. در شکل ۸ دو نوع ماده نافذ براساس نور بازرسی را مشاهده می‌نمایید.



مایع نافذ فلورسانس



مایع نافذ مرئی

شکل ۸

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 فرابنفش به‌صورت شفاف و واضح‌تر می‌بینند. لذا برای بازرسی قطعات حساس و نواقص بسیار ریز مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۹).

توجه

از تابش مستقیم نور فرابنفش به چشم پرهیز گردد.





شکل ۹

## ■ آشکارساز (Developer)

ظاهرکننده، ماده‌ای است که پس از عملیات پاک‌سازی مایعات نافذ در روش بازرسی زیر نور مرئی بر روی سطح قطعه اعمال می‌شود تا با استفاده از پدیده موئینگی معکوس یا اثر خشک‌کنندگی، مایعات نافذ حبس‌شده در ناپیوستگی‌ها را به سطح انتقال دهد.که بزرگ‌نمایی ابعاد ظاهری نشانه‌ها، با ایجاد یک زمینه مات و دارای کنتراست بالا، شرایط بصری مطلوبی را برای تشخیص و ارزیابی دقیق ناپیوستگی‌های سطحی توسط بازرس



با آشکارساز



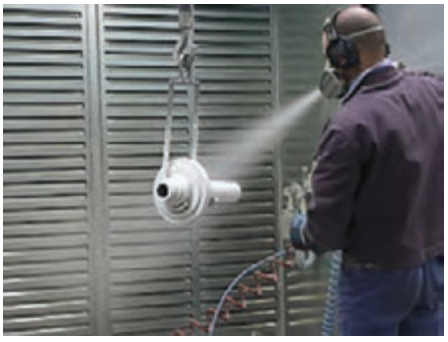
بدون آشکارساز

شکل ۱۰

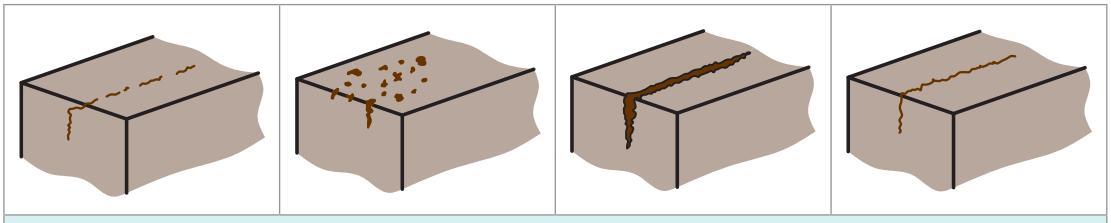
را فراهم می‌آورد. پس از تمیزکاری مواد نافذ از روی سطح نمونه و خشک کردن آن باید از آشکارساز استفاده شود. نقش آشکارساز بیرون کشیدن مواد نافذ حبس شده در قطعه، به سطح نمونه و پخش آن روی سطح می‌باشد. آشکارساز به خاطر داشتن رنگ سفید می‌تواند زمینه خوبی برای نشان دادن نقص حاصل از مواد نافذ باشد. لذا باعث افزایش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

**انواع آشکارساز**

- **آشکارساز خشک،** 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،** 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 در خطوط بازرسی با مواد نافذ و به‌صورت مخزنی استفاده می‌شود.قطعات در مایع آشکارساز غوطه‌ور و پس از خشک کردن بازرسی می‌گردند.
- آشکارساز تر با پایه حلال، از حساسیت بیشتری برخوردار می‌باشد. سریع‌تر خشک می‌شود و برای هر دو نوع ماده نافذ از نوع مرئی و فلورسانس موجود می‌باشد.در شکل ۱۱ انواع آشکارساز را مشاهده می‌کنید.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>پودر خشک</td><td>حل شده در آب</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>معلق در آب</td><td>پایه غیرآبی</td></tr>
<tr><td colspan="2">شکل ۱۱</td></tr>
</table>

پس از گذشتن زمان ماندگاری ماده آشکارساز، نمونه مورد بازرسی قرار می‌گیرد. قطعه بستگی به نوع ماده نافذ استفاده شده در زیر نور مناسب قرار گرفته و مورد بازرسی قرار می‌گیرد. نواقص شناسایی شده بر روی نمونه با مارکر علامت‌زنی شده و نتایج بازرسی در فرم مربوطه ثبت می‌گردند. در بازرسی با مواد نافذ 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 شکل ۱۲ انواع ترک، نقص یا ناپیوستگی نشان داده شده است.



شکل ۱۲

در شکل ۱۳ تصاویر واقعی از ترک طولی و عرضی، حفره یا تخلخل و عدم نفوذ در ریشه را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۳

ممکن است نشانه‌هایی را بر روی نمونه ببینیم که در واقع نقص نباشند. این نشانه‌ها ممکن است به علت تمیزکاری ضعیف دیده شوند. چنانچه پس از تمیزکاری مجدد با پارچه و استفاده از آشکارساز آنها را مشاهده نکنیم، این علائم نامربوط می‌باشند.

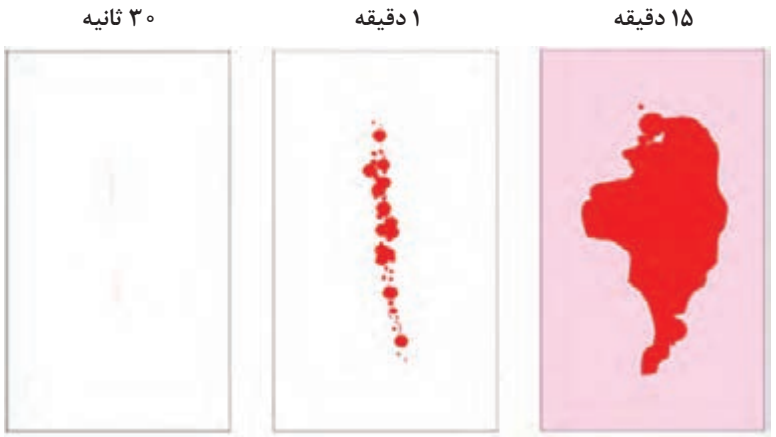
کار کلاسی

تأثیر متغیرهای قید شده، در بروز علائم غیر مرتبط در جدول را مشخص کنید.

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

نکته

نشانه‌ها باید بلافاصله پس از اعمال آشکارساز مورد بازرسی قرار گیرند، اما ارزیابی نهایی باید پس از سپری‌شدن حداقل زمان ظهور(Development Time) انجام شود. در شکل ۱۴ به‌صورت شماتیک زمان ظهور ناپیوستگی نسبت به مدت زمان اعمال آشکارساز آورده شده است.




شکل ۱۴

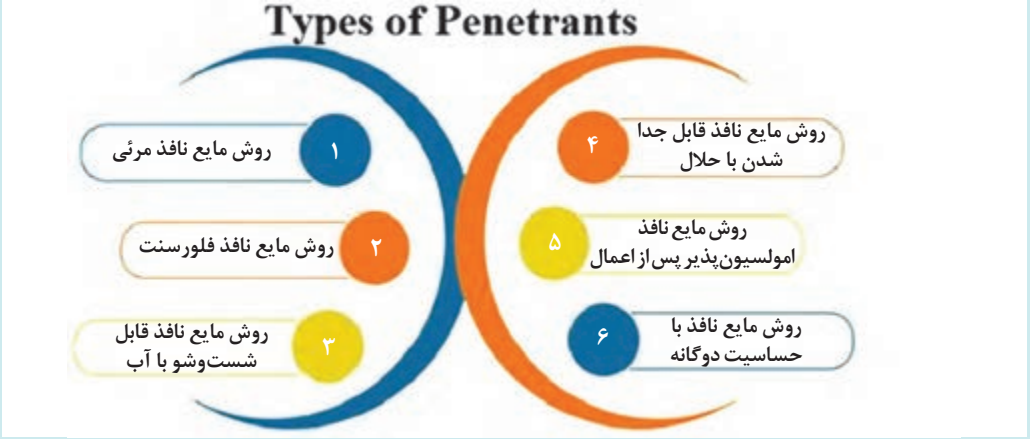
■ مشاهده سطح قطعه بلافاصله پس از اعمال ظاهرکننده الزامی است. این اقدام به بازرس کمک می‌کند تا روند نشت (Bleed_out) مایع نافذ را از لحظه ظهور پایش کند؛ چرا که تشخیص ترک‌های بسیار ریز و عیوبی که سریعاً در زمینه محو می‌شوند، تنها در همان لحظات آغازین امکان‌پذیر است.

■ پس از سپری شدن حداقل زمان ظهور آشکارساز برای اینکه بتواند مایع نافذ را از درون ترک به سطح بکشد، به زمان نیاز دارد (معمولاً ۱۰ تا ۶۰ دقیقه) که براساس نوع روش اعمال و دمای قطعه متغیر می‌باشد. اگر ارزیابی نهایی خیلی زود انجام شود، ممکن است ترک‌های ریز هنوز ظاهر نشده باشند و بازرس دچار اشتباه شود.

پرسش کلاسی

تعیین کنید کدام ماده قابلیت بازرسی با روش مایع نافذ را دارد؟

| ماده | قابلیت PT ✓ | شرح |
|---|---|---|
| فلزات | ☐ | ..... |
| شیشه | ☐ | ..... |
| پلاستیک | ☐ | ..... |
| چوب | ☐ | ..... |
| سفال بدون لعاب | ☐ | ..... |




شکل ۱۵

## انتخاب روش آزمون مایع نافذ

انتخاب فرایند و نوع مایع نافذ مناسب به عوامل مختلفی همچون نیاز مشتری، حساسیت مورد نیاز، اندازه و تعداد قطعات آزمون، شرایط سطحی قطعه آزمون، پیکربندی قطعات آزمون، قیمت تجهیزات و مواد و دسترسی به آب، برق، هوای فشرده و محل مناسب برای آزمون بستگی دارد.تقسیم‌بندی مطابق شکل ۱۵ می‌باشد.

انواع مختلفی از مایعات نافذ وجود دارد که معمولاً برای NDT و سایر کاربردها استفاده می‌شوند. این موارد شامل مایعات نافذ رنگی مرئی، مایعات نافذ فلورسنت و مایعات نافذ قابل شست‌وشو با آب است. هر نوع مزایای خاص خود را دارد و براساس الزامات خاص فرایند بازرسی انتخاب می‌شود. در اینجا برخی از انواع اصلی آمده است.

**۱ـ روش نفوذ رنگ مرئی،** یکی از ساده‌ترین تکنیک‌ها است. این روش شامل اعمال یک رنگ نافذ به سطح که به نفوذ کننده اجازه می‌دهد تا به هر گونه ترک یا عیبی نفوذ کند. پس از تمیز کردن سطح، نفوذ کننده رنگی وارد شده در ناپیوستگی‌ها به‌راحتی با چشم غیر مسلح در زمینه رنگ سفید قابل مشاهده است.

**۲ـ روش نفوذ رنگ فلورسنت** مشابه روش رنگ مرئی، روش نفوذ رنگ فلورسنت از یک نفوذکننده حاوی رنگ‌های فلورسنت استفاده می‌کند. هنگامی که در معرض نور ماوراءبنفش (UV) قرار می‌گیرد، مایع نافذ فلورسنت در ناپیوستگی باعث می‌شود که عیب‌های ریز در شرایط نوری مناسب به خوبی قابل مشاهده شود.

**۳ـ روش مایع نافذ قابل شست‌وشو با آب،** از یک مایع نافذ محلول در آب استفاده می‌کند. پس از زمان نفوذ، مایع نافذ اضافی پاک شده و قطعه با آب شسته می‌شود. هرگونه مایع نافذی که در عیوب باقی‌مانده باشد، پس از اعمال آشکارساز قابل مشاهده می‌شود و فرایندی ساده و سازگار با محیط‌زیست ارائه می‌دهد.

**۴ـ روش مایع نافذ قابل جدا شدن با حلال،** از یک مایع نافذ قابل جدا شدن با حلال استفاده می‌شود. پس از اینکه به مایع نافذ زمان کافی برای نفوذ به داخل عیوب داده شد، مایع نافذ اضافی پاک شده و آشکارساز اعمال می‌شود. این روش حساسیت بالایی دارد و معمولاً در صنایع با حساسیت بالا استفاده می‌شود.

**۵ـ روش نفوذ پس از امولسیون شوندگی،** نفوذکننده‌های پس از امولسیون‌شدن، می‌توانند با آب شسته شوند یا با حلال پاک شوند. آنها شامل استفاده از یک امولسی‌فایر ویژه پس از زمان نفوذ هستند. امولسی‌فایر، نفوذکننده اضافی را از سطح پاک می‌کند اما نفوذکننده را در عیب‌ها محبوس می‌کند. سپس یک آشکارساز اعمال می‌شود و عیب‌ها را آشکار می‌کند.

**۶ـ روش نفوذ با حساسیت دوگانه،** در این روش، با استفاده از یک مایع نافذ که هم‌زمان دارای ویژگی‌های فلورسنت و مرئی یا ترکیبی از ویژگی‌های دو ماده با سطح حساسیت متفاوت است به کار گرفته می‌شود. این تکنیک به بازرس اجازه می‌دهد تا طی یک فرایند بازرسی واحد، هم ناپیوستگی‌ها و ترک‌های بسیار ریز و هم عیوب بزرگ‌تر سطحی را با دقت بالا شناسایی کند. این روش قابلیت اطمینان آزمون را افزایش داده و نیاز به تکرار بازرسی با مواد مختلف را برطرف می‌سازد.

پژوهش کنید

با راهنمایی هنرآموزمحترم خود و با مراجعه به منابع معتبر، درمورد نقش امولسی‌فایرها برای افزایش دقت آزمون مایع نافذ در بازرسی قطعات حساس (مانند صنایع هوافضا و پره‌های توربین) تحقیق نموده و گزارش آن را در کلاس ارائه دهید.

نتیجه: .....

کار کلاسی

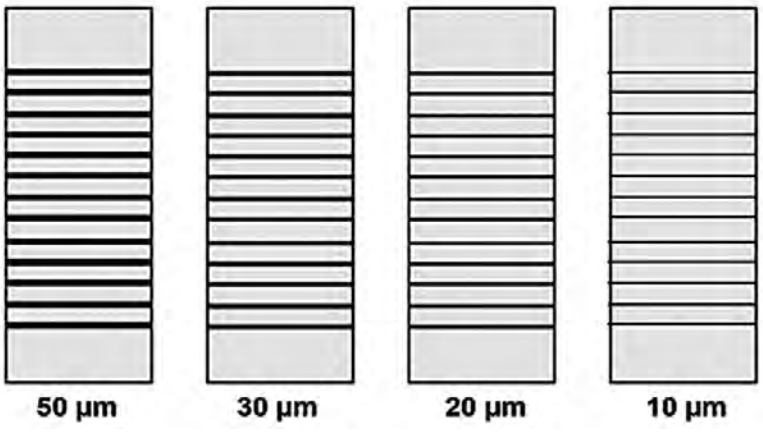
در شکل زیر یک میل لنگ با روش مواد نافذ بازرسی شده است. شرح مراحل را در مقابل هر شکل بنویسید.

| شکل | شرح |
|---|---|
|  | ..... ..... |
|  | ..... ..... |
|  | ..... ..... |
|  | ..... ..... |

| شکل | شرح |
| --- | --- |
|  | ..... ..... |
|  | ..... ..... |

## بلوک‌های استاندارد

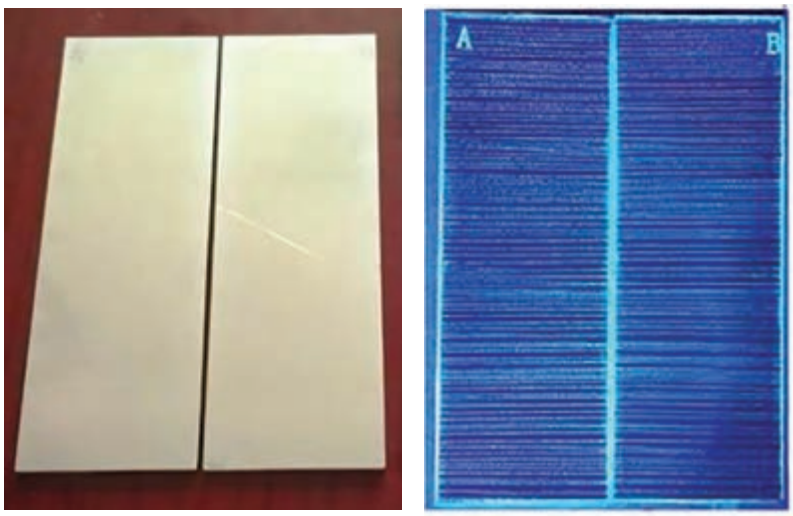
در دستورالعمل‌ها استفاده از بلوک‌ها، صفحات یا قطعات استاندارد پیش بینی می‌شود. این بلوک‌های استاندارد نمونه‌های آزمون با عیوب مشخص هستند. مواد مورد استفاده در ساخت بلوک‌های استاندارد شامل آلومینیوم، فولاد،نیکل،شیشه و سرامیک می‌باشد. بلوک‌ها براساس مشخصات لازم برای آزمون خاص ساخته می‌شوند. بلوک مرجع استاندارد EN ISO ۳۴۵۲ـ۳ برای آزمایش حساسیت سیستم‌های نافذ فلورسنت و مرئی، می‌باشد (شکل ۱۶).




| نافذ مرئی | | |
| --- | --- | --- |
| سطح | حساسیت | سایز |
| ۱ | عادی | ۵۰ میکرو متر |
| ۲ | بالا | ۳۰ میکرومتر |

| نافذ فلورسنت | | |
| --- | --- | --- |
| سطح | حساسیت | سایز |
| ۱ | عادی | ۳۰ میکرو متر |
| ۲ | بالا | ۲۰ میکرو متر |
| ۳ | فوق‌العاده بالا | ۱۰ میکرو متر |

ابعاد هر بلوک ۲ mm ×۳۵ × ۱۰۰ است. عمق شیار ایجاد شده بر اساس ضخامت لایه نیکل ـ کروم تعیین می‌شود. از این پنل‌ها برای تعیین میزان حساسیت سیستم‌های نافذ فلورسنت و مرئی استفاده می‌شود.

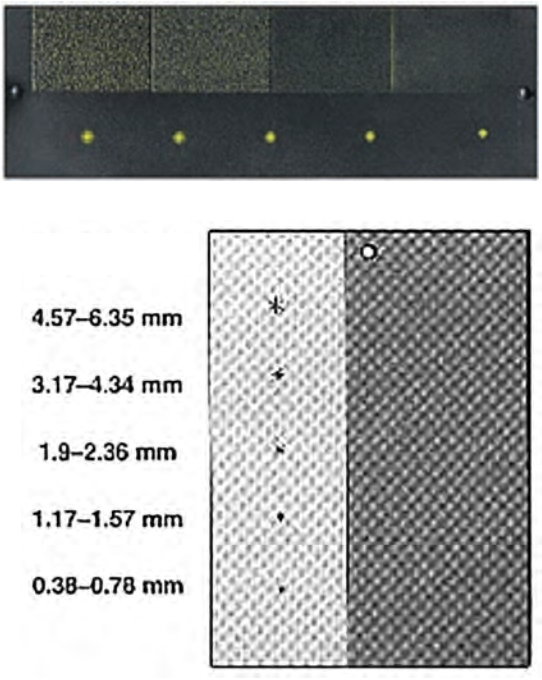



شکل ۱۶

## قطعات استاندارد پایش آزمایش

برای شناسایی تغییرات اساسی در سیستم‌های فلورسنت و مرئی و سیستم‌های قابل شست‌وشو با آب و امولسیون شونده استفاده نمود. معمولاً با هر تغییری از ورقه پایش سیستم مایع نافذ برای بررسی کارایی سیستم استفاده می‌شود. ورقه پایش از جنس فولاد زنگ‌نزن به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰×۲/۵mm که نصف آن روکش کرومی بوده شامل ۵ ترک به اندازه‌های متفاوت (قطر ۳، ۳/۵، ۴، ۴/۵ و ۵/۵ میلی‌متر) که برای ارزیابی حساسیت استفاده می‌شود.

طبق استاندارد DIN EN ISO ۳۴۵۲_۳ بلوک مرجع دارای چهار عمق ترک ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ میکرومتر می‌باشد (شکل ۱۷).




شکل ۱۷

## کنترل کیفیت مواد آزمون

مواد مصرفی شامل مایعات نافذ، آشکارسازها و تمیزکننده‌ها، پس از تأمین باید براساس الزامات کدهای ساخت و استانداردهای مرجع مورد ارزیابی قرار گیرند. تمامی موارد باید در شرایطی نگهداری شوند که از هرگونه آلودگی، تخریب شیمیایی، تبخیر حلال‌ها و تغییر خواص فیزیکی ناشی از دما یا تابش مستقیم نور محفوظ باشند.

علاوه‌بر کنترل‌های اولیه، آزمایش‌های دوره‌ای عملکرد جهت اطمینان از حساسیت و کیفیت مایع نافذ در حین استفاده الزامی است. ضوابط دقیق مربوط به نحوه نمونه‌برداری، بازه زمانی بازرسی مواد و معیارهای پذیرش عملکرد، باید مطابق با دستورالعمل‌های کنترل کیفی و مشخصات فنی پروژه تدوین و اجرا گردد.

نکات زیست‌محیطی

مایعات نافذ قابل شست‌وشو با آب به دو دلیل، دوست‌دار محیط‌زیست شناخته می‌شوند.
- کاهش آلودگی خاک و آب به دلیل عدم نیاز به حلال‌های شیمیایی هالوژنه و نفتی برای پاک‌سازی سطح قطعه.
- حفظ سلامت بازرس با کاهش خطر اشتعال، حساسیت‌های پوستی و استنشاق بخارات شیمیایی زیان‌آور در فضای بسته.

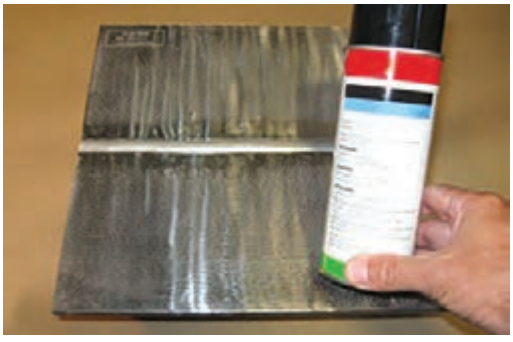
بازرسی با مایعات نافذ دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشد که در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳

| مزایا | محدودیت‌ها |
|---|---|
| حساسیت زیاد به ناپیوستگی‌های ریز سطحی | فقط شناسایی ناپیوستگی‌هایی باز به سطح |
| بازرسی انواع فلزات آهنی و غیرآهنی و سایر مواد | عدم بازرسی مواد با ساختار متخلخل |
| توانایی در بازرسی سطوح پیچیده | مضر برای چشم و پوست |
| قیمت ارزان | بزرگ نمایی عیب |
| قابل حمل و جابه‌جایی آسان | ایجاد خوردگی، در صورت باقی ماندن روی قطعه |

■ دستورالعمل اجرایی آزمون مایعات نافذ، در جدول ۴ آورده شده است

جدول ۴

| شرح مراحل آزمون | شکل |
|---|---|
| **تمیزی قطعه**، شامل عملیات مکانیکی(استفاده از برس سیمی و وایربرس) یا تمیزکاری شیمیایی (پاک کردن با دستمال تمیز آغشته به پاک‌کننده) می‌باشد. سطح جوش باید عاری از رنگ، روغن، گریس، زنگ‌زدگی و سرباره باشد و زبری آن به اندازه‌ای نباشد که مانع از پاک شدن کامل مایع نافذ اضافی شود. |  |
| **اعمال مایع نافذ**، معمولاً با استفاده از قوطی‌های افشانه (اسپری تحت‌فشار)، قلم‌مو یا غوطه‌وری بر روی سطح اتصال جوش، پوشش دهی به‌صورت کامل اعمال می‌شود. |  |

| شرح مراحل آزمون | شکل |
| --- | --- |
| ☐ **زمان نفوذ،** پس از اعمال مایع نافذ باید زمان لازم در نظر گرفته شود تا مایع بر اثر خاصیت مویینگی به عمق ترک‌ها و حفرات سطحی کشیده شود. این مدت‌زمان با توجه به نوع قطعه و جنس مایع، معمولاً بین ۵ تا ۳۰ دقیقه است.، در طول این مدت، سطح قطعه هرگز نباید خشک شود، در صورت خشک‌شدن باید مایع نافذ تجدید گردد. |  |
| ☐ **پاک‌سازی مایع نافذ اضافی،** باید با پارچه‌های تمیز، خشک و بدون پرز پاک شود تا کاملاً تمیز شود.<br>پاک‌کننده باید روی یک پارچه تمیز، خشک و بدون پرز دیگر اسپری شود و دوباره قطعه را به شدت مالش داد تا هیچ مایع نافذی روی پارچه قابل مشاهده نباشد. |  |
| ☐ **ارزیابی نشانه‌ها،** سطح قطعه باید دقیقاً در بازه زمانی تعیین‌شده در دستورالعمل اجرایی بازرسی ارزیابی شود. با گذشت زمان، مایع نافذ بیشتری از درون ناپیوستگی به لایه آشکارساز تراوش کرده و پدیده پخش‌شدگی رخ می‌دهد. این امر سبب بزرگ‌تر شدن اندازه نشانه و در نتیجه، مردود شدن غیراصولی یک نشانه مجاز می‌گردد. |  |
| ☐ **تمیزکاری نهایی،** آخرین مرحله در فرایند بازرسی با مایع نافذ، تمیزکاری کامل سطح قطعه از ماده آشکارساز و مایع نافذ است. با توجه به اینکه ترکیبات شیمیایی موجود در مواد آزمون می‌توانند در طول زمان موجب بروز خوردگی، زنگ‌زدگی و افت خواص مکانیکی قطعه شوند، زدودن کامل آنها پس از اتمام ارزیابی الزامی است. این کار معمولاً با استفاده از شست‌وشو با آب و حلال پاک‌کننده مناسب انجام می‌شود. |  |

نکات فنی

- محدوده دمایی استاندارد اجرای آزمون مایع نافذ بین ۱۰ تا ۵۲ درجه سانتی‌گراد است.
- در صورت استفاده از سنگ‌زنی، سنباده‌کاری یا برس‌سیمی، عملیات باید بسیار ملایم انجام شود تا از مسدود شدن دهانه ناپیوستگی‌ها و ترک‌های ریز سطحی جلوگیری به عمل آید. (در صورت لزوم پس از تمیزکاری مکانیکی، اسیدشویی ملایم یا اچ‌کاری توصیه می‌شود).
- زمان نفوذ متناسب با نوع ناپیوستگی، جنس قطعه و دمای محیط تعیین می‌شود. در دماهای پایین‌تر، این زمان افزایش می‌یابد. در تمام طول زمان نفوذ، سطح اتصال باید همواره خیس و مرطوب به مایع نافذ باقی بماند.
- پاک‌کننده به‌صورت مستقیم روی سطح قطعه اسپری نشود. زیرا باعث خروج مایع نافذ از درون منافذ شده و عیب نمایان نمی‌شود.
- از کشیدن شدید پارچه روی سطح خودداری کنید. پاک‌کردن باید ملایم و ترجیحاً در یک جهت انجام شود.
- لایه آشکارساز نباید بیش از حد ضخیم اعمال شود. زیرا ضخامت زیاد باعث پنهان ماندن ترک‌های ظریف خواهد شد.
- اسپری کردن آشکارساز باید قبل از نقطه شروع آزمایش باشد تا فشار اولیه اسپری باعث مسدود شدن ناپیوستگی نشود
- پاشش اسپری باید از فاصله حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری و با حرکات پیوسته در یک جهت اعمال شود تا لایه‌ای مه مانند و یکنواخت تشکیل گردد.

کار کلاسی

با توجه به موارد داده شده، جدول را کامل کنید.

| مراحل | شکل | هدف | روش |
|---|---|---|---|
| تمیزکاری سطح |  | ..... | تمیزکاری مکانیکی، شیمیایی، آب صابون |
| ..... |  | نفوذ مایع درون ناپیوستگی‌ها | اسپری، غوطه‌وری، با قلم‌مو |
| زمان اسکان |  | ..... | ..... |
| حذف مایع نافذ اضافی |  | ..... | شست‌وشو با آب یا حلال |

| مراحل | شکل | هدف | روش |
|---|---|---|---|
| اعمال آشکارساز |  | ..... | آشکارساز تر یا خشک |
| ..... |  | بررسی علائم ظاهرشده | چشمی، ذره بین، نورفرابنفش، گزارش نویسی |

مسئله مهم در بازرسی مایعات نافذ درست انتخاب کردن روش بازرسی است. عوامل مؤثر در انتخاب یک روش حساسیت مورد نیاز کار، تعداد قطعات، حجم قطعات و کیفیت سطح می‌باشند.

کار کلاسی

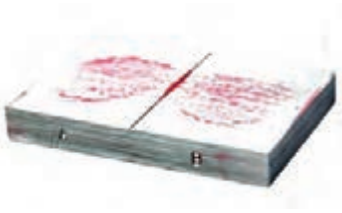
با توجه به موارد داده شده جدول را تکمیل نمایید.

| نوع | تکنیک بازرسی |
|---|---|
| قطعات فولادی جوشکاری شده با سازه معمولی و سطوح پیچیده | ..... |
| دو قطعه کوچک روی یک دستگاه در حال سرویس‌دهی با حساسیت کم | ..... |
| جوش‌های مخازن تحت فشار | ..... |

## تجهیزات و مواد مصرفی بازرسی

مواد مصرفی و تجهیزات مورد استفاده برای آزمون مایع نافذ در جدول ۵ آورده شده است.

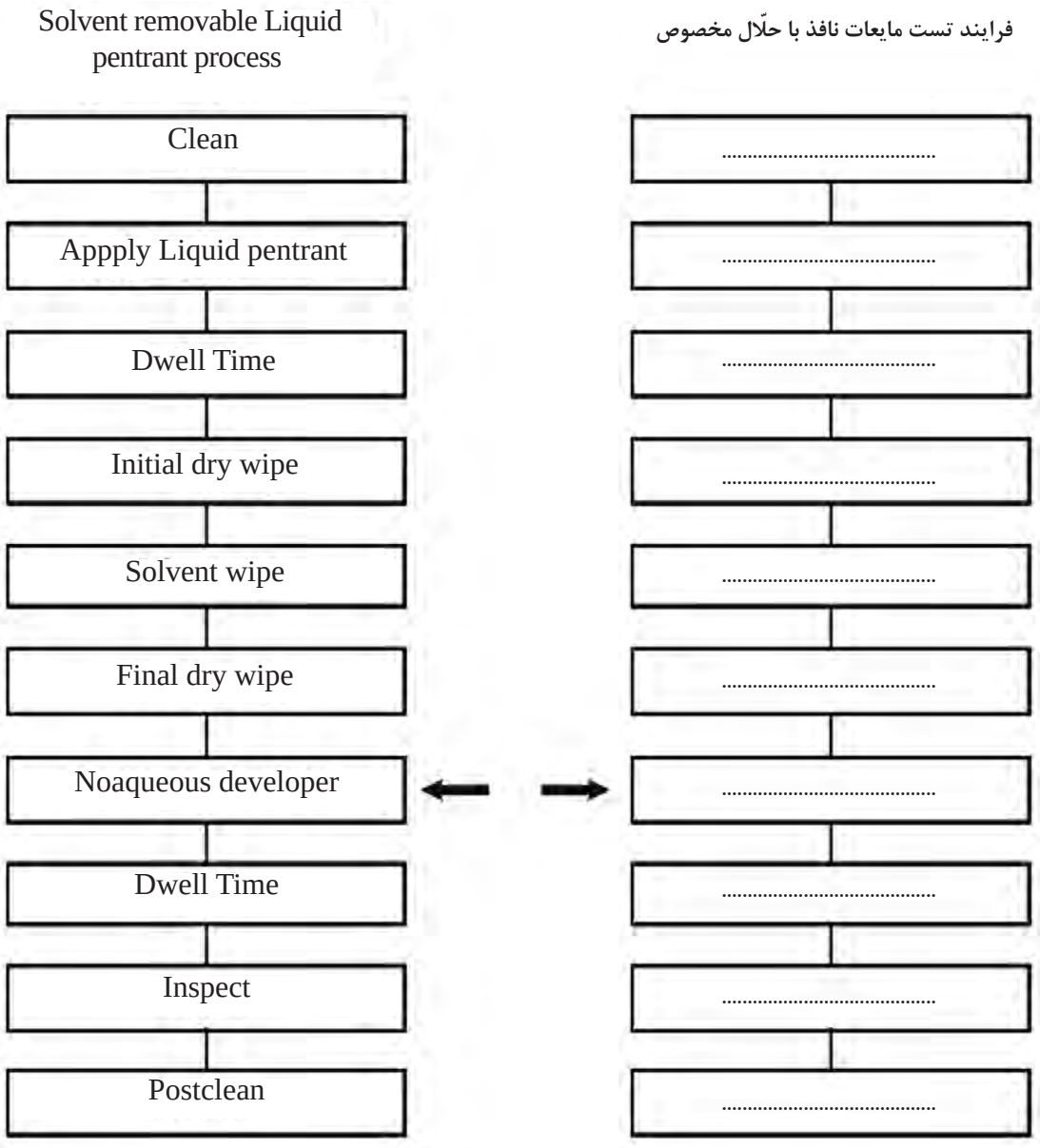
| جدول ۵ | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| اسپری نافذ قرمز رنگ | اسپری تمیزکننده | اسپری آشکار ساز |

| جدول ۵ | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| نورسنج فرابنفش<br>اندازه‌گیری شدت نور فرابنفش | چراغ فرابنفش/ UV<br>تابش نور فرابنفش | نورسنج نور مرئی<br>اندازه‌گیری شدت نور مرئی |
|  |  |  |
| ذره بین | مارکر | قلم‌مو |
|  |  |  |
| تست بلوک مقایسه‌ای | مایع نافذ فلورسنت | شابلون اندازه‌گیری |

نکته

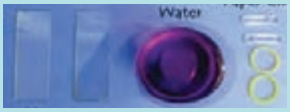
در هنگام خریداری مواد نافذ دقت شود که از شرکت‌های معتبر دارای کد استاندارد باشند.

نمودار مراحل بازرسی با مواد نافذ از نوع قابل شست‌وشو با حلال در شکل ۱۸ نشان داده شده است.




شکل ۱۸

کارکارگاهی










☐ **انجام آزمایش خاصیت مویینگی**

آزمایش یک بار به کمک آب رنگ شده با جوهر و یک بار با روغن سوخته

☐ **مراحل انجام کار**

☐ تهیه تجهیزات مورد نیاز

☐ قرار دادن لام‌های شیشه‌ای روی یکدیگر

☐ گیره زدن لام‌های شیشه ای

☐ قرار دادن لام در آب رنگی

☐ قرار دادن لام در روغن سوخته

☐ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی

## ☐ تست جوش اتصال لب به لب به روش مایع نافذ زیر نور مرئی





### ☐ مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی و تمیزکاری اولیه سطح اتصال و ناحیه مجاور
- ☐ اعمال مایع نافذ روی سطح جوش و منطقه متأثر از حرارت
- ☐ رعایت زمان اسکان متناسب با نوع ماده نافذ و دمای قطعه
- ☐ پاک‌سازی اولیه مایع نافذ اضافی از روی سطح با پارچه تمیز
- ☐ پاک‌سازی نهایی سطح با پارچه آغشته به حلال
- ☐ اعمال مایع آشکار ساز به صورت لایه نازک و یکنواخت
- ☐ بازرسی و تفسیر نتایج با استفاده از نور استاندارد
- ☐ تمیزکاری نهایی سطح قطعه پس از اتمام بازرسی

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

**ابزار و تجهیزات موردنیاز**

| ردیف | وسایل | تعداد |
|---|---|---|
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و ماسک تنفسی استفاده کنید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارگاهی



## ☐ تست جوش اتصال سه‌پری به روش‌مایع نافذ زیر نور مرئی

### ☐ مراحل انجام کار

☐ آماده‌سازی و تمیزکاری اولیه سطح اتصال و ناحیه مجاور
☐ اعمال مایع نافذ روی سطح جوش و منطقه متأثر از حرارت
☐ رعایت زمان اسکان متناسب با نوع ماده نافذ و دمای قطعه
☐ پاک‌سازی اولیه مایع نافذ اضافی از روی سطح با پارچه تمیز
☐ پاک‌سازی نهایی سطح با پارچه آغشته به حلال
☐ اعمال مایع آشکارساز به صورت لایه نازک، یکنواخت
☐ بازرسی و تفسیر نتایج با استفاده از نور استاندارد
☐ تمیزکاری نهایی سطح قطعه پس از اتمام بازرسی

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

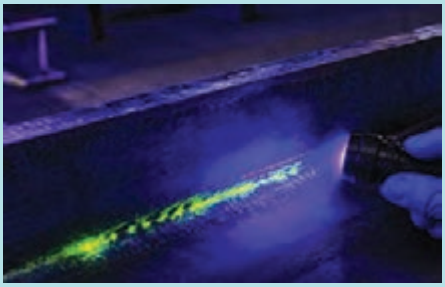
نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و ماسک تنفسی استفاده کنید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی



## ☐ تست خط جوش اتصال سپری به روش مایع نافذ زیر نور فرابنفش

### ☐ مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی و تمیزکاری اولیه سطح اتصال و ناحیه مجاور
- ☐ اعمال مایع نافذ فلورسنت روی سطح جوش و منطقه متأثر از حرارت
- ☐ رعایت زمان اسکان
- ☐ پاک‌سازی مایع نافذ اضافی
- ☐ استفاده از نور فرابنفش در محیط استاندارد
- ☐ بازرسی و تفسیر نتایج
- ☐ تمیزکاری نهایی سطح قطعه پس از اتمام بازرسی

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و ماسک تنفسی استفاده کنید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارگاهی



☐ **تست جوش لوله ۴ اینچ به روش مایع نافذ زیر نور مرئی**

☐ **مراحل انجام کار**

☐ آماده‌سازی و تمیزکاری اولیه سطح اتصال و ناحیه مجاور

☐ اعمال مایع نافذ روی سطح جوش و منطقه متأثر از حرارت

☐ رعایت زمان اسکان متناسب با نوع ماده نافذ و دمای قطعه

☐ پاک‌سازی اولیه مایع نافذ اضافی از روی سطح با پارچه تمیز

☐ پاک‌سازی نهایی سطح با پارچه آغشته به حلال

☐ اعمال مایع آشکارساز به صورت لایه نازک، یکنواخت

☐ بازرسی و تفسیر نتایج با استفاده از نور استاندارد

☐ تمیزکاری نهایی سطح قطعه پس از اتمام بازرسی

☐ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات موردنیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش و عینک، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هر گونه حادثه را به هنرآموز یا سرپرست کارگاه گزارش دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

# شایستگی ارزشیابی بازرسی جوش با مایعات نافذ

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | با رعایت الزامات ایمنی، دستورالعمل‌های فنی عملیات بازرسی مایع نافذ بر روی قطعات را اجرا و آماده‌سازی سطح، اعمال مایع نافذ، زمان نفوذ، پاک‌سازی سطح، استفاده از آشکارساز و مشاهده عیوب احتمالی را مطابق استانداردهای مربوط انجام داده و نتایج اولیه را به‌درستی ثبت کند. | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۴۱ | کار | بازرسی جوش مایع نافذ | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی قطعه و تجهیزات | میز کار و گیره نگهدارنده قطعه، چراغ یا منبع نور مناسب، عینک و تجهیزات حفاظت فردی، خط‌کش فلزی و متر، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۵۰ | مشاهده کار (چک‌لیست مشاهده عملکرد) | آماده‌سازی تجهیزات و قطعات برابر معیارها | ۳ | |
| | | | | آماده‌سازی قطعات برابر معیارها | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی قطعه | ۱ | |
| ۲ | تست مایع‌نافذ | چراغ یا منبع نور مناسب، عینک و تجهیزات حفاظت فردی، ست اسپری مایع نافذ، لامپ uv، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح، مارکر، ماسک تنفسی، فرچه رنگ، پارچه تنظیف<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۶۰ | آزمون عملکردی (همراه با مشاهده مستقیم فرایند بازرسی) | اجرای دقیق، اصولی و کامل بازرسی مایع نافذ برابر چک‌لیست | ۳ | |
| | | | | اجرای قابل قبول بازرسی برابر چک‌لیست | ۲ | |
| | | | | ناتوانی دراجرای مایع نافذ | ۱ | |
| ۳ | ثبت نتایج | مارکر، فرم ثبت بازرسی و نوشت‌افزار<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (ارزیابی مستندات) | ثبت دقیق نتایج و تمیزکاری سطح قطعه | ۳ | |
| | | | | ثبت نتایج | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در ثبت نتایج | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ تفسیر اطلاعات<br>ـ پای‌بندی به دستورالعمل‌ها و استانداردهای بازرسی<br>ـ رعایت کار با مواد شیمیایی<br>ـ مدیریت مواد مصرفی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |
| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | | | | | بلی ☐ | |
| | | | | | خیر ☐ | |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# واحد یادگیری ۲

## تفسیر و گزارش‌نویسی نتایج آزمون مایعات نافذ (PT)

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- ثبت دقیق اطلاعات آزمون (اجرای آزمون، نوع نوربازرسی، آشکارساز و...) در فرم، به اندازهٔ خود آزمون اهمیت دارد.
- در گزارش بازرسی باید اطلاعات لازم مانند نوع و محل عیب و نتیجه آزمون برای کارفرما یا ناظر درج شود.
- نادیده گرفتن عیوب جوش و نصب و راه‌اندازی، خطر جدی برای ایمنی و محیط‌زیست به دنبال دارد.
- برای تفسیر صحیح نشانه‌ها در تست مایع نافذ، باید از استانداردهای مرتبط با عیوب جوش استفاده کرد.
- تعیین نوع و محل عیب با اتکا به مستندات فنی الزامی بوده و نباید تحت تأثیر حدس و گمان‌های فردی قرار گیرد.
- در آزمون مایع نافذ، سطح قطعه باید از رنگ، زنگ، روغن و آلودگی تمیز شود تا نشانه عیب به‌درستی آشکار گردد.
- ثبت اطلاعات تجهیزات و مواد مصرفی آزمون در فرم‌های گزارش نویسی تأثیر زیادی در صحت آزمون دارد.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، پس از اتمام واحد و کسب شایستگی لازم، نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مایع نافذ را بر اساس فرم‌های استاندارد ثبت و بررسی کرده، علائم و نشانه‌های مشاهده‌شده را تفسیر نموده و با تحلیل داده‌ها، نوع و محل عیوب احتمالی را تشخیص دهند و گزارش نهایی و نتیجه آزمون را به‌طور صحیح تکمیل نمایند.

## گزارش آزمون مایع نافذ

آزمون مایع نافذ Penetrant Testing یا PT یکی از روش‌های آزمون‌های غیرمخرب است که برای آشکارسازی ناپیوستگی‌های باز به سطح، مانند ترک، تخلخل باز به سطح و برخی عیوب سطحی در قطعات به‌کار می‌رود. در این آزمون، نتیجه بررسی تنها با مشاهده قطعه پایان نمی‌یابد؛ بلکه یافته‌های حاصل از آزمون باید به‌صورت دقیق و قابل پیگیری ثبت شوند.

گزارش آزمون، سندی فنی است که اطلاعات مربوط به قطعه مورد آزمون، شرایط انجام آزمون، روش مورد استفاده، مشاهدات، نشانه‌های مشاهده‌شده و نتیجه نهایی ارزیابی را در خود ثبت می‌کند. بنابراین، گزارش آزمون باید به گونه‌ای تهیه شود که شخص دیگری نیز بتواند با مطالعه آن، اطلاعات اصلی آزمون انجام‌شده را به‌درستی درک و پیگیری کند.

جزئیات فرم ممکن است بر اساس استاندارد، مشخصات فنی پروژه، دستورالعمل بازرسی یا نظام مستندسازی سازمان متفاوت باشد. اما اطلاعات اصلی مورد نیاز در بیشتر گزارش‌ها مشابه است. فرم گزارش، سندی شامل اطلاعات زیر است که ساختار آن در جدول ۶ آورده شده است.

**جدول ۶**



## 6 نشانه‌های مشاهده شده Recorded Indications

| شماره (ID) | محل نشانه (به عنوان ساعت یا فاصله از مبدا مرجع) | ابعاد نشانه | | | جهات | جهت نشانه (خطی / گرد / نامنظم) | نوع نشانه (مرتبط / غیرمرتبط) | تفسیر / ماهیت احتمالی | یادداشت / توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | طول | عرض | عمق | | | | | |
| I-01 | | | | | | | | | |
| I-02 | | | | | | | | | |
| I-03 | | | | | | | | | |
| I-04 | | | | | | | | | |
| I-05 | | | | | | | | | |
| ... | | | | | | | | | |

## 7 معیار پذیرش Acceptance Criteria

استاندارد / مشخصه فنی : _____

شماره بند / جدول / ردیف مربوطه : _____

حد مجاز اندازه : _____

حد مجاز تعداد : _____

حد مجاز فاصله بین نشانه‌ها : _____

سایر الزامات : _____

روش ارزیابی : ☐ اندازه نشانه ☐ تعداد نشانه ☐ سایر : _____

## 8 نتیجه ارزیابی Evaluation Result

| شماره (ID) | نتیجه ارزیابی (قابل قبول / غیر قابل قبول) | توضیحات |
|---|---|---|
| I-01 | | |
| I-02 | | |
| I-04 | | |
| I-04 | | |
| I-05 | | |
| ... | | |

**نتیجه نهایی آزمون**
**Overall Test Result**

☐ (ACCEPT / ACCEPTABLE)

☐ غیرقابل قبول
(REJECT / NOT ACCEPTABLE)

توضیحات کلی : _____

## 9 تأیید گزارش Report Approval

نام نام خانوادگی تأییدکننده : _____

سمت / عنوان : _____

شماره گواهینامه : _____

تاریخ تأیید : _____ / _____ / _____

امضا : _____ مهر (در صورت وجود)

بازرس باید توجه داشته باشد که فرم گزارش صرفاً محلی برای نوشتن نتیجه «قبول» یا «رد» نیست. بلکه مجموعه‌ای از اطلاعات فنی است که روند انجام آزمون و نتیجه آن را مستند می‌کند.
گزارش آزمون PT باید دقیق، روشن، خوانا، کامل و قابل پیگیری باشد. از نوشتن عبارت‌های مبهم مانند «مشکل ندارد»، «خوب است» یا «عیبی دیده نشد» بدون مشخص کردن محدوده و اطلاعات لازم خودداری شود.
یک گزارش فنی مناسب باید به‌گونه‌ای نوشته شود که فرد دیگری بتواند با مطالعه آن، قطعه، محل آزمون، روش انجام آزمون، یافته‌ها و نتیجه ارزیابی را به‌درستی شناسایی کند.

## نشانه‌ها در آزمون مایع نافذ

در آزمون مایع نافذ، پس از آماده‌سازی سطح، اعمال مایع نافذ، زمان لازم برای نفوذ، پاک‌سازی سطح و اعمال ظاهرکننده، در محل برخی ناپیوستگی‌های باز به سطح، مایع نافذ باقی‌مانده و در سطح قطعه به‌صورت یک نشانه (Indication) ظاهر می‌شوند. مشاهده یک نشانه به‌تنهایی به معنی وجود قطعی یک عیب نیست؛ زیرا برخی شرایط سطح، آلودگی‌ها، شکل هندسی قطعه یا اجرای نامناسب آزمون نیز می‌توانند باعث ایجاد نشانه شوند.
در مرحله مشاهده، نباید فوراً درباره سالم یا معیوب بودن قطعه تصمیم گرفت؛ بلکه باید نشانه را دقیق، منظم و بدون ابهام مشاهده و ثبت نمود. مشاهده، ثبت و تفسیر نشانه‌ها سه مرحله متفاوت اما مرتبط در آزمون PT هستند.

## انواع نشانه

نشانه‌های حاصل از آزمون PT از نظر شکل، اندازه، جهت، شدت و پراکندگی با یکدیگر متفاوت هستند. از نظر شکل ظاهری، نشانه‌ها به‌صورت خطی، گرد یا نقطه‌ای، بیضوی، نامنظم، منفرد یا گروهی از نشانه‌ها ظاهر می‌شوند.

توجه کنید

شکل ظاهری نشانه به تنهایی برای تعیین نوع عیب کافی نیست. تفسیر نشانه باید با توجه به شرایط آزمون، وضعیت سطح، محل نشانه، شکل و سایر اطلاعات فنی انجام شود.

از نظر ارتباط با ناپیوستگی نیز نشانه‌ها را می‌توان در مرحله تفسیر به نشانه‌های مرتبط و غیرمرتبط تقسیم کرد. نشانه مرتبط می‌تواند ناشی از یک ناپیوستگی واقعی باشد، در حالی که نشانه غیرمرتبط ممکن است در اثر عواملی مانند شرایط سطح، هندسه قطعه یا باقی‌ماندن مواد آزمون ایجاد شده باشد و نباید صرفاً بر اساس مشاهده یک لکه یا خط، آن را بلافاصله عیب نامید.

## روش مشاهده و ثبت نشانه‌ها

مشاهده نشانه‌ها باید با دقت و در شرایط مناسب انجام شود. نور محیط یا شرایط مشاهده باید مطابق روش اجرایی آزمون باشد و سطح قطعه تا حد امکان به گونه‌ای باشد که نشانه‌ها به‌وضوح دیده شوند. هنگام مشاهده، ابتدا باید کل محدوده مورد آزمون بررسی شود. سپس محل، شکل، اندازه، جهت، تعداد، پراکندگی و وضعیت ظاهری نشانه‌ها، مورد توجه قرار گیرند. ثبت این اطلاعات باعث می‌شود مرحله تفسیر با دقت بیشتری انجام شود.

## تعیین محل نشانه

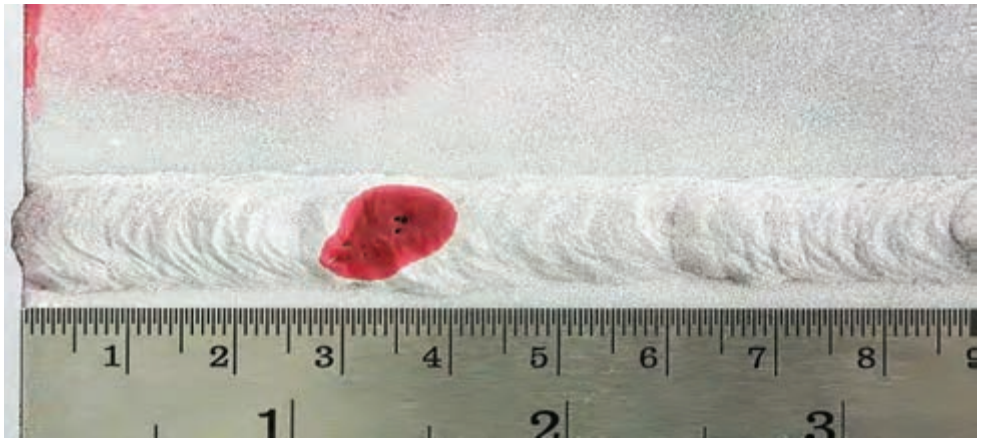
محل نشانه باید به کمک یک مرجع مشخص روی قطعه تعیین شود. این مرجع می‌تواند شامل مواردی مانند شماره قطعه، شماره جوش، سمت یا وجه قطعه، فاصله از یک لبه یا نقطه مرجع، موقعیت نسبت به خط جوش و یا شماره ناحیه مورد آزمون باشد. به جای نوشتن «یک نشانه روی جوش مشاهده شد»بهتر است محل آن به شکل دقیق ثبت شود. در مرحله مشاهده بهتر است اطلاعات قابل مشاهده مانند نشانه‌های خطی با طول تقریبی بر حسب میلی‌متر، مکان و جهت آنها نسبت به محور جوش ثبت شوند و در مرحله تفسیر و ارزیابی، ماهیت احتمالی نشانه‌ها بررسی شود.

## ثبت دقیق و منظم مشاهدات

گزارش باید به گونه‌ای تهیه شود که اگر فرد دیگری در زمان دیگری آن را مطالعه کرد، بتواند محل و مشخصات نشانه مشاهده‌شده را به‌درستی درک کند. ثبت ناقص یا مبهم باعث خواهد شد که محل نشانه به‌درستی شناسایی نشوند، امکان بررسی مجدد از بین برود، مقایسه نتایج آزمون‌ها دشوار شود، تصمیم‌گیری درباره پذیرش قطعه با مشکل مواجه شود و سوابق کنترل کیفیت ناقص شوند. در بازرسی، حتی یک نشانه کوچک نیز ممکن است اهمیت داشته باشد. بنابراین نباید نشانه‌ها صرفاً به دلیل کوچک بودن یا کم‌رنگ بودن نادیده گرفته شوند. ابتدا باید نشانه ثبت و سپس مطابق دستورالعمل و معیار پذیرش، درباره آن تصمیم‌گیری شود.

کار کلاسی

بر روی یک قطعه جوشکاری‌شده آزمون PT صورت گرفته است. با توجه به نشانه ظاهر شده موارد زیر را ثبت کنید.



| محل | شکل | نوع | اندازه | تعداد |
|---|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

نتیجه .....

## تحلیل نشانه‌ها

پس از آنکه نشانه‌های حاصل از آزمون مایع نافذ به‌درستی مشاهده، ثبت و تفسیر شدند، مرحله بعدی تحلیل نشانه‌ها و بررسی ارتباط احتمالی آنها با ناپیوستگی‌های سطحی است. در این مرحله، بازرس اطلاعات ثبت‌شده را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد و با توجه به شکل، اندازه، جهت، محل و الگوی نشانه، درباره ماهیت احتمالی آن بررسی بیشتری انجام می‌دهد.

تحلیل نشانه‌ها به معنای نام‌گذاری سریع یک نشانه به عنوان «عیب» نیست؛ بلکه فرایندی برای شناخت بهتر نشانه و ارتباط دادن ویژگی‌های آن با شرایط واقعی قطعه و فرایند تولید است. تصمیم نهایی درباره پذیرش یا رد قطعه نیز باید در مرحله ارزیابی و بر اساس معیار پذیرش تعیین‌شده انجام شود.

## الگوی نشانه‌ها

یک نشانه ممکن است به‌صورت منفرد، گروهی، خطی، پراکنده یا متمرکز در یک ناحیه ظاهر شود. یک نشانه

منفرد نقطه‌ای با مجموعه‌ای از نشانه‌های متعدد که در یک محدوده مشخص قرار گرفته‌اند، الزاماً مفهوم یکسانی ندارند. همچنین مجموعه‌ای از نشانه‌های خطی که در امتداد مشخصی قرار گرفته‌اند، ممکن است نیازمند بررسی بیشتری باشند. در تحلیل الگوی نشانه‌ها باید به موارد زیر توجه کرد:

- نشانه منفرد است یا چند نشانه در کنار یکدیگر قرار دارند.
- نشانه‌ها در یک ناحیه متمرکز هستند یا پراکنده‌اند.
- نشانه‌ها در امتداد خط جوش یا در کنار آن قرار گرفته‌اند.
- فاصله نشانه‌ها از یکدیگر چگونه است.
- شکل و جهت چند نشانه چگونه است.

با این حال، الگوی نشانه‌ها به‌تنهایی برای تعیین قطعی نوع ناپیوستگی کافی نیست و باید سایر شرایط نیز بررسی شوند.

### ارتباط شکل و جهت نشانه

در قطعات جوشکاری‌شده، جهت نشانه ممکن است در امتداد خط جوش، عمود بر آن یا با زاویه‌ای نسبت به آن باشد. بنابراین، باید نشانه را از نظر شکل، جهت، محل، اندازه و الگوی قرارگیری بررسی نمود. اما باید به خاطر داشت که شکل ظاهری نشانه، سرنخ تشخیصی است؛ نه دلیل قطعی برای تعیین نوع ناپیوستگی. تشخیص نهایی باید با توجه به دستورالعمل آزمون، شرایط قطعه و سایر مدارک فنی انجام شود.

### موقعیت نشانه

در قطعات جوشکاری‌شده، موقعیت نشانه می‌تواند نسبت به سطح جوش، خط ذوب، ناحیه مجاور جوش، فلز پایه، لبه قطعه یا سایر نقاط مرجع تعیین شود. در صورت استفاده از نقشه، کروکی یا تصویر قطعه، می‌توان محل نشانه را روی آن مشخص کرد. این روش به‌ویژه زمانی اهمیت دارد که قطعه دارای چندین ناحیه مورد آزمون باشد.

توجه کنید

آزمون PT عمدتاً اطلاعات مربوط به ناپیوستگی‌های باز به سطح را فراهم می‌کند. بنابراین، محل نشانه لزوماً بیانگر شکل یا عمق کامل ناپیوستگی در داخل قطعه نیست.

### اندازه و گستردگی نشانه

بسته به نوع نشانه، باید طول، عرض، قطر یا سایر ابعاد قابل اندازه‌گیری آن را تعیین کرد. علاوه بر اندازه، گستردگی نشانه‌ها نیز باید بررسی شود. ممکن است یک نشانه کوچک و منفرد باشد یا چندین نشانه در یک محدوده مشخص از قطعه مشاهده شوند. برخی معیارهای پذیرش، علاوه بر نوع و اندازه نشانه، به تعداد، فاصله و نحوه قرارگیری نشانه‌ها نیز توجه دارند. بنابراین، ثبت عباراتی مانند نشانه بزرگ است یا نشانه زیاد است مناسب نیست. تا حد امکان باید مشخصات نشانه با اندازه یا توصیف فنی روشن و قابل فهم ثبت شود.

### محدودیت‌های آزمون PT در شناسایی عیوب

مهم‌ترین محدودیت این است که این روش عمدتاً برای آشکارسازی ناپیوستگی‌های باز به سطح مناسب است. اگر ناپیوستگی کاملاً در داخل قطعه قرار داشته باشد و به سطح راه نداشته باشد، با آزمون PT قابل آشکارسازی نیست. همچنین کیفیت سطح قطعه می‌تواند بر نتیجه آزمون تأثیر بگذارد. زبری زیاد، آلودگی، پوشش سطحی نامناسب، روغن، گریس، رنگ یا سایر موادی که مانع تماس مناسب مواد آزمون با سطح شوند، می‌توانند قابلیت

آشکارسازی را کاهش دهند. از سوی دیگر، شرایط هندسی قطعه نیز اهمیت دارد. گوشه‌ها، شیارها، حفره‌ها و تغییرات ناگهانی شکل سطح ممکن است باعث تجمع مواد آزمون و ایجاد نشانه‌های غیرمرتبط شوند. اجرای نادرست مراحل آزمون، مانند آماده‌سازی نامناسب سطح، پاک‌سازی ناکافی یا نامناسب و رعایت نکردن الزامات روش اجرایی، می‌تواند بر نتیجه اثر بگذارد. بنابراین، نمی‌توان نتیجه آزمون را بدون توجه به شرایط اجرای آزمون، وضعیت سطح، نوع قطعه و روش آزمون، مورد استفاده تفسیر کرد.

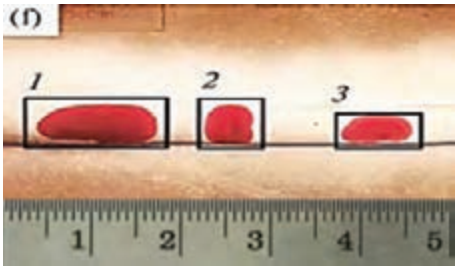
نکته

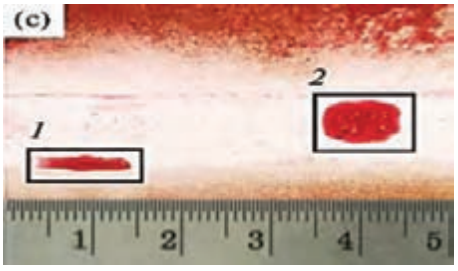
هر روش آزمون غیرمخرب برای شناسایی نوع خاصی از ناپیوستگی‌ها مناسب است.

انتخاب روش آزمون به عواملی مانند جنس قطعه، نوع ناپیوستگی مورد جست‌وجو، شکل و ابعاد قطعه، وضعیت سطح و الزامات فنی بستگی دارد. از این رو، بازرس نباید از یک روش آزمون انتظار داشته باشد که تمام انواع ناپیوستگی‌های موجود در یک قطعه را شناسایی کند.

کار کلاسی

با توجه به تصویر داده شد با آزمون PT اتصال جوشکاری‌شده موارد زیر را بررسی و ثبت نمایید.




| ریشه | | | سطح رویه | | |
|---|---|---|---|---|---|
| شماره نشانه رویه | شکل نشانه | محل قرارگیری | اندازه | جهت نشانه | |
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| شماره نشانه ریشه | | | | | |
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

کدام داده برای تحلیل نشانه‌ها قابل استفاده است و کدام نتیجه‌گیری نیازمند بررسی بیشتر و معیار پذیرش است.

نتیجه: .....

## ارزیابی و تصمیم‌گیری

ارزیابی نشانه به فرایند بررسی و مقایسه یک نشانه تفسیرشده با الزامات و معیار پذیرش مربوط گفته می‌شود. بازرس اطلاعاتی مانند نوع یا ماهیت احتمالی ناپیوستگی، شکل، اندازه، تعداد، محل، جهت و گستردگی نشانه را بررسی می‌کند و آنها را با معیار پذیرش تعیین‌شده برای قطعه مقایسه می‌نماید.

ممکن است پس از تفسیر یک نشانه مشخص شود که آن نشانه با یک ناپیوستگی سطحی مرتبط است. در این حالت هنوز نمی‌توان فقط با مشاهده آن گفت که قطعه مردود است. بلکه باید مشخص شود که ناپیوستگی از نظر اندازه، موقعیت، تعداد یا سایر ویژگی‌های تعیین‌شده در محدوده مجاز قرار دارد و نتیجه با معیار پذیرش مطابقت می‌کند. ثبت نتایج آزمون اهمیت زیادی دارد؛ زیرا حافظه افراد یا مشاهده مستقیم قطعه نمی‌تواند جایگزین یک سند مکتوب و قابل استناد شود. گزارش مناسب، امکان پیگیری نتایج، مقایسه آزمون‌ها، بررسی سوابق قطعه، کنترل کیفیت و تصمیم‌گیری فنی را فراهم می‌کند. به بیان ساده، آزمون بدون ثبت صحیح نتایج، سند کاملی از بازرسی ایجاد نمی‌کند. گزارش آزمون باید بر اساس اطلاعات واقعی حاصل از آزمون تهیه شود و از درج اطلاعات حدسی، ناقص یا غیرقابل اثبات در آن خودداری شود.

## مقایسه نتایج آزمون با معیار پذیرش

نتایج آزمون PT باید با یک معیار پذیرش مشخص مقایسه شوند. این معیار، حدودی را تعیین می‌کند که بر اساس آن می‌توان درباره قبول یا مردود شدن نتیجه تصمیم گرفت. معیار پذیرش ممکن است در استاندارد مربوط به محصول یا فرایند، مشخصات فنی پروژه، نقشه و مدارک مهندسی، دستورالعمل بازرسی، قرارداد یا الزامات مشتری و استاندارد ساخت یا جوشکاری مربوط تعیین شده باشد. بنابراین، بازرس نباید معیار پذیرش را بر اساس نظر شخصی خود تعیین کند. به همین دلیل، پیش از شروع ارزیابی باید مشخص شود که قطعه بر اساس کدام مدرک و با چه معیار پذیرشی ارزیابی گردد.

## معیار پذیرش و روش آزمون

استاندارد روش آزمون مشخص می‌کند که آزمون چگونه انجام شود، اما معیار پذیرش مشخص می‌کند که نتیجه به‌دست‌آمده در چه شرایطی قابل قبول یا مردود است. این تفاوت یکی از نکات مهم در بازرسی کیفی است.

## نتیجه تصمیم‌گیری

پس از مقایسه نتایج آزمون با معیار پذیرش، می‌توان درباره وضعیت نتیجه تصمیم‌گیری کرد. اگر ویژگی‌های نشانه یا ناپیوستگی در محدوده تعیین‌شده توسط معیار پذیرش قرار داشته باشد، نتیجه قابل‌قبول و اگر ویژگی‌های آن از حدود مجاز تعیین‌شده بیشتر باشد یا یکی از الزامات پذیرش را برآورده نکند، نتیجه غیرقابل‌قبول تلقی خواهد شد.

کار کلاسی

یک فرم گزارش آزمون PT را بررسی کنید و بگویید با حذف بخش نتیجه نهایی از فرم گزارش چه مشکلی در پیگیری و تفسیر آن ایجاد خواهد شد.

پاسخ .....

.....

نکته

تصمیم نهایی حاصل یک فرایند مرحله‌به‌مرحله است، نه یک قضاوت سریع بر اساس مشاهده اولیه.

استانداردها و مشخصات فنی، زبان مشترک میان افراد و سازمان‌های درگیر در کنترل کیفیت هستند. استفاده صحیح از آنها باعث می‌شود تصمیم‌های بازرسی بر اساس معیارهای مشخص و قابل استناد انجام شوند. در یک پروژه ممکن است چند مدرک فنی به‌صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار گیرند، بازرس باید بداند که هر یک از مدارک چه نقشی دارند و کدام مدرک، معیار پذیرش نتیجه را تعیین می‌کند. در صورت وجود ابهام میان مدارک، بازرس نباید شخصاً یک معیار جدید تعیین کند. بلکه موضوع باید مطابق نظام فنی و مسئولیت‌های تعریف‌شده در پروژه بررسی و تعیین تکلیف شود.

نمونه‌ای از معیار پذیرش در آزمون مایعات نافذ به‌صورت زیر می‌باشد. البته اندازه‌ها بسته به نوع قطعه آزمون، تغییر خواهد نمود.

■ **نشانه‌های خطی مجاز نیستند.** طول نشانه‌های خطی بیشتر از سه برابر عرض آنها است. در برخی معیارها نشانه‌های کمتر از ۱/۵mm به عنوان نشانه‌های گرد ارزیابی می‌شوند. در برخی از معیارها نشانه‌های کمتر از ۰/۵mm در نظر گرفته نمی‌شوند.

■ نشانه‌های گرد بزرگتر از ۰/۸mm برای مواد تا ضخامت ۶ mm و بزرگ‌تر از ۲/۳mm برای مواد با ضخامت ۱۳mm - ۶ مجاز نیست. برای مواد با ضخامت بیش تر از ۱۳mm نشانه‌های گرد بزرگ‌تر از ۱ mm مجاز نیست.

■ **کل مساحت نشانه‌های گرد نباید بیش از ٪۰/۴** کل مساحت قطعه یا جوش باشد. در صورتی‌که به عنوان عدم ذوب یا نفوذ ارزیابی شود بیش از ٪۰/۸ کل طول جوش باشد.

نشانه‌های بزرگ‌تر از ۱/۶ میلی‌متر به عنوان نشانه مرتبط در نظر گرفته می‌شوند. نشانه‌های مرتبط در صورت وجود شرایط زیر مردود هستند:

ترک دهانه جوش یا ترک ستاره‌ای ارزیابی شوند و طول آنها بیش از ۳/۹۶ میلی‌متر باشد.

هر نوع ترکی غیر از ترک دهانه یا ترک ستاره‌ای ارزیابی شوند.

عدم ذوب یا عدم نفوذ ارزیابی شوند و مجموع طول آنها بیش از ۲۵/۴ میلی‌متر در یک طول جوش پیوسته ۳۰۴/۸ میلی‌متر یا بیش از ٪ ۸ کل طول جوش باشد.

■ **نشانه‌های گرد مرتبط بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر:**

برای ارزیابی، بزرگ‌ترین بعد نشانه گرد به عنوان اندازه آن ملاک قرار می‌گیرد. این نشانه‌ها در صورت وجود شرایط زیر به‌عنوان عیب و مردود محسوب می‌شوند:

اندازه هر نشانه منفرد بیش از ۱۷/۳میلی‌متر باشد.

توزیع نشانه‌های گرد پراکنده از حد تراکم مشخص‌شده در استاندارد API۱۱۰۴ فراتر رود.

نشانه‌های گرد خوشه‌ای با ابعاد بیش از ۱۲/۷میلی‌متر باشند.

مجموع طول نشانه‌های خوشه‌ای در هر ۳۰۴/۸ میلی‌متر از طول جوش، بیش از ۱۲/۷میلی‌متر باشد.

اندازه هر نشانه منفرد درون یک خوشه، بیش از ۱/۵۹میلی‌متر باشد.

■ **بازرسی مایع نافذ طبق استاندارد ANSI/ASME B31.1**

نشانه‌های واقعی زیر غیرقابل قبول هستند:

■ نشانه‌های خطی: هرگونه ترک یا نشانه خطی

■ نشانه‌های گرد: نشانه‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر

■ چهار نشانه گرد یا بیشتر که در یک راستا قرار گرفته و فاصله لبه به لبه آنها ۱/۵ میلی‌متر یا کمتر باشد.

ده نشانه گرد یا بیشتر در هر ۳۸۷۰ میلی‌متر مربع از سطح، مشروط بر آنکه بزرگ‌ترین بُعد این محدوده از

۱۵۰ میلی‌متر تجاوز نکند.

**بازرسی مایع نافذ طبق استاندارد ASME Section VIII Div. 1**

هر نشانه خطی مرتبط بزرگ‌تر از۱/۵۹میلی‌متر

هر نشانه گرد مرتبط بزرگ‌تر از ۴/۷۷ میلی‌متر

چهار نشانه گرد یا بیشتر در امتداد یک خط که فاصله لبه به لبه آنها ۱/۵۹میلی‌متر یا کمتر باشد.

**بازرسی مایع نافذ طبق استاندارد AWS D1.1**

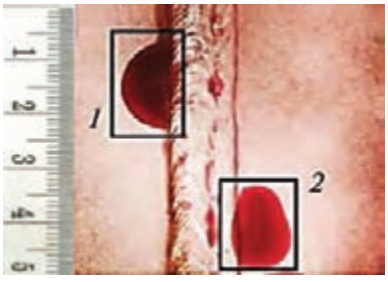
برای معیارهای پذیرش آزمون مایع نافذ به جدول مربوطه در استاندارد AWS D1.1 مراجعه شود. طبق این استاندارد، معیارهای پذیرش بازرسی چشمی عینا برای آزمون مایع نافذ نیز معتبر و قابل اجرا است.

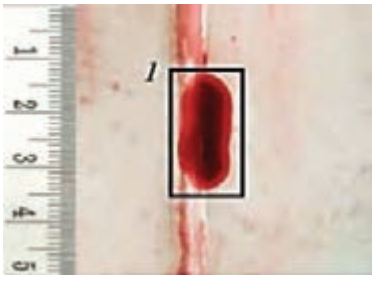
## ثبت نتایج

پس از انجام ارزیابی، نتیجه باید به‌صورت روشن و قابل پیگیری در گزارش آزمون ثبت شود. گزارش باید نشان دهد که نتیجه بر اساس چه معیار یا مدرکی ارزیابی شده است. در صورت وجود نشانه‌های مرتبط، اطلاعات مورد نیاز مانند محل، اندازه، تعداد و سایر مشخصات باید مطابق فرم گزارش ثبت شوند. عبارت‌هایی مانند «قطعه خوب است.» یا « قطعه خراب است.» برای یک گزارش فنی مناسب نیستند. به جای آن، نتیجه باید به شکلی ثبت شود که مبنای تصمیم‌گیری و وضعیت نهایی قطعه در فرم گزارش روشن باشد.

کار کلاسی

با توجه به تصاویر سطح رویه و ریشه جوش داده شده موارد زیر را بررسی نموده و جدول را کامل کنید.




| شکل نشانه | محل نشانه | تفسیرنشانه | معیار پذیرش |
|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| نتیجه ارزیابی | .... | | |

چرا وجود نشانه به‌تنهایی برای مردود اعلام کردن قطعه کافی نیست؟

پاسخ: .....

## گزارش‌نویسی

پس از انجام آزمون مایع نافذ، مشاهده و ثبت نشانه‌ها، تفسیر و تحلیل آنها و در نهایت ارزیابی نتایج، لازم است یافته‌های آزمون در قالب یک گزارش فنی ثبت شود. گزارش آزمون، سندی است که اطلاعات مربوط به قطعه، روش انجام آزمون، شرایط آزمون، نشانه‌های مشاهده‌شده و نتیجه ارزیابی را به‌صورت منظم و قابل پیگیری ثبت می‌کند. نتیجه آزمون تنها زمانی ارزش مستندی پیدا می‌کند که بتوان آن را به قطعه مشخص، محل مشخص، روش مشخص و معیار مشخص ارتباط داد. یک گزارش مناسب باید به گونه‌ای نوشته شود که حتی فردی که در انجام آزمون حضور نداشته است، بتواند با مطالعه آن، اطلاعات اصلی آزمون و نتیجه به‌دست‌آمده را درک کند. بنابراین، گزارش فنی باید روشن، دقیق، کامل، خوانا، بدون ابهام و قابل پیگیری باشد.

## اصول نگارش گزارش

در نگارش گزارش، باید اطلاعات ثبت‌شده دقیق، روشن، کامل، خوانا بوده و قابل پیگیری باشد و واقعیت‌های مشاهده‌شده و نتیجه ارزیابی را براساس معیار تعیین‌شده بیان کند و نویسنده گزارش کاملاً بی‌طرف بوده و تحت تأثیر حدس یا نظر شخصی آن را تنظیم نکرده باشد. یک گزارش خوب می‌تواند کوتاه باشد، اما کوتاه‌نویسی به معنی حذف اطلاعات ضروری نیست. اطلاعات اصلی و ضروری باید کامل بیان شوند. فرم گزارش شامل موارد داده شده در جدول ۷ است.

**جدول ۷**

| مراحل گزارش‌نویسی | موارد |
|---|---|
| مشخصات قطعه و محل آزمون | نام یا نوع قطعه |
| | شماره قطعه یا شماره شناسایی |
| | شماره نقشه |
| | شماره جوش |
| | شماره پروژه یا سفارش |
| | جنس قطعه |
| | تاریخ انجام آزمون |
| | نام یا کد بازرس |
| | محدوده مورد آزمون |
| روش و شرایط انجام آزمون | روش آزمون |
| | نوع مواد نافذ و ظاهرکننده |
| | شماره شناسایی یا مشخصات مواد مصرفی |
| | زمان‌های مهم فرایند آزمون |
| | شرایط مشاهده |
| | تجهیزات و ابزارهای مورد نیاز |
| | استاندارد یا روش اجرایی آزمون |

| مراحل گزارش‌نویسی | موارد |
|---|---|
| ثبت نشانه‌ها و نتایج ارزیابی | محل نشانه |
| | شکل نشانه |
| | اندازه نشانه |
| | جهت نشانه |
| | تعداد نشانه‌ها |
| | فاصله یا نحوه قرارگیری آنها |
| | وضعیت مرتبط یا غیرمرتبط بودن نشانه |
| | نتیجه ارزیابی بر اساس معیار پذیرش |
| نتیجه نهایی در گزارش | |

نکته

درگزارش‌نویسی فنی، هر کلمه باید دارای معنی و هر عدد باید دارای مبنا باشد. اطلاعات گزارش باید از مشاهده واقعی، اندازه‌گیری، روش اجرایی، استاندارد و مدارک فنی مربوط به دست آمده باشد. گزارش باید پس از تکمیل، بازبینی شود تا مشخص شود اطلاعات ضروری حذف نشده، اعداد و مشخصات به‌درستی ثبت شده و نتیجه نهایی با یافته‌های آزمون مطابقت دارد.

یک نمونه فرم بازرسی با روش مواد نافذ برای کارهای آزمایشگاهی و کارگاهی آورده شده است.

**PENETRANT TESTING REPORT FORM**

**جدول ۸ــ فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ**

| | |
|---|---|
| **EMPLOYER**/کارفرما: | **REPORT NO** /شماره گزارش: |
| **DWELL TIME** /زمان اسکان مایع: | **DATE** /تاریخ: |
| **PENETRANT TYPE** /نوع مایع نافذ: | **DEVELOPER** /نوع آشکارساز: |
| **PART NAME** /نام نمونه: | **PROCESS** /فرایند ساخت: |
| **RESULTS** /نتایج: | |
| SCHEME /شکل : | |

| ITEM | CODE OF COMPONENT<br>کد نمونه | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |
| ۴ | | | | |
| ۵ | | | | |

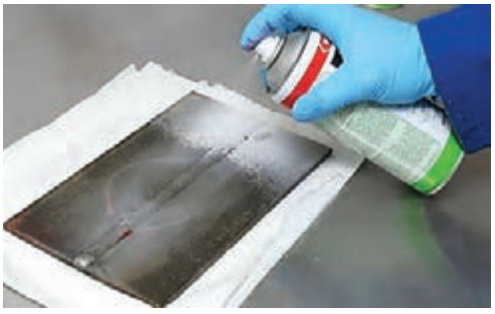
| OPERATOR / اپراتور | ACCEPTED BY / تأییدکننده | DATE /تاریخ |
|---|---|---|
| | | |

کارکارگاهی

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۱۳ که یک اتصال لب به لب و به روش مایع نافذ زیر نور مرئی انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.

**PENETRANT TESTING REPORT FORM**

**فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ**

| | |
|---|---|
| EMPLOYER/کارفرما: | REPORT NO /شماره گزارش: |
| DWELL TIME /زمان اسکان مایع: | DATE /تاریخ: |
| PENETRANT TYPE /نوع مایع نافذ: | DEVELOPER /نوع آشکارساز: |
| PART NAME /نام نمونه: | PROCESS /فرایند ساخت: |
| RESULTS /نتایج: | |
| EMEHCS /شکل :  | |

| ITEM | CODE OF COMPONENT<br>کد نمونه | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |
| ۴ | | | | |
| ۵ | | | | |

| OPERATOR / اپراتور | ACCEPTED BY / تأییدکننده | DATE /تاریخ |
|---|---|---|
| | | |

نکته

گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است. باید همه مشاهدات را تفسیر و بر اساس معیار فنی ارزیابی، به‌طور روشن و قابل پیگیری ثبت نمود.

کارکارگاهی

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۱۴ که یک اتصال سه‌پری به روش‌مایع نافذ زیر نور مرئی انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.

**PENETRANT TESTING REPORT FORM**

**فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ**

| | |
|---|---|
| EMPLOYER /کارفرما: | REPORT NO /شماره گزارش: |
| DWELL TIME /زمان اسکان مایع: | DATE /تاریخ: |
| PENETRANT TYPE /نوع مایع نافذ: | DEVELOPER /نوع آشکارساز: |
| PART NAME /نام نمونه: | PROCESS /فرایند ساخت: |
| RESULTS /نتایج: | |
| SCHEME /شکل :  | |

| ITEM | CODE OF COMPONENT<br>کد نمونه | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |
| ۴ | | | | |
| ۵ | | | | |

| OPERATOR / اپراتور | ACCEPTED BY / تأییدکننده | DATE /تاریخ |
|---|---|---|
| | | |

نکته

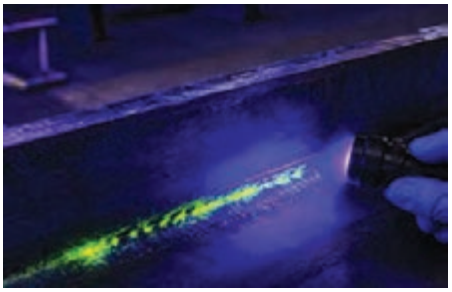
گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است. باید آنچه را مشاهده شده تفسیر و بر اساس معیار فنی ارزیابی، به‌طور روشن و قابل پیگیری بیان نمود.

کارکارگاهی

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۱۵ که یک اتصال سه‌پری به روش مایع نافذ زیر نور فرابنفش انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.

## PENETRANT TESTING REPORT FORM

## فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ

| | |
|---|---|
| EMPLOYER /کارفرما: | REPORT NO /شماره گزارش: |
| DWELL TIME /زمان اسکان مایع: | DATE /تاریخ: |
| PENETRANT TYPE /نوع مایع نافذ: | DEVELOPER /نوع آشکارساز: |
| PART NAME /نام نمونه: | PROCESS /فرایند ساخت: |
| RESULTS /نتایج: | |
| SCHEME /شکل :  | |

| ITEM | CODE OF COMPONENT<br>کد نمونه | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |
| ۴ | | | | |
| ۵ | | | | |

| OPERATOR / اپراتور | ACCEPTED BY / تأییدکننده | DATE /تاریخ |
|---|---|---|
| | | |

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۱۶ که یک اتصال خط جوش لوله ۴ اینچ به روش مایع نافذ زیر نور مرئی انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.

**FORM REPORT TESTING PENETRANT**

**فرم گزارش بازرسی با مواد نافذ**

| | |
|---|---|
| EMPLOYER /کارفرما: | REPORT NO /شماره گزارش: |
| DWELL TIME /زمان اسکان مایع: | DATE /تاریخ: |
| PENETRANT TYPE /نوع مایع نافذ: | DEVELOPER /نوع آشکارساز: |
| PART NAME /نام نمونه: | PROCESS /فرایند ساخت: |
| RESULTS /نتایج: | |
| SCHEME /شکل :  | |

| ITEM | CODE OF COMPONENT<br>کد نمونه | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | |
| ۲ | | | | |
| ۳ | | | | |
| ۴ | | | | |
| ۵ | | | | |

| OPERATOR / اپراتور | ACCEPTED BY / تأییدکننده | DATE /تاریخ |
|---|---|---|
| | | |

# ارزشیابی شایستگی تفسیر و گزارش‌نویسی نتایج آزمون مایعات نافذ

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** اطلاعات ثبت‌شده در فرم‌های بازرسی مایعات نافذ را بررسی، تفسیر و تحلیل نموده و نوع و موقعیت ناپیوستگی‌ها را تشخیص داده، نتایج آزمون را با معیارهای پذیرش و رد مقایسه کرده و گزارش نهایی بازرسی را به‌صورت دقیق، مستند و قابل استناد تنظیم نماید. | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۴۲ | کار | تحلیل فرم بازرسی مایع نافذ | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بررسی اطلاعات و مشخصات فرم بازرسی | فرم‌های بازرسی با مایع نافذ، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۲۰ | مشاهده کار (چک‌لیست مشاهده عملکرد) | بررسی کامل وطبقه‌بندی اطلاعات و مشخصات فرم برابر معیار | ۳ | |
| | | | | بررسی فرم برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در بررسی فرم | ۱ | |
| ۲ | تحلیل نتایج وارزیابی ثبت‌شده | فرم‌های بازرسی با مایع نافذ، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، تصاویر یا نمونه‌های عیوب جوش برای تحلیل و مقایسه محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۴۰ | آزمون عملکردی (همراه با مشاهده مستقیم فرایند بازرسی) | تعیین وضعیت هر ناحیه برابر معیار | ۳ | |
| | | | | استخراج عیوب مهم و بحرانی برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در ارزیابی نتایج | ۱ | |
| ۳ | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی | فرم‌های بازرسی با مایع نافذ، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، نوشت‌افزار و پوشه بایگانی، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۶۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (ارزیابی مستندات) | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی دقیق، کامل و منظم برابر معیار | ۳ | |
| | | | | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی قابل‌قبول برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در جمع‌بندی و گزارش‌نویسی | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | ـ تفسیر اطلاعات<br>ـ دقت در بررسی اطلاعات وپرهیز از قضاوت عجولانه<br>ـ رعایت نظم وآراستگی محیط کار<br>ـ رعایت موارد ایمنی برابر دستورالعمل | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |

| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | بلی ☐ |
|---|---|
| | خیر ☐ |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# پودمان پنجم

## بازرسی جوش ذرات مغناطیسی



آزمون ذرات مغناطیسی




تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی

آزمون ذرات مغناطیسی یکی از روش‌های قدیمی و مؤثر در بازرسی غیرمخرب مواد فرومغناطیس است. نخستین کاربرد این روش به سال ۱۸۶۸ بازمی‌گردد؛ زمانی که لوله توپ پس از مغناطیس شدن، به کمک قطب‌نما از نظر وجود عیوب بررسی می‌شد. در این فرایند، عقربه قطب‌نما در محل ناپیوستگی، به علت نشتی میدان مغناطیسی، دچار انحراف می‌گردید.

در سال ۱۹۲۰، با مشاهدات ویلیام هوک، مبانی این روش توسعه بیشتری یافت. وی نشان داد که ذرات ریز آهنی بر روی سطح قطعه مغناطیس‌شده، در محل عیوب تجمع یافته و الگوی قابل مشاهده‌ای از ناپیوستگی ایجاد می‌کنند. این کشف، زمینه‌ساز تکامل روش ذرات مغناطیسی شد.

در دنیای صنعت و جوشکاری، بسیاری از عیوب خطرناک مانند ترک‌های سطحی یا ترک‌های خستگی، با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند. اگر این عیوب در قطعاتی مانند شفت‌های موتور، اتصالات جوشی مخازن تحت‌فشار یا قطعات خودرو باقی بمانند، می‌توانند تحت بارگذاری منجر به شکست قطعه شوند.

استفاده صنعتی از این روش برای بازرسی‌های دقیق جوش، از حدود دهه ۱۹۳۰ میلادی به یکی از استانداردهای اصلی در صنایع مهندسی تبدیل شد و امروزه نقش حیاتی در تضمین کیفیت دارد.

# واحد یادگیری ۱

## آزمون ذرات مغناطیسی

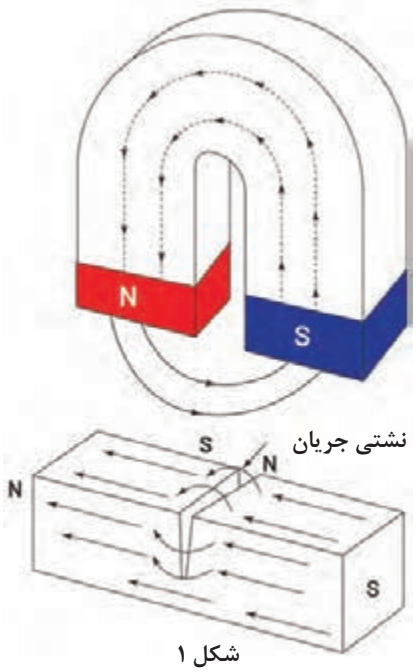
### آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- بعضی ترک‌ها و ناپیوستگی‌های قطعات فلزی با چشم غیرمسلح به‌راحتی دیده نمی‌شوند
- می‌توان با استفاده از خاصیت مغناطیسی، عیوب سطحی و نزدیک به سطح قطعات را شناسایی کرد
- در قطعات فرومغناطیسی، محل عیب باعث نشتی میدان مغناطیسی می‌شود
- ذرات ریز مغناطیسی چگونه در محل ناپیوستگی جمع شده و شکل عیب را نمایان می‌کنند
- انتخاب درست ابزار، تجهیزات و مواد مصرفی تا چه اندازه در دقت بازرسی ذرات مغناطیسی مؤثر است
- رعایت ایمنی هنگام اجرای آزمون ذرات مغناطیسی، چه نقشی در سلامت فرد و صحت بازرسی دارد

### استاندارد عملکرد

هنرجو پس از پایان این واحد یادگیری، قادر خواهد بود با رعایت کامل اصول فنی و ایمنی و با استفاده از ابزار، تجهیزات و مواد مناسب، آزمون ذرات مغناطیسی را انجام دهد و عیوب و ناپیوستگی‌های سطحی و نزدیک به سطح را شناسایی نماید.

## تست ذرات مغناطیسی Magnetic Particle Testing



شکل ۱

بازرسی با ذرات مغناطیسی که به اختصار MT نامیده می‌شود، یک روش بازرسی از نوع غیر مخرب می‌باشد که با این روش می‌توان ناپیوستگی‌های سطحی و نزدیک به سطح را با سرعت و حساسیت بالا و هزینه مناسب کشف نمود.

### تأثیرمیدان مغناطیسی در مواد

میدان مغناطیسی مورد استفاده در آزمون ذرات مغناطیسی (MT) با ساختار داخلی ماده برهم‌کنش دارد. هنگامی‌که میدان مغناطیسی با یک ناپیوستگی برخورد می‌کند، نشتی میدان ایجاد می‌شود که ذرات فرومغناطیس را جذب کرده و وجود ناپیوستگی را آشکار می‌سازد.

MT براساس اصول نشتی شار مغناطیسی و جذب ذرات عمل می‌کند تا ناپیوستگی‌های موجود در ماده را با دقت شناسایی و مکان‌یابی کند.

### نشتی شار مغناطیسی Magnetic Flux Leakage

میدان مغناطیسی در داخل قطعه فرومغناطیس توزیع می‌شود. اگر در مسیر این میدان، ناپیوستگی یا عیبی مانند ترک وجود داشته باشد، بخشی از شار مغناطیسی از سطح قطعه خارج می‌شود که به آن «نشتی شار مغناطیسی» گفته می‌شود. این پدیده را می‌توان به عبور جریان آب از اطراف یک مانع در جویبار تشبیه کرد؛ به‌طوری‌که وجود مانع باعث تغییر مسیر جریان می‌شود. در آزمون MT نیز ناپیوستگی‌ها باعث تغییر مسیر میدان مغناطیسی و ایجاد نشتی شار می‌شوند.

### جذب ذرات Particle Attraction

ذرات فرومغناطیس به نواحی دارای نشتی شار مغناطیسی جذب می‌شوند و ناپیوستگی‌ها را برجسته و قابل مشاهده می‌کنند، مشابه براده‌های آهن که در امتداد خطوط میدان مغناطیسی مرتب می‌شوند.

### کاربرد آزمون ذرات مغناطیسی در آزمون‌های غیرمخرب در صنایع مختلف

**انرژی:** MT در صنعت نفت و گاز بازرسی خطوط لوله، مخازن تحت فشار و مخازن ذخیره و نیروگاه‌های هسته‌ای به‌منظور شناسایی ترک‌های سطحی، خوردگی و سایر عیوبی که می‌توانند منجر به نشتی یا خرابی شوند، به‌کار می‌رود. برای کنترل


شکل ۲

ابزارهای حفاری، دکل‌ها و سایر تجهیزات از نظر سایش و ترک‌های خستگی استفاده می‌شود تا بهره‌برداری ایمن و کارآمد تضمین گردد. در صنعت تولید برق، MT برای بازرسی پره‌های توربین، روتورها و سایر اجزای نیروگاه‌ها به‌منظور شناسایی عیوب سطحی که می‌توانند بر عملکرد و ایمنی اثر بگذارند، استفاده می‌شود.



شکل ۳

■ **هوافضا:** MT برای بازرسی قطعات حساس هواپیما مانند ارابه فرود، قطعات موتور و اجزای سازه‌ای به‌منظور شناسایی ترک‌ها، درزها و سایر عیوبی که می‌توانند ایمنی را به خطر بیندازند، استفاده می‌شود. همچنین در بازرسی‌های دوره‌ای هواپیماها طی فرایندهای تعمیر و نگهداری و اورهال استفاده می‌شود تا یک‌پارچگی قطعات تضمین شده و از خرابی‌های حین سرویس جلوگیری گردد.



شکل ۴

■ **حمل‌ونقل:** MT در صنعت خودروسازی برای بازرسی بلوک‌های موتور، میل‌لنگ‌ها، میل‌بادامک‌ها و سایر اجزای حساس موتور به‌منظور شناسایی عیوب ساخت و ترک‌های خستگی استفاده می‌شود. همچنین برای کنترل چرخ‌دنده‌ها، شفت‌ها و سایر اجزای سیستم انتقال قدرت از نظر ناپیوستگی‌های سطحی که ممکن است منجر به خرابی شوند، استفاده کرد. در صنعت ریلی، برای بازرسی ریل‌های راه‌آهن ،چرخ‌ها و محورها به‌منظور شناسایی ترک‌های سطحی به‌کار می‌رود.



شکل ۵

■ **ساخت و تولید:** MT برای بازرسی جوش‌ها در فرایندهای مختلف ساخت و تولید به‌کار می‌رود تا اطمینان حاصل شود که جوش‌ها فاقد ترک‌های سطحی و سایر عیوب هستند.
از این روش برای کنترل کیفی سایر فرایندهای ساخت و تولید نظیر ریخته‌گری، شکل‌دهی، ماشین‌کاری و قطعات پودری نیز استفاده می‌شود.
همچنین از MT در کنترل کیفیت و بازرسی‌های معمولِ مواد اولیه، محصولات نیمه‌ساخته و محصولات نهاییِ استفاده می‌شود تا اطمینان حاصل گردد که آنها با استانداردهای کیفی مورد نظر مطابقت دارند.

■ **زیرساخت:** MT برای بازرسی قطعات فولادی سازه‌ای مورد استفاده در ساختمان‌ها، پل‌ها و سایر پروژه‌های زیرساختی به‌کار می‌رود تا اطمینان حاصل شود که این قطعات فاقد ترک‌ها و سایر عیوب سطحی هستند.

همچنین از MT برای کنترل ماشین‌آلات سنگین و تجهیزات از نظر ناپیوستگی‌های سطحی که می‌توانند بر عملکرد و ایمنی آنها تأثیر بگذارند، استفاده می‌شود. مواد از نظر واکنش در برابر میدان مغناطیسی مطابق جدول ۱ تقسیم بندی می‌شود.شناخت این ویژگی، به‌ویژه در انتخاب قطعات مناسب برای آزمون ذرات مغناطیسی و دیگر روش‌های بازرسی فنی، اهمیت دارد.



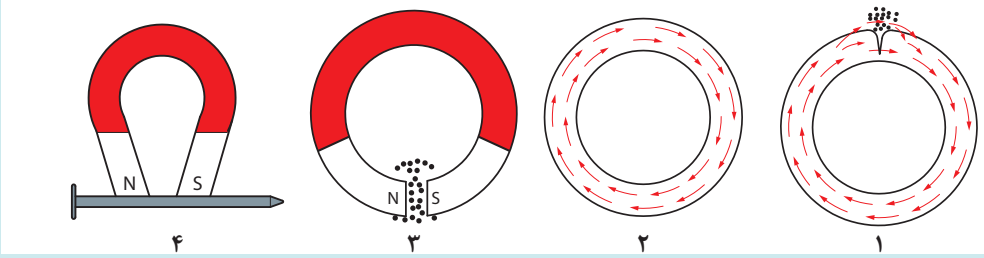
شکل ۶

**جدول ۱ــ انواع مواد مغناطیسی**

| فرومغناطیس | پارامغناطیس | دیامغناطیس |
|---|---|---|
|  |  |  |
| به شدت به میدان مغناطیسی جذب می‌شوند و به‌خوبی مغناطیس می‌گردند. برای آزمون ذرات مغناطیسی مناسب هستند.<br>مانند: آهن، نیکل، کبالت، فولاد کربنی | به میدان مغناطیسی ضعیف جذب می‌شوند و فقط در زمان قرار گرفتن در میدان، اندکی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند.<br>مانند: آلومینیوم، منیزیم، پلاتین | این مواد در برابر میدان مغناطیسی، دفع بسیار ضعیفی از خود نشان می‌دهند و خاصیت مغناطیسی قابل توجهی پیدا نمی‌کنند.<br>مانند: مس، نقره، طلا، سرب |

پرسش کلاسی

با توجه به تصاویرداده شده جاهای خالی در جدول را با شماره‌گذاری مناسب تکمیل نمایید.




۴ ۳ ۲ ۱

| شماره | شرح |
|---|---|
| ..... | یک قطعه فرومغناطیس با میدان مغناطیسی بین دو قطب N و S مغناطیس شده است. در این‌حالت اگر قطعه سالم باشد، خطوط میدان در داخل قطعه به‌صورت پیوسته عبور می‌کنند. |
| ..... | در محل ناپیوستگی یا ترک، مسیر عبور خطوط شار مغناطیسی دچار قطع یا انحراف می‌شود. و بخشی از میدان از سطح قطعه نشت می‌کند. ذرات مغناطیسی در همین ناحیه جمع می‌شوند و عیب را آشکار می‌کنند. |
| ..... | نمای یک قطعه حلقوی سالم است. خطوط میدان مغناطیسی در داخل جداره قطعه به‌طوریکنواخت حرکت می‌کنند و چون عیبی وجود ندارد، نشتی میدان در سطح دیده نمی‌شود. |
| ..... | نمای قطعه حلقوی دارای عیب است. در ناحیه عیب، خطوط میدان از مسیر طبیعی خارج می‌شوند و در سطح قطعه نشت می‌کنند؛ در نتیجه ذرات مغناطیسی روی محل عیب تجمع یافته و نشانه‌ای قابل مشاهده ایجاد می‌شود. |

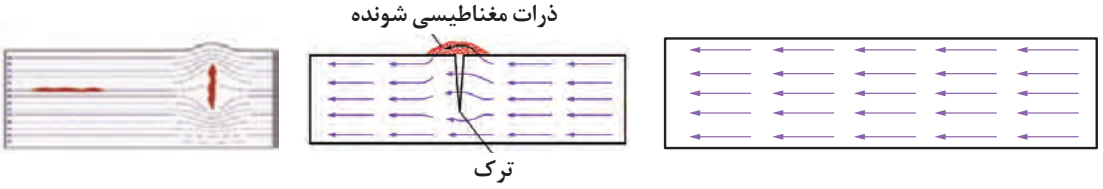
مواد فرو مغناطیس به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند:

- **فرومغناطیس نرم**، که به‌راحتی مغناطیسی می‌شود و پس از قطع میدان، خاصیت خود را به‌سرعت از دست می‌دهد.
- **فرومغناطیس سخت**، که پس از مغناطیسی شدن، خاصیت مغناطیسی خود را برای مدت بیشتری حفظ می‌کند.

نکته

در آزمون ذرات مغناطیسی (MT) فقط مواد فرومغناطیس قابل بازرسی هستند. این فرایند برای فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی مانند ۳۰۴ و ۳۱۶ مناسب نیست، چون فرومغناطیس نیستند یا خاصیت مغناطیسی بسیار کمی دارند.

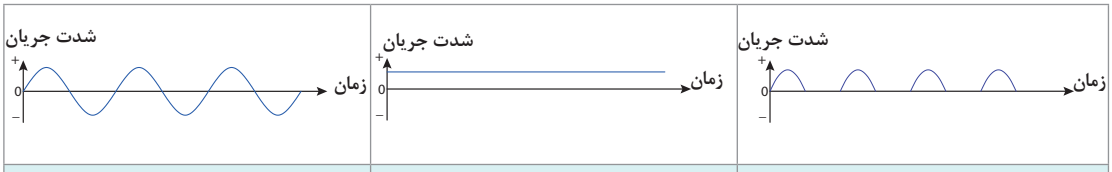
زمانی که یک نمونه از جنس فرومغناطیسی مانند فولاد در یک میدان مغناطیسی قوی قرار بگیرد یا جریان الکتریکی از آن عبور نماید، به مغناطیس تبدیل می شود. چنانچه نواقصی سطحی یا زیر سطحی در این نمونه وجود داشته باشد، در میدان مغناطیسی گرفتار و باعث فشار و انتقال بخشی از میدان به سطح نمونه شده و شکل نقص را به خود می‌گیرد. در شکل ۷ خطوط میدان و یک نمونه دارای نقص را مشاهده می‌کنید که ترک باعث ایجاد قطب شمال مغناطیسی N و جنوب مغناطیسی S نیز گردیده که باعث جذب ذرات پودرآهن می‌گردد.




شکل ۷

در مغناطیس‌کردن قطعات، دو روش اصلی به‌کار می‌رود. استفاده از میدان مغناطیسی حاصل از مغناطیس دائم و استفاده از جریان الکتریکی و تجهیزات مغناطیس‌کننده. روش اول به دلیل محدودیت در کنترل شدت و جهت میدان، کاربرد کمتری دارد؛ درحالی‌که روش دوم به علت قابلیت تنظیم، دقت و سهولت اجرا، در بازرسی ذرات مغناطیسی رایج‌تر است.

بسته به نوع عیب و عمق مورد انتظار آن، از جریان متناوب، جریان مستقیم یا جریان مستقیم نیم‌موج استفاده می‌شود (شکل ۸)




| متناوب | مستقیم | نیم موج |
|---|---|---|

شکل ۸

جریان متناوب به دلیل تمرکز بیشتر اثر مغناطیسی در سطح، برای آشکارسازی ناپیوستگی‌های سطحی مناسب‌تر است. جریان مستقیم، به علت نفوذ بیشتر میدان مغناطیسی، برای شناسایی ناپیوستگی‌های نزدیک به سطح کاربرد دارد. در آزمون ذرات مغناطیسی MT با جریان DC و روش یوک، عمق عیب‌یابی ثابت و دقیق نیست و به عواملی مثل جنس قطعه، شکل قطعه، شدت میدان، نوع عیب و جهت آن بستگی دارد. این روش ناپیوستگی‌های کم‌عمق زیرسطحی، در حد چند میلی‌متر را آشکار می‌کند نه عیوب عمیق داخل قطعه.جریان مستقیم نیم‌موج نیز به دلیل ایجاد لرزش و تحرک بیشتر ذرات مغناطیسی، در برخی شرایط ویژه بازرسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

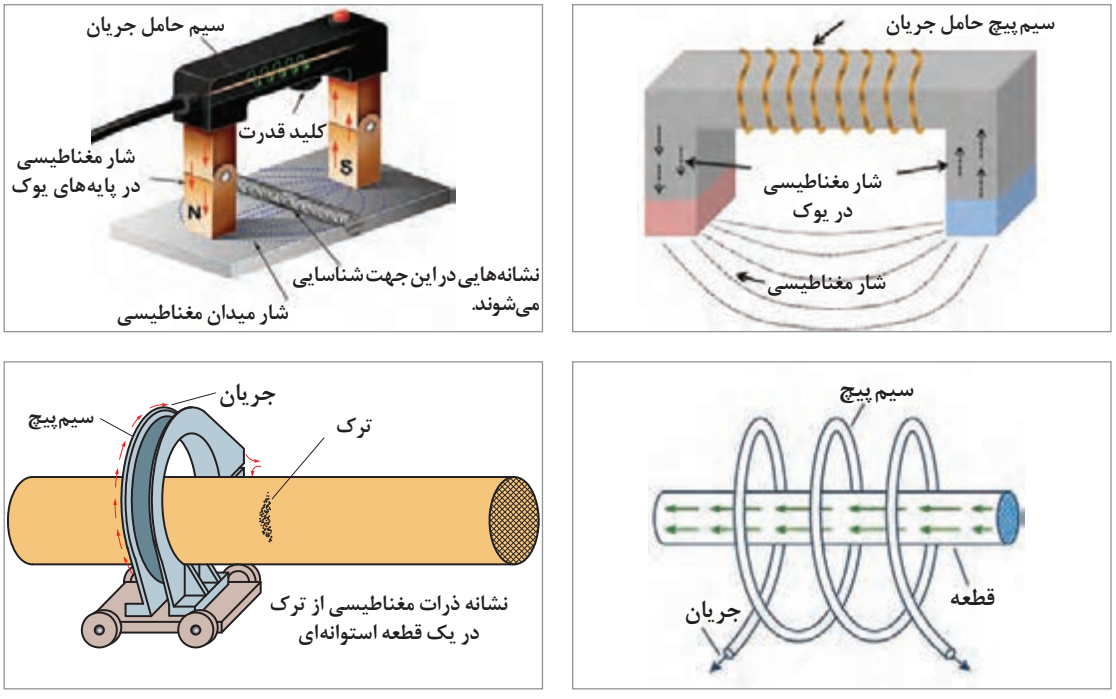
پرسش کلاسی

کدام یک از مواد داده شده در جدول خاصیت مغناطیس‌پذیری دارد؟

| چدن | آهن | مس | نیکل | سرب | آلومینیوم | استیل |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ..... | ..... | ..... | ندارد | ..... | ..... | ..... |

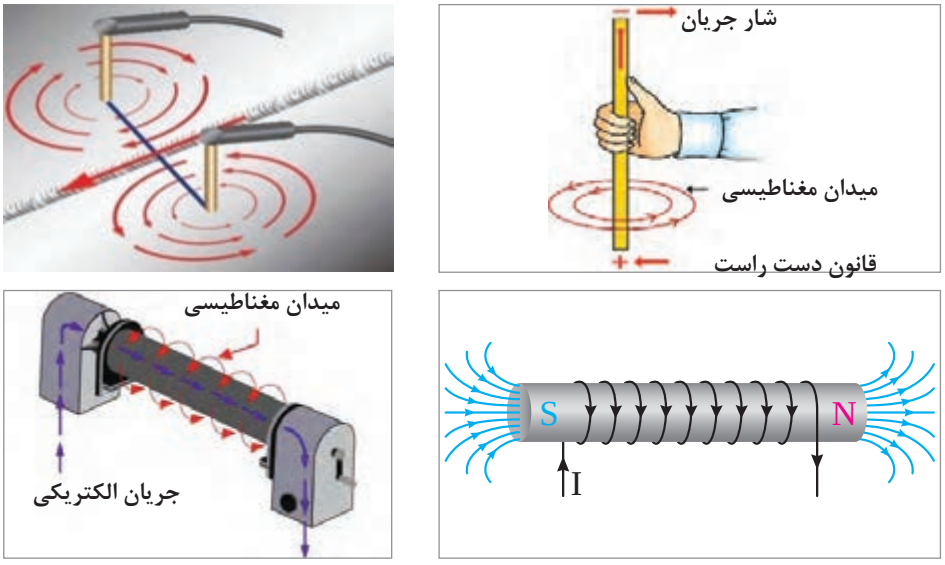
در روش تست ذرات مغناطیس نحوه اعمال میدان مغناطیسی به دو صورت می باشد:

**میدان مغناطیسی خطی:** هرگاه جریان برق توسط کابل حامل جریان از سطح خارجی به قطعه تحت بازرسی اعمال گردد نوعی میدان خطی در آن ایجاد می‌گردد. در این حالت ناپیوستگی های عمود بر میدان یعنی نواقص عرضی با کیفیت بهتری مورد شناسایی قرار می‌گیرند. مانند روش استفاده از یوک (پرتابل) و کویل (ایستگاهی) (شکل ۹).




شکل ۹

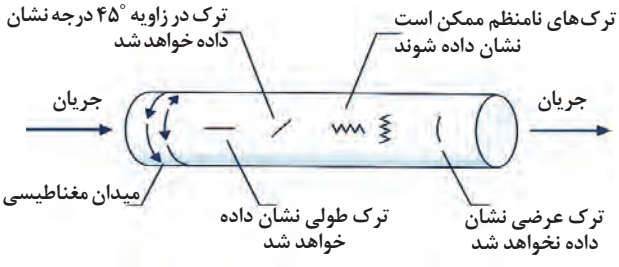
■ **میدان مغناطیسی دورانی:** چنانچه جریان برق برای مغناطیس نمودن قطعه از درون آن عبور نماید، یک میدان دورانی در آن ایجاد می‌نماید.در این حالت نواقص عمود بر میدان یعنی عیوب طولی شناسایی می‌شوند. مانند روش استفاده از هدشات و پراد (شکل ۱۰).




شکل ۱۰

## جهت‌گیری میدان مغناطیسی و قابلیت شناسایی عیوب

نوع میدان ایجاد شده به روش مغناطیس‌کردن قطعه بستگی دارد. اگر میدان مغناطیسی تقریباً با امتداد اصلی عیب موازی باشد، اختلال ایجاد شده در میدان و نشتی شار معمولاً بسیارکم خواهد بود و ممکن است برای تشکیل نشانه‌ای قابل‌اعتماد کافی نباشد. برای ایجاد نشانه‌ای قابل‌اعتماد، بهتر است زاویه بین راستای میدان مغناطیسی و امتداد اصلی عیب تقریباً بین ۴۵ تا ۹۰ درجه باشد. شدت میدان نیز باید به‌اندازه‌ای باشد که نشتی شار لازم برای جذب و نگه‌داشتن ذرات مغناطیسی در محل ناپیوستگی ایجاد شود. عیوب ممکن است در راستاهای مختلف ایجاد شوند، قطعه در دو جهت متفاوت، عمود بر یکدیگر، مغناطیس می‌شود تا احتمال شناسایی عیوب با جهت‌های مختلف افزایش یابد (شکل ۱۱).

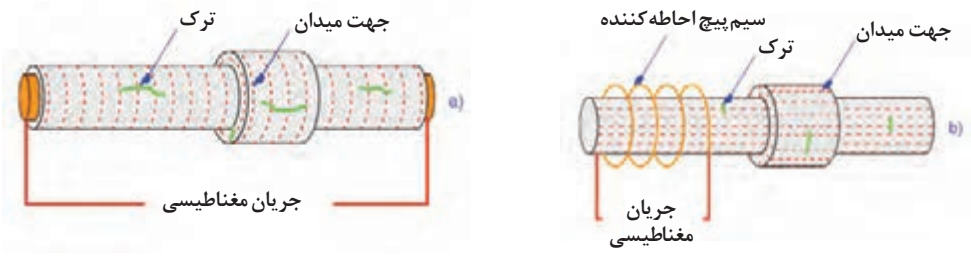



| ترک طولی | ترک با زاویه ۴۵ درجه |
|---|---|
| موازی با خطوط میدان مغناطیسی | مایل به خطوط مغناطیسی |
| ترک های نامنظم | ترک های عرضی |
| جهت تصادفی خطوط میدان مغناطیسی | عمود بر خطوط میدان مغناطیسی |

شکل ۱۱

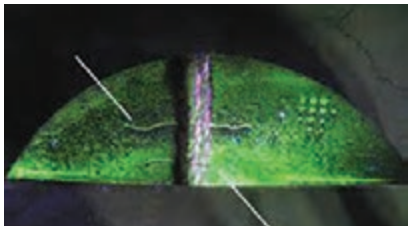
نکته

هنگامی‌که جریان از ابتدا تا انتهای قطعه عبور می‌کند، میدان مغناطیسی دورانی در اطراف مسیر جریان ایجاد می‌شود. این میدان نسبت به جهت جریان، راستایی عمود دارد. بنابراین، ناپیوستگی‌هایی که امتداد اصلی آنها در راستای جریان است، مانند عیوب طولی، معمولاً قابلیت شناسایی مناسبی خواهند داشت. عیوب عرضی با این نوع مغناطیس نمودن نشانه قابل‌اعتمادی ایجاد نمی‌کنند و برای شناسایی آنها باید میدان مغناطیسی خطی با راستای مناسب ایجاد شود (شکل زیر).




کار کلاسی

در شکل‌های زیر نوع میدان مغناطیسی را مشخص کنید.

| | |
|---|---|
|  |  |
| میدان مغناطیسی ..... | میدان مغناطیسی ..... |
|  |  |
| میدان مغناطیسی ..... | میدان مغناطیسی ..... |

## تجهیزات و مواد مصرفی بازرسی

دستگاه‌ها و لوازم و تجهیزات متعددی در آزمون ذرات مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرند (جدول ۲).

## جدول ۲

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **میدان‌سنج مغناطیسی (دیجیتال)**<br>اندازه‌گیری مغناطیس پسماند | **یوک مغناطیس آهنربا دائمی**<br>ایجاد میدان مغناطیس خطی | **یوک مغناطیس AC/DC**<br>ایجاد میدان مغناطیسی خطی |
|  |  |  |
| **پای گیج**<br>کنترل جهت و کفایت میدان مغناطیسی | **نورسنج فرابنفش**<br>اندازه‌گیری شدت نور فرابنفش | **نورسنج نور مرئی**<br>اندازه‌گیری شدت نور مرئی |
|  |  |  |
| **کتوس[1] رینگ**<br>اطمینان از قابلیت آشکارسازی ناپیوستگی‌ها | **چراغ فرابنفش/UV**<br>**تابش نور فرابنفش** | **مغناطیس‌زدا**<br>حذف میدان مغناطیسی باقی‌مانده |
|  |  |  |
| **دمنده**<br>پودر ذرات خشک | **وزنه ۱۰ پوند (۴۵۳۰ گرم)**<br>تست قدرت یوک AC | **میدان‌سنج مغناطیسی (آنالوگ)**<br>اندازه‌گیری مغناطیس پسماند |

۱ـ Ketosring

### مواد مصرفی

مواد مصرفی در آزمون ذرات مغناطیسی نقش بسیار مهمی در کیفیت آشکارسازی ناپیوستگی‌ها دارند، زیرا حتی در صورت استفاده از تجهیزات مناسب، اگر ماده مصرفی به‌درستی انتخاب یا استفاده نشود، حساسیت آزمون کاهش می‌یابد و امکان مشاهده عیوب سطحی و نزدیک به سطح کمتر می‌شود. این مواد شامل ذرات مغناطیسی خشک، ذرات معلق در مایع، اسپری‌های آماده، ماده زمینه‌ساز سفید[1]، حامل‌های آبی یا روغنی و برخی افزودنی‌های کمکی هستند که هرکدام با توجه به نوع قطعه، شرایط سطح، روش مغناطیس‌سازی و نوع بازرسی (مرئی یا فلورسنت) انتخاب می‌شوند (شکل ۱۲).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| پودر ذرات مغناطیس | اسپری ذرات مغناطیسی فلورسنت | اسپری رنگ کنتراست سفید | اسپری ذرات مغناطیسی سیاه |

### پودر ذرات مغناطیسی

موادی هستند که به شدت جذب قسمت‌های دارای نشت میدان مغناطیسی می‌شوند. و به صورت خشک یا معلق در یک مایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. جنس ذرات مغناطیسی اغلب از آهن و یا اکسید آهن می‌باشد و اندازه ذرات مورد استفاده در روش تر معمولاً بین ۱۲ـ ۵ µm است. از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و برای آشکارسازی ترک‌های ظریف مناسب‌ترمی‌باشد. در مقابل، ذرات مورد استفاده در روش خشک معمولاً اندازه‌ای در حدود ۱۰۰ـ۵۰ µm دارند و از این‌رو برای بازرسی سطوح زبر، قطعات بزرگ و شرایط اجرایی در فضای آزاد استفاده می شود. اگر اندازه ذرات خیلی‌کم 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 شناسایی‌کرد.

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 اگر ذرات به رنگ فلورسنت آغشته گردند در زیر تابش نور ماوراء بنفش به وضوح دیده

---

۱ـWhite contrast paint

می‌شوند. ذرات تر ممکن است محلول در آب یا نفت باشند. در جدول ۳ مقایسه بین پودر ذرات مغناطیسی خشک و تر آورده شده است.

**جدول ۳**

| ویژگی | ذرات مغناطیسی خشک | ذرات مغناطیسی تر |
|---|---|---|
| نحوه استفاده | پاشیدن پودر خشک روی سطح | اعمال به‌صورت سوسپانسیون در آب یا روغن روی سطح |
| حساسیت | حساسیت کمتر برای عیوب بسیار ریز | حساسیت بالاتر، برای ترک‌ها و ناپیوستگی‌های ظریف |
| مناسب برای سطح | مناسب برای سطوح زبر و خشن | مناسب برای سطوح صاف و پرداخت‌شده |
| مناسب برای قطعه | مناسب برای قطعات بزرگ و سنگین | مناسب برای قطعات کوچک‌تر و بازرسی دقیق‌تر |
| شرایط اجرا | برای کارگاه، فضای باز و شرایط میدانی | برای محیط‌های کنترل‌شده و داخل کارگاه یا آزمایشگاه |
| قدرت تحرک ذرات | تحرک کمتر ذرات | تحرک بیشتر ذرات و جمع شدن در محل نشت شار |
| آشکارسازی | مناسب برای ناپیوستگی‌های زیرسطحی | برای عیوب سطحی و نزدیک به سطح با حساسیت بالا |
| سرعت و سهولت اجرا | ساده و سریع، بدون نیاز به مخزن و شست‌وشو | نیازمند تجهیزات بیشتر مانند مخزن، همزن و کنترل غلظت |
| شرایط ماده مصرفی | کنترل ساده‌تر | نیاز به کنترل غلظت، ته‌نشینی و کیفیت سوسپانسیون |
| تمیزی حین کار | پخش شدن پودر در محیط | اجرای تمیزتر و یکنواخت‌تر نسبت به روش خشک |
| مزیت اصلی | مناسب سطوح زبر، قطعات بزرگ و اجرای در فضای آزاد | حساسیت بالا و مناسب برای آشکارسازی عیوب بسیار ریز |
| محدودیت اصلی | کاهش حساسیت در آشکارسازی ترک‌های بسیار ظریف | تجهیزات بیشتر و دشواری در شرایط خشن یا فضای باز |

■ **نور در بازرسی:** در بازرسی با ذرات مغناطیس، شرایط نوری باید متناسب با نوع ذرات انتخاب شود. هنگام اعمال ذرات و مشاهده نشانه‌ها، استفاده از نور مناسب نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت بازرسی و دقت تفسیر نتایج دارد.

در صورت استفاده از ذرات مرئی، بازرسی باید با نور مرئی و شدت کافی انجام گیرد تا تجمع ذرات در محل ناپیوستگی‌ها به‌وضوح قابل مشاهده باشد. این نور می‌تواند از روشنایی محیط یا از یک منبع نور مصنوعی تأمین شود.

چنانچه ذرات از نوع فلورسنت باشند، بازرسی باید با استفاده از نور فرابنفش و معمولاً در محیطی با روشنایی مرئی کنترل‌شده صورت گیرد. در این شرایط، ذرات فلورسنت در نواحی نشت شار مغناطیسی به‌صورت نشانه‌هایی درخشان ظاهر می‌شوند و امکان آشکارسازی ناپیوستگی‌های بسیار ریز را فراهم می‌سازند.

■ **بازرسی با زمینه سفید:** در بازرسی ذرات مغناطیسی به روش مرئی، برای افزایش وضوح نشانه‌ها از رنگ زمینه سفید استفاده می‌شود. این ماده معمولاً به‌صورت اسپری عرضه می‌شود و پس از پاشش بر سطح قطعه، لایه‌ای نازک، یکنواخت و سفید رنگ ایجاد می‌کند. هدف از ایجاد این لایه، فراهم کردن زمینه‌ای با کنتراست

بالا برای مشاهده بهتر ذرات مغناطیسی مرئی است.
در این روش، ذرات مغناطیسی‌که معمولاً به رنگ سیاه هستند، در محل ناپیوستگی‌ها و نواحی نشت شار مغناطیسی تجمع می‌یابند. وجود زمینه سفید سبب می‌شود این تجمع‌ها با وضوح بیشتر دیده شوند و عیب‌ها با دقت بالاتری شناسایی گردند.
از ویژگی‌های رنگ زمینه سفید، خشک شدن سریع، ایجاد پوشش نازک و یکنواخت، چسبندگی مناسب به سطح و سازگاری با مواد حامل نفتی می‌باشد.

■ **ذرات فلورسنت:** ذرات فلورسنت در هنگام تابش نور فرابنفش، از خود درخشندگی ایجاد می‌کنند. از این‌رو، بازرسی با این نوع ذرات باید در شرایط نوری مناسب و زیر چراغ فرابنفش انجام شود.
در این روش، هرگاه در قطعه ناپیوستگی سطحی یا نزدیک به سطح وجود داشته باشد، نشت شار مغناطیسی سبب تجمع ذرات در محل عیب می‌شود. این تجمع در زیر نور فرابنفش به‌صورت نشانه‌ای روشن و واضح ظاهر می‌گردد و امکان شناسایی عیب را با دقت بیشتری فراهم می‌کند.
ذرات فلورسنت در مقایسه با ذرات مرئی، حساسیت بالاتری دارند؛ به همین دلیل، برای بازرسی قطعات حساس، آشکارسازی ناپیوستگی‌های بسیار کوچک و شناسایی ترک‌های ظریف کاربرد گسترده‌تری دارند. این ویژگی باعث شده است که این روش در بسیاری از بازرسی‌های دقیق صنعتی، به‌ویژه در مواردی که احتمال وجود عیوب ریز مطرح است، مورد توجه قرار گیرد. این ذرات ممکن است به‌صورت اسپری یا به‌صورت مایع سوسپانسیون تهیه و استفاده شوند. انتخاب نوع مصرف، به شرایط بازرسی، نوع قطعه و امکانات اجرایی بستگی دارد. در جدول ۴ نکات ایمنی اسپری‌های مورد استفاده در آزمون ذرات مغناطیس آورده شده است.

**جدول ۴**

| نکات ایمنی | |
|---|---|
| اسپری‌ها باید از حرارت، جرقه، شعله باز و سطوح داغ دور نگه داشته شوند. |  |
| از پاشش اسپری بر روی شعله یا هر منبع اشتعال باید خودداری شود. | |
| ظروف تحت فشار را نباید سوراخ، له یا در آتش انداخت؛ حتی پس از اتمام محتویات. |  |
| اسپری‌ها نباید در معرض دمای بالاتر از ۵۰°C قرار گیرند. | |
| نگهداری اسپری‌ها باید دور از تابش مستقیم نور خورشید انجام شود. | |
| استفاده از اسپری‌ها فقط در محیط‌های دارای تهویه مناسب مجاز است. | |
| از استنشاق بخار، مه یا ذرات ناشی از اسپری باید اجتناب شود. | |
| استفاده از عینک ایمنی، ماسک تنفسی و در صورت لزوم محافظ صورت الزامی است. |  |
| پس از پایان کار، دست‌ها باید به‌طور کامل شسته شوند. | |
| در صورت تماس ماده با چشم، شست‌وشوی فوری با آب فراوان ضروری است. | |
| در صورت تداوم سوزش یا تحریک چشم، مراجعه به پزشک الزامی است. | |
| اسپری‌ها باید در محل خنک، خشک، دارای تهویه مناسب و دور از افراد غیرمجاز نگهداری شوند. | |
| دفع ظروف خالی و پسماند مواد باید مطابق با مقررات ایمنی و زیست‌محیطی انجام شود. | |

مراحل بازرسی تست ذرات مغناطیس در جدول ۵ نشان داده شده است.

**جدول ۵**

| | |
|---|---|
| اندازه‌گیری دما | دما هنگام بازرسی کمتر از ۵۰ درجه‌سانتی‌گراد |
| تأیید روش | اطمینان اپراتور از فرومغناطیس بودن قطعه به کمک یک آهن‌ربا |
| انتخاب فاکتورهای بازرسی | تعیین تکنیک بازرسی، میزان جریان و نوع ذرات |
| آماده‌سازی قطعه و دستگاه | تمیزی و عدم پوشش قطعه و تنظیم دستگاه |
| قراردادن قطعه در محل بازرسی | قرار دادن قطعه در دستگاه یا حمل دستگاه به محل بازرسی |
| اعمال جریان | وابسته به نوع دستگاه اعمال جریان در این مرحله با کلید مربوطه به مدت چند ثانیه |
| بازرسی با نور مناسب | انجام بازرسی ذرات مرئی زیر نور معمولی و ذرات فلورسانس زیر نور فرابنفش |
| ثبت نشانه | ثبت نشانه‌ها روی نمونه و فرم گزارش بازرسی |

نکته

دیدن نشانه کافی نیست، باید آن را دقیق ثبت کرد. ثبت محل، اندازه، جهت، شکل و تعداد نشانه‌ها باعث می‌شود که:

- **ثبت نشانه**
  - **تفسیر صحیح نشانه**
  - **تصمیم پذیرش یا رد براساس محدوده پذیرش**
  - **در صورت نیاز امکان انجام تعمیر**
  - **سوابق آزمون برای مراجعه‌های بعدی**

## روش‌های اجرای آزمون ذرات مغناطیسی

- روش یوک (Yoke Method)
- روش کویل (Coil Method)
- روش هدشات (Head Shot Method)
- روش پراد (Prod Method)

### روش یوک (Yoke Method)

در این روش، میدان مغناطیسی به‌وسیله یوک در قطعه ایجاد می‌شود. یوک دارای دو قطب است که روی سطح قطعه قرار می‌گیرند و با عبور میدان بین این دو قطب، امکان آشکارسازی ناپیوستگی‌ها فراهم می‌شود.

برای پیدا کردن همه ترک‌ها (در جهت‌های مختلف)، باید یوک را یک‌بار در جهت عرضی و یک‌بار در جهت طولی روی جوش یا قطعه قرار گیرد.

■ **یوک آهن‌ربای دائمی:** یوک آهنربای دائمی وسیله‌ای است که بدون نیاز به برق، به کمک خاصیت مغناطیسی ذاتی خود، در قطعه میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. ویژگی‌های آن عدم نیاز به منبع برق، قابل حمل و ساده. از این نوع یوک برای بازرسی قطعات کوچک یا نواحی محدود استفاده می‌شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

■ **یوک الکتریکی:** یوک الکتریکی وسیله‌ای است که با استفاده از جریان برق، میدان مغناطیسی لازم را در قطعه ایجاد می‌کند. انواع یوک الکتریکی، AC، DC، و AC/DC می‌باشند. ویژگی‌های این نوع یوک قدرت مغناطیس‌کنندگی بیشتر، مناسب در بازرسی جوش‌ها، سازه‌ها و قطعات فولادی و نیاز به منبع تغذیه الکتریکی می‌باشد. از این نوع یوک می‌توان در شناسایی ترک‌های سطحی و نزدیک به سطح استفاده نمود. دستگاه یوک با جریان مستقیم قادر است یک وزنه ۱۸ کیلوگرمی را هنگام روشن بودن از زمین بلند کند. دستگاه جریان متناوب در زمان روشن بودن قادر به بلندکردن یک وزنه آهنی به میزان ۴/۵ کیلوگرم از زمین می‌باشد. هنگام کار با یوک آهنربای دائمی باید سطح قطعه عاری از چربی، رنگ ضخیم، زنگ و آلودگی بوده، جهت میدان مغناطیسی باید با جهت احتمالی عیب تناسب داشته باشد و برای شناسایی عیوب با جهت‌های مختلف، بازرسی در دو جهت عمود بر هم انجام شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

جست‌وجو کنید

هنرجویان با جست‌وجو در منابع گوناگون و راهنمایی از هنرآموز محترم خود یوک مغناطیس دائم را با یوک الکتریکی مقایسه کنید و سپس نتایج خود را در کلاس مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید.

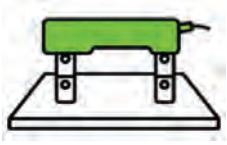
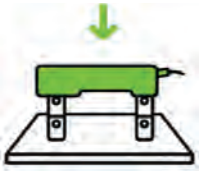
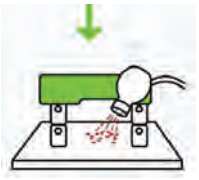
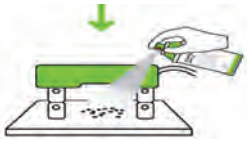
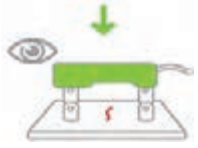
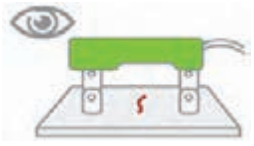
**پاسخ:** .....

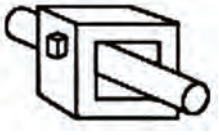
مراحل تست ذرات مغناطیسی مرئی با استفاده از پودر خشک و تر در جدول ۶ ارائه شده است.

**جدول ۶**



تمیز کردن ناحیه مورد تست با استفاده از حلال

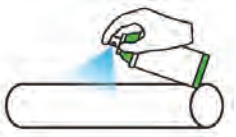
| ذرات پودر آهن تر | ذرات پودر آهن خشک |
|---|---|
|  اعمال رنگ زمینه (کنتراست) روی قطعه یا ناحیه مورد آزمایش |  قراردادن یوک روی ناحیه مورد آزمایش و روشن کردن کلید جریان مغناطیس‌کننده |
|  قراردادن یوک روی ناحیه مورد آزمایش و روشن کردن کلید جریان مغناطیس‌کننده |  ابتدا اعمال پودر ذرات مغناطیسی و سپس قطع جریان |
|  ابتدا اعمال اسپری ذرات مغناطیسی و سپس قطع جریان |  بازرسی ناحیه مورد آزمایش درمحیطی با نور مناسب برای یافتن علائم |
|  بازرسی ناحیه مورد آزمایش درمحیطی با نور مناسب برای یافتن علائم | |



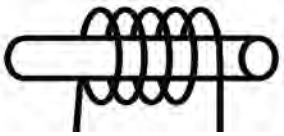
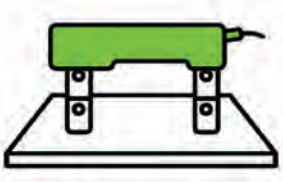
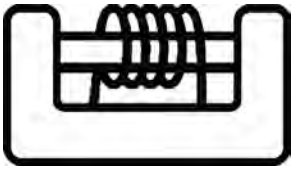
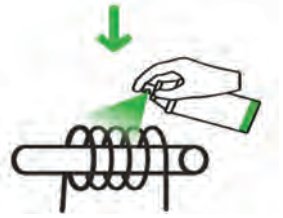
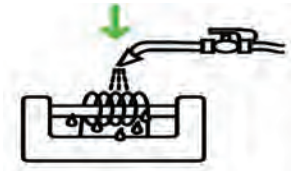
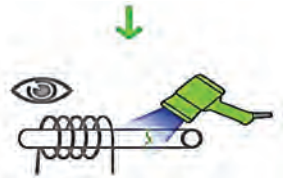
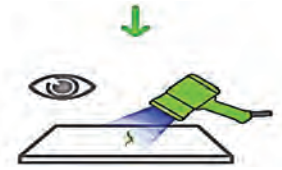
برقراری جریان و عبور قطعه از داخل کویلِ (دستگاهِ مغناطیس‌زدا) و سپس قطع جریان و بررسی مغناطیس پسماند

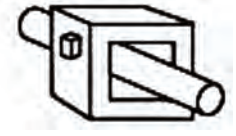
مراحل اجرای آزمون ذرات مغناطیسی فلورسنتی به روش کویل، یوک و هدشات، در جدول ۷ ارائه شده است.

**جدول ۷**



تمیز کردن قطعه یا ناحیه مورد تست با استفاده از حلال

| کویل | یوک | هدشات |
|---|---|---|
|  |  |  |
| موقعیت‌دهی قطعه در درون کویل و انتخاب، تنظیم نوع جریان و شدت جریان مغناطیس | قراردهی پایه یوک در موقعیت مناسب روی قطعه و سپس برقرارکردن جریان مغناطیس | فیکس کردن قطعه بین دو فک و تنظیم آمپر، نوع جریان طبق دستورالعمل |
|  |  |  |
| اعمال ذرات مغناطیسی روی قطعه وسپس اطمینان از انجام عملیات مغناطیس‌سازی، و سپس قطع جریان برق کویل | ذرات مغناطیسی را روی ناحیه تست اعمال و بعد از آن انجام مغناطیس‌سازی و سپس قطع جریان برق یوک | باز نمودن شیر مایعِ ذرات و اعمال ذرات مغناطیس مخلوط با مایع به تمامی سطح و بلافاصله اجرای عملیات مغناطیس‌سازی |
|  |  |  |
| بررسی محدوده تست زیر نورUV_A تا دیده شدن نشانه‌ها | بررسی محدوده تست زیر نور UV-A تا دیده‌شدن نشانه‌ها | بررسی محدوده تست زیر نور UV-A تا دیده شدن نشانه‌ها |



برقراری جریان و عبور قطعه از داخل کویلِ (دستگاهِ مغناطیس‌زدا) و سپس قطع جریان و بررسی مغناطیس پسماند

کار کلاسی

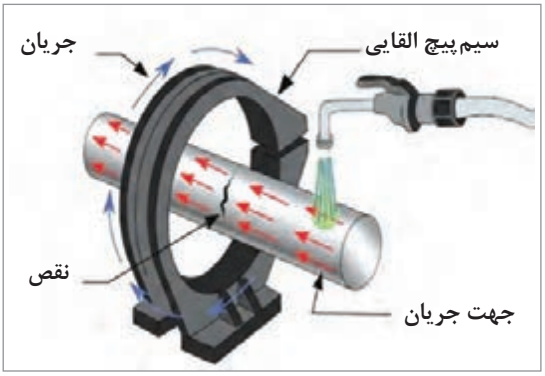
جدول زیر را که شامل برخی نکات فنی آزمون ذرات مغناطیسی است را با استفاده از لغات داده شده تکمیل نمایید. (سازنده، فرومغناطیس، قطعه، گریس، روغن، چربی، رنگ، مغناطیس‌زدایی، عمود، کاهش، یوک، عیوب واقعی، بازرس، کتوس رینگ، ذرات مغناطیس، الزامی، با مواد فلورسنت، نشانه‌ها، شدت روشنایی)

| نکات فنی آزمون ذرات مغناطیسی |
| --- |
| آزمون ذرات مغناطیسی فقط برای مواد ..... قابل استفاده است. |
| پیش از انجام آزمون، سطح قطعه باید تمیز و عاری از ..... باشد. |
| روش مغناطیس‌سازی باید متناسب با شکل قطعه و جهت احتمالی ..... انتخاب شود. |
| برای دستیابی به بیشترین حساسیت، میدان مغناطیسی باید تا حد امکان ..... بر امتداد عیب باشد. |
| شدت میدان مغناطیسی باید کافی و کنترل‌شده باشد؛ میدان ضعیف یا بیش از حد، موجب ..... کیفیت بازرسی می‌شود. |
| ..... باید به‌صورت یکنواخت و به مقدار مناسب روی سطح اعمال شوند. |
| در آزمون .....، شدت نور فرابنفش باید اندازه‌گیری و با حدود استاندارد مطابقت داده شود. |
| در روش مرئی، محیط باید برای مشاهده نشانه‌ها ..... مناسب و کافی باشد. |
| استفاده از تجهیزات سالم، استاندارد و کالیبره‌شده در اجرای صحیح آزمون ..... است. |
| برای اطمینان از کارایی سیستم آزمون، از ابزار کنترل حساسیت مانند ..... استفاده می‌شود. |
| ارزیابی و تفسیر نشانه‌ها باید توسط ..... دارای صلاحیت و آموزش‌دیده انجام شود. |
| نشانه‌های ناشی از گوشه‌ها، تغییرات مقطع، زبری سطح یا هندسه قطعه باید با دقت از..... تفکیک شوند. |
| در هنگام کار با ..... و سایر تجهیزات الکتریکی، سلامت کابل‌ها، اتصالات و عایق‌ها باید بررسی شود. |
| پس از اتمام آزمون، در صورت نیاز، قطعه باید ..... شود تا از بروز مشکلات در مراحل بعدی جلوگیری گردد. |
| باقی ماندن میدان مغناطیسی در ..... می‌تواند موجب جذب ذرات فلزی یا اختلال در بهره‌برداری بعدی شود. |
| کلیه مواد مصرفی MT باید مطابق دستورالعمل .....، نگهداری، مصرف و کنترل شوند. |

## روش کویل (Coil Method)

دستگاه‌های مورد استفاده در روش کویل، معمولاً در آزمایشگاه‌ها و مراکز بازرسی بزرگ به کار می‌روند. این دستگاه‌ها در نوع پرتابل و ایستگاهی وجود دارد. نوع پرتابل در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



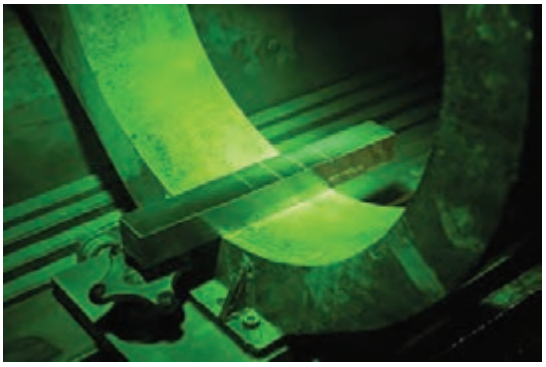



شکل ۱۴

نوع ایستگاهی آن معمولاً به طول ۱ تا ۵ متر و شامل بخش‌های زیر می‌باشد.

- واحد میدان مغناطیسی دورانی
- واحد میدان مغناطیسی خطی
- واحد مغناطیس‌زدایی

از این دستگاه‌ها برای بازرسی قطعات بزرگ و صنعتی، شناسایی ناپیوستگی‌های سطحی و نزدیک به سطح و همچنین انجام فرایند مغناطیس‌زدایی پس از آزمون استفاده می‌شود. طراحی یک‌پارچه و طول زیاد این تجهیزات، امکان بازرسی قطعات با ابعاد بزرگ را فراهم می‌کند (شکل ۱۵).

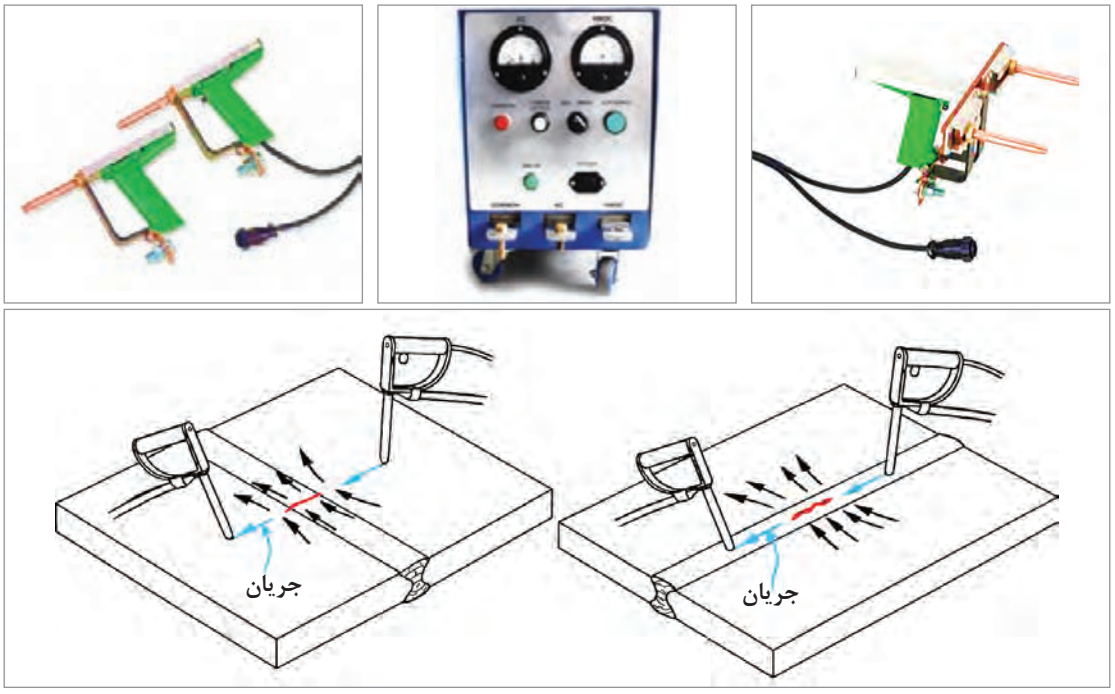




شکل ۱۵

### روش پراد (Prod)

پرادها برای برقراری تماس و عبور جریان الکتریکی از فلز، روی سطح قطعه مورد بازرسی قرار داده می‌شوند. جریانی که بین آنها عبور می‌کند، یک میدان مغناطیسی دایره‌ای در اطراف پرادها ایجاد می‌کند که می‌توان از آن در بازرسی ذرات مغناطیسی استفاده کرد. پراد معمولاً از مس ساخته می‌شود و یکی از پرادها دارای کلید ماشه‌ای است تا جریان بتواند به‌سرعت و به‌آسانی روشن و خاموش شود.گاهی دو پراد به‌وسیله یک عایق به یکدیگر متصل می‌شوند، تا کار با یک دست آسان‌تر شود. تجهیزات و شماتیک فرایند اعمال روش پراد در شکل ۱۶ قابل مشاهده است.




شکل ۱۶

■ **فاصله پرادها:** فاصله بین پرادها معمولاً بین ۷۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر (۳ تا ۸ اینچ) است. فاصله کمتر از ۳ اینچ باعث گرم شدن بیش از حد قطعه و افزایش احتمال جرقه می‌شود. فاصله بیشتر از ۸ اینچ نیز باعث کاهش شدید شدت میدان مغناطیسی در مرکز (بین دو پراد) شده و حساسیت بازرسی را به شدت پایین می‌آورد.

■ **شدت جریان:** جریان باید براساس ضخامت قطعه تنظیم شود. به ازای هر اینچ فاصله پراد، جریان مشخصی تعیین می‌شود. (حدود ۱۰۰ آمپر به ازای هر اینچ فاصله پراد).

توجه

جریان بیش از حد باعث ایجاد میدان‌های غیرمرتبط (Non_relevant) ناشی از تجمع بیش از حد پودر می‌شود که تفسیر عیوب واقعی را غیرممکن می‌کند.

اگر تماس مناسب بین پرادها و سطح قطعه برقرار و حفظ نشود، ممکن است، باعث ایجاد لکه قوس (Arc strik) و به قطعه آسیب برساند. به همین دلیل، استفاده از پرادها در بازرسی قطعات هوا فضا و سایر قطعات حساس مجاز نیست.

چک‌لیست بازرسی مورد نیاز در ذرات مغناطیسی با تکنیک پراد در جدول ۸ آورده شده است.

## جدول ۸

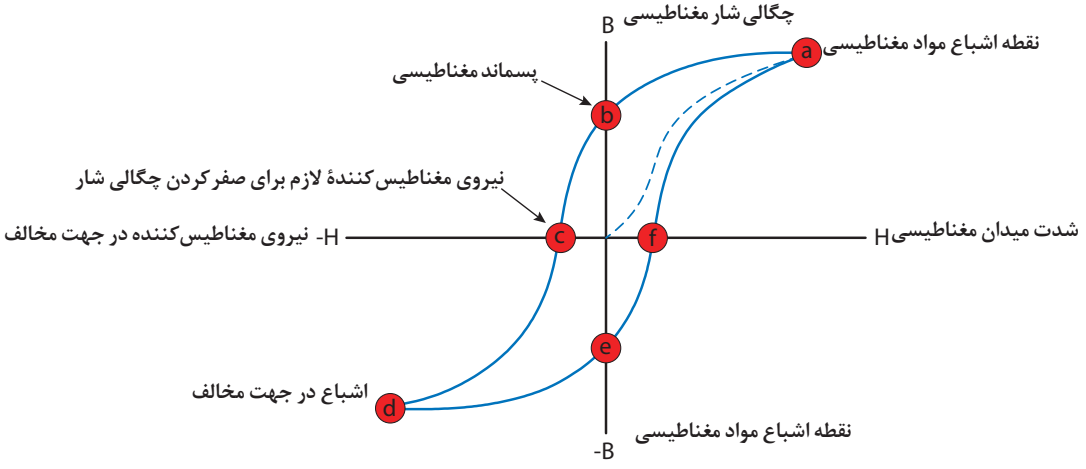
| مرحله بازرسی | ردیف | شرح اقدام/کنترل | وضعیت ✓ | وضعیت ✗ |
|---|---|---|---|---|
| پیش از شروع (آماده‌سازی) | ۱ | آیا سطح قطعه و محل تماس پرادها از رنگ، چربی و زنگ‌زدگی کاملاً پاک شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۲ | آیا دستگاه کالیبره است و کابل‌های اتصال سالم و ایمن هستند؟ | ☐ | ☐ |
| | ۳ | آیا شدت نور محیط (سفید یا UV) مطابق با استاندارد اندازه‌گیری شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۴ | آیا ذرات مغناطیسی از نظر کیفیت و تاریخ مصرف تأیید شده‌اند؟ | ☐ | ☐ |
| | ۵ | آیا میدان مغناطیسی از قبل در قطعه (با استفاده از گیج پسماند) وجود دارد؟ | ☐ | ☐ |
| عملیات مغناطیس‌کردن | ۶ | آیا فاصله پرادها در محدوده استاندارد (۷۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر) تنظیم شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۷ | آیا پیش از برقراری جریان، پرادها با فشار کافی روی سطح تثبیت شده‌اند؟ | ☐ | ☐ |
| | ۸ | آیا آمپراژ متناسب با فاصله پرادها و ضخامت قطعه مطابق دستورالعمل تنظیم شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۹ | آیا جریان الکتریکی تا لحظه اتمام پاشش ذرات برقرار باقی می‌ماند؟ (تکنیک مداوم) | ☐ | ☐ |
| پوشش و حساسیت | ۱۰ | آیا بازرسی در دو جهت عمود بر هم (۹۰ درجه) برای هر ناحیه انجام شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۱۱ | آیا هم‌پوشانی (Overlap) کافی بین نواحی بازرسی رعایت شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۱۲ | آیا از شاخص‌های میدان (مانند Pie Gauge) استفاده شده است؟ | ☐ | ☐ |
| ارزیابی و پایان کار | ۱۳ | آیا تمایز بین نشانه‌های واقعی و کاذب (مانند تجمع پودر در ریشه) صورت گرفته است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۱۴ | آیا قطعه پس از اتمام بازرسی به‌طور کامل مغناطیس‌زدایی (Demagnetic) شده است؟ | ☐ | ☐ |
| | ۱۵ | آیا تمیزکاری نهایی و ثبت دقیق نتایج در فرم گزارش انجام شده است؟ | ☐ | ☐ |

نکته

برای پیشگیری از ایجاد لکه قوس و سوختگی، جریان باید پیش از تماس یا جداسازی پرودها قطع باشد و نوک آنها همواره تمیز و صیقلی نگهداری شود. همچنین جهت جلوگیری از رسوب مس روی قطعه در ولتاژهای مدار باز بالای ۲۵ ولت، استفاده از نوک‌های سربی، فولادی یا آلومینیومی توصیه می‌شود.

## مغناطیس پسماند

در بازرسی به روش ذرات مغناطیسی (MT)، شناخت رفتار ماده در برابر میدان مغناطیسی برای انتخاب تکنیک بهینه (پیوسته یا باقیمانده) الزامی است. این رفتار توسط نموداری موسوم به «حلقه هیسترزیس» نمایش داده می‌شود که رابطه بین شدت میدان مغناطیسی اعمال‌شده (H) و چگالی شار مغناطیسی القا شده در قطعه (B) را تبیین می‌کند (شکل ۱۷).




شکل ۱۷ــ نمودار حلقه هیسترزیس

### نقاط کلیدی نمودار

نقطه a (اشباع مغناطیسی): با افزایش شدت میدان (H)، چگالی شار (B) افزایش یافته تا به نقطه‌ای می‌رسد که دیگر افزایش میدان تأثیری بر شار نخواهد داشت. در این وضعیت، تمام دو قطبی‌های مغناطیسی ماده هم‌راستا شده‌اند. برای دستیابی به بیشترین منطقه نشتی در محل عیوب، رسیدن به نزدیکی این نقطه در تکنیک پیوسته ایده‌آل است.

نقطه b (پسماند مغناطیسی): هنگامی‌که نیروی مغناطیس‌کننده حذف شود (H)، چگالی شار به صفر برنمی‌گردد. مقدار شاری که در ماده باقی می‌ماند، ماندگاری یا پس‌ماند نامیده می‌شود. این نقطه، اساس کار تکنیک پسماند است.

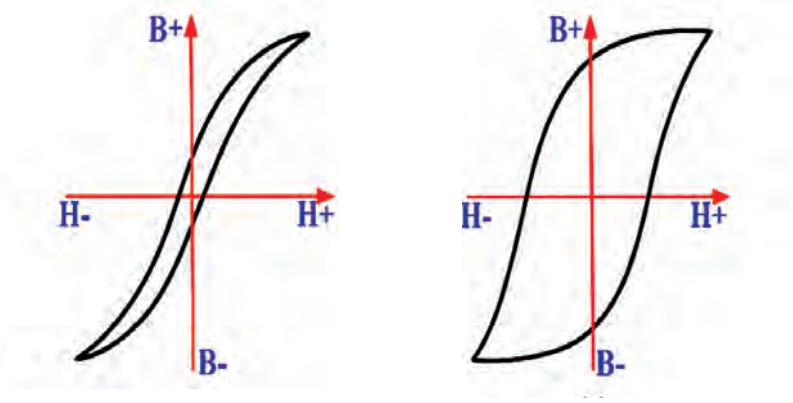
نقطه c (نیروی وادارنده): برای حذف کامل مغناطیس باقیمانده و رساندن شار به صفر، باید میدانی در جهت مخالف اعمال گردد و شاخصی برای سختی یا سهولت مغناطیس زدایی کردن قطعه است.

### مقایسه تکنیک پیوسته و باقیمانده

**تکنیک پیوسته:** بیشترین مقدار چگالی شار (B) همواره در زمان حضور جریان مغناطیس‌کننده (نقطه a) رخ می‌دهد. قدرت میدان نشتی در محل ترک مستقیماً با چگالی شار رابطه دارد، تکنیک پیوسته بالاترین حساسیت را در آشکارسازی عیوب بسیار ریز یا زیرسطحی فراهم می‌کند.

**تکنیک پسماند:** در این روش، بازرس تنها بر شار موجود در نقطه b تکیه می‌کند. اگر ماده دارای نفوذپذیری بالا و ماندگاری پایین باشد، فاصله بین نقطه a و b زیاد بوده و میدان پسماند برای جذب ذرات و ایجاد نشانه کافی نخواهد بود. لذا این روش فقط برای موادی با ماندگاری بالا و عیوب بزرگ سطحی توصیه می‌شود.

در شکل ۱۸ دو حلقه یا منحنی متفاوت را مشاهده می‌کنید. منحنی الف دارای مغناطیس پسماند مناسب اما منحنی ب دارای مغناطیس پسماند کمی می‌باشد.




ب الف

**شکل ۱۸**

در منحنی (الف)، به علت وجود مغناطیس پسماند کافی در نمونه، بازرسی به روش پسماند انجام می‌شود. در منحنی (ب)، به علت کم بودن مغناطیس پسماند پس از قطع جریان، نمونه باید به روش مداوم بازرسی شود. مقدار مغناطیس پسماند قطعه، متناسب با حساسیت مورد نیاز بازرسی و توسط طراح یا بازرس تعیین می‌شود.

نکته

مواد مغناطیسی نرم که معمولاً دارای منحنی (ب) هستند، به‌راحتی مغناطیس می‌شوند، اما سریع خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. در مقابل، مواد مغناطیسی سخت که مشابه منحنی (الف) هستند، به نیروی مغناطیس‌کننده بیشتری نیاز دارند، ولی دارای نیروی وادارندگی و مغناطیس پسماند بیشتری بوده و مغناطیس خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند.

کار کلاسی

با توجه به شکل منحنی‌های هیسترزیس الف، ب و مطالب ارائه شده، جدول زیر را با عبارات مناسب کامل کنید.**جدول ۹ــ مقایسه رفتار مغناطیسی مواد و تکنیک‌های بازرسی (MT)**

| مشخصه/پارامتر | مواد مغناطیسی سخت (منحنی الف) | مواد مغناطیسی نرم (منحنی ب) |
|---|---|---|
| سهولت مغناطیس شدن | ... | آسان |
| میزان مغناطیس پسماند | زیاد | ... |
| میزان نیروی وادارندگی | ... | کم |
| پهنای حلقه هیسترزیس | پهن و عریض | ... |
| تکنیک بازرسی | ... | تکنیک پیوسته |
| سرعت از دست دادن مغناطیس | کند | ... |
| سهولت در مغناطیس‌زدایی | ... | آسان |

## روش اعمال مغناطیس

در بازرسی به روش ذرات مغناطیسی، انتخاب شیوه اِعمال میدان مغناطیسی و زمان‌بندی پاشش ذرات آشکارساز، مستقیماً به خواص فیزیکی و متالورژیکی قطعه‌کار به‌ویژه میزان کربن و توانایی آن در نگهداری مغناطیس، پسماندزدایی یا وادارندگی مغناطیسی بستگی دارد. فولادها و آلیاژهای مختلف براساس ترکیب شیمیایی خود، رفتارهای مغناطیسی متفاوتی نشان می‌دهند برخی بلافاصله پس از قطع جریان الکتریکی مغناطیس خود را از دست می‌دهند و برخی دیگر قادرند میدان مغناطیسی را در خود ذخیره کنند.

جهت شناسایی دقیق عیوب سطحی و زیرسطحی، روش‌های مغناطیس‌کاری به صورت روش مداوم برای قطعات با قابلیت نگهداری مغناطیسی کم مانند فولادهای کم‌کربن و نرم و روش پسماند برای قطعات با قابلیت نگهداری مغناطیسی بالا مانند فولادهای پرکربن و سخت تقسیم‌بندی می‌شوند که هریک دستورالعمل و مراحل اجرایی خاص خود را دارند.

**روش مداوم (Continuous Method)**: این روش به دلیل حساسیت بالا، روش استاندارد برای بازرسی اکثر قطعات فرومغناطیس، به‌ویژه فولادهای با کربن کم (که پسماند مغناطیسی ناچیزی دارند)، محسوب می‌شود. در این روش، اپراتور ابتدا قطعه را با دقت بین فک‌های دستگاه مستقر و محکم و یا پایه‌های یوک را روی قطعه در محل مورد نظر قرار داده تا اتصال الکتریکی کامل برقرار شود. سپس درحالی‌که جریان مغناطیس‌کننده برقرار است، پاشش ذرات روی سطح قطعه آغاز می‌گردد. نکته حیاتی در این روش آن است که جریان الکتریکی باید تا لحظه‌ی اتمام پاشش ذرات و کمی پس از آن (جهت تثبیت نشانه‌ها) برقرار باقی بماند. برقراری جریان معمولاً در پالس‌های کوتاه انجام می‌شود تا از گرم شدن بیش از حد قطعه جلوگیری گردد.

**روش پسماند (Residual Method)**: در این روش تنها برای قطعاتی مجاز است که از مواد با پسماندپذیری مغناطیسی بالا (مانند فولادهای پرکربن یا سخت‌کاری شده) ساخته شده باشند. ابتدا قطعه با اعمال پالس‌های جریان الکتریکی مغناطیس شده و سپس جریان قطع می‌گردد. پس از آن، ذرات روی قطعه اعمال می‌شوند تا از میدان مغناطیسی باقی‌مانده در قطعه برای جذب ذرات استفاده شود.

حساسیت این روش نسبت به روش مداوم کمتر است و باید با استفاده از نمونه‌های مرجع استاندارد، اطمینان حاصل کرد که شدت میدان پسماند برای آشکارسازی عیوب مورد نظر کافی است.

کار کلاسی

متناسب با تعاریف، جاهای خالی در جدول زیر را با شماره مناسب تکمیل نمایید.

**جدول ۱۰**

| شماره | شرح | شماره | موضوع |
|---|---|---|---|
| ۱ | عامل لغزندگی مایع بازرسی روی سطح نمونه | ..... | بازرسی با ایجاد زمینه سفید |
| ۲ | روشی ایده‌آل برای بازرسی قطعات تیره | ..... | ذرات مغناطیس فلورسانس |
| ۳ | مناسب برای بازرسی نمونه‌های حساس | ..... | ذرات مغناطیسی گرد |
| ۴ | دارای مغناطیس پسماند بالا | ..... | فولاد ساده کربنی نرم با پسماند کم |
| ۵ | باید با روش مداوم بازرسی شود | ..... | مواد مغناطیس شونده سخت |
| ۶ | مناسب برای بازرسی نواقص زیر سطحی | ..... | استفاده از جریان DC |
| ۷ | مناسب برای بازرسی نواقص ریز سطحی | ..... | ذرات تر |

## مغناطیس‌زدایی (Demagnetization)

مغناطیس زدایی به روش‌های زیر انجام می شود.

- **معکوس کردن جریان:** ورود دستگاه، کلید معکوس کردن جریان را انتخاب و جریان را برقرار می‌کنیم.
- **تقلیل پله‌ای جریان تا صفر:** 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 می شود.
- **دورکردن نمونه از محیط مغناطیسی:** نمونه را در میدان گرفته و با تغییر جهت نمونه آن را از میدان دور می‌نماییم.

پرسش کلاسی

کدام روش مغناطیس زدایی براساس منحنی هیسترزیس انجام می‌پذیرد؟

**پاسخ** .....

## انواع نشانه در تست ذرات مغناطیس

**نشانه‌های مرتبط (Relevant Indications)**: نشانه‌هایی هستند که ناشی از ناپیوستگی‌های واقعی در قطعه (مانند ترک‌ها، عدم ذوب و غیره) می‌باشند. که باید با "معیارهای پذیرش" (Acceptance Criteria) در استاندارد مقایسه شوند. این نشانه‌ها براساس شکل ظاهری به دو گروه تقسیم می‌شوند:

نشانه‌های خطی (Linear Indications)، مانند ترک‌ها و... نشانه‌هایی هستند که طول آنها بیش از ۳ برابر عرض آن نشانه باشد.

نشانه‌های مدور (Rounded Indications)، مانند تخلخل‌ها و ... نشانه‌هایی هستند که طول آنها کمتر یا مساوی ۳ برابر عرض آن نشانه باشد.

نکته

این نشانه‌ها با توجه به اندازه و فاصله (تراکم) طبق جدول‌های معیار پذیرش مورد ارزیابی و در فرم های گزارش نویسی ثبت می گردد.

**نشانه‌های غیرمرتبط (Non_Relevant Indications)**: نشانه‌هایی هستند که توسط ناپیوستگی‌های واقعی ایجاد شده‌اند، اما عیب (Defect) محسوب نمی‌شوند و ساختار قطعه را تهدید نمی‌کنند و ممکن است از تغییر در نفوذپذیری مغناطیسی (Magnetic Permeability) به دلیل تغییر در ساختار متالورژیکی (مثلاً منطقه متأثر از حرارت ـ HAZ)، اتصالات مکانیکی سخت (مثل لبه‌های جوش در اتصالات T یا تغییر مقطع‌های ناگهانی) یا تنش‌های پسماند مغناطیسی ایجاد شود.

**نشانه‌های کاذب (False Indications)**: نشانه‌هایی که ناشی از شرایط فیزیکی آزمون هستند و هیچ ارتباطی با ساختار قطعه ندارند. احتمال ایجاد آنها به دلیل آلودگی سطح (چربی، روغن، براده‌های فلزی چسبیده به سطح)، خشکی بیش از حد ذرات مغناطیسی (عدم توزیع یکنواخت) یا نیروی بیش از حد در هنگام اعمال میدان (تجمع ذرات بر اثر نیروی مغناطیسی بیش از حد) ایجاد شود.

نکته

این موارد را باید با پاکسازی سطح و تکرار آزمون (Re_testing) حذف کرد تا از قضاوت اشتباه جلوگیری شود.

معیار در تست ذرات مغناطیس براساس استاندارد و دستورالعمل پذیرش عیوب می باشد. (جدول ۱۱)

**جدول ۱۱**

| نوع نشانه | تعریف هندسی | برخورد در بازرسی |
|---|---|---|
| خطی (Linear) | عرض×۳ ≤ طول | ارزیابی براساس جدول معیار پذیرش |
| مدور (Rounded) | عرض×۳ ≤ طول | ارزیابی براساس جدول معیار پذیرش |
| غیرمرتبط (Non_Relevant) | ناشی از هندسه قطعه | قابل قبول |
| کاذب (False) | ناشی از آلودگی سطح | حذف اثر و تکرار آزمون |

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود جدول زیر را که مربوط به برخی علائم نامربوط می‌باشد را تکمیل نمایید.

| علامت نامربوط /عیب کاذب | توضیح |
|---|---|
| لایه اکسیدی | لایه اکسیدی، ذرات مغناطیسی را به خود جذب و به صورت یک نقص ظاهری دیده شود. |
| چربی و آلودگی سطحی | چربی‌ها نیز ذرات را به خود جذب کرده و باعث ایجاد نشانه‌های گمراه‌کننده می‌شوند. |
| غیرمتجانس بودن قطعه | ..... |
| اتصال پرسی (Press Fit) | در قطعاتی که به صورت پرسی هستند، احتمال ایجاد نشانه‌های کاذب وجود دارد. |
| ..... | اختلاف سختی در قطعات غیرمتجانس، باعث ایجاد نشانه‌های نامربوط شود. |
| شیارها و خراش‌ها | ..... |
| ..... | دو قطعه مغناطیس‌شده در تماس با یکدیگر قرار گیرند و بر هم اثر مغناطیسی بگذارند. |

## تشخیص وجود مغناطیس پسماند

گاوس‌متر وسیله‌ای آنالوگ یا دیجیتال که برای اندازه‌گیری چگالی شار میدان مغناطیسی در یک نقطه است که مقدار میدان را معمولاً بر حسب گاوس یا تسلا نشان می‌دهد و در آزمون ذرات مغناطیسی برای ارزیابی میدان اعمال‌شده و مغناطیس باقیمانده قطعه کاربرد دارد (شکل ۱۹).






شکل ۱۹

برخلاف دستگاه‌های دیجیتال که دقت بسیار بالایی دارند، گاوس‌مترهای عقربه‌ای ابزاری سریع و میدانی برای چک کردن موارد زیر هستند.

- **برقراری میدان مغناطیسی:** بازرس مطمئن می‌شود که با قرار دان یوک و برقراری جریان، میدان مغناطیسی در محل مورد نظر تشکیل شده است.
- **جهت میدان مغناطیسی:** این دستگاه برای تشخیص جهت‌گیری راستای میدان مغناطیسی استفاده می‌شود.
- **اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی:** برای شروع بازرسی شدت میدان، حداقل حدود ۱۰ گاوس (Gauss) باشد که توسط بازرس باید چک شود.
- **تأیید مغناطیس‌زدایی:** پس از اتمام بازرسی و انجام عملیات مغناطیس‌زدایی، از این وسیله برای اطمینان از اینکه باقی‌مانده میدان مغناطیسی قطعه به حد مجاز (معمولاً کمتر از ۲ گوس) رسیده است، استفاده می‌شود.

نکته

این دستگاه‌ها خیلی دقیق نیستند و نباید برای گزارش‌های حساسِ تأیید کالیبراسیون با دقت بالا به آنها تکیه کرد. هدف آنها فقط یک بررسی سریع (Quick Check) است.

جست‌وجو کنید

هنرجویان عزیز با جست‌وجو کردن در اینترنت و راهنمایی هنرآموز محترم خود مقایسه‌ای بین گیج پسماند مغناطیس عقربه‌ای و دیجیتال انجام داده و درکلاس بحث وگفت‌وگو کنید و نتیجه را گزارش نمایید.

**پاسخ:** .....

.....

کار کلاسی

جدول مقایسه‌ای آزمون‌های VT، MT و PT را تکمیل نمایید.

| نام آزمون | VTبازرسی چشمی<br>Visual Testing | PTمایعات نافذ<br>Penetrant Testing | MTذرات مغناطیسی<br>Magnetic Particle Testing |
|---|---|---|---|
| مبنای آزمون | مشاهده مستقیم یا غیرمستقیم سطح قطعه با چشم یا ابزار کمکی | نفوذ مایع نافذ به ناپیوستگی‌های باز در سطح و آشکارشدن آن با آشکارساز | ایجاد میدان مغناطیسی در قطعه و تجمع ذرات در محل نشت شار |
| قابلیت آشکارسازی عیوب | ..... | فقط عیوب باز به سطح | ..... |
| موقعیت عیب | فقط عیوب قابل رؤیت سطحی | فقط سطحی | سطحی و کمی زیرسطحی |
| نوع مواد قابل آزمون | ..... | ..... | فقط مواد فرومغناطیسی |
| تمیزکاری سطح | لازم است | بسیار مهم و ضروری است | لازم است |
| حساسیت آزمون | کم تا متوسط | بالا | بالا |

| نام آزمون | VTبازرسی چشمی<br>Visual Testing | PTمایعات نافذ<br>Penetrant Testing | MTذرات مغناطیسی<br>Magnetic Particle Testing |
|---|---|---|---|
| آشکارسازی ترک‌های ریز | محدود | ..... | خوب تا بسیار خوب |
| تجهیزات | ..... | نافذ، پاک‌کننده، آشکارساز، نور | ..... |
| سرعت آزمون | زیاد | متوسط | نسبتاً زیاد |
| مهارت بازرس | بالا در مشاهده و تفسیر | بالا در آماده‌سازی سطح و تفسیر آثار | بالا در مغناطیس‌سازی و تفسیر نشانه‌ها |
| محدودیت | فقط برای عیوب قابل رؤیت | فقط برای عیوب باز به سطح | ..... |
| مزیت | ..... | بسیاری از مواد و ترک‌های ظریف | عیوب سطحی و نزدیک به سطح |
| شرایط نوری | نور مرئی کافی | ..... | نورمرئی یا نورفرابنفش،بسته به‌نوع ذرات |
| کاربرد | قبل، حین و پس از ساخت یا جوشکاری | ..... | ..... |
| عملیات پس از آزمون | معمولاً ندارد | نیاز به پاک‌سازی سطح پس از آزمون | ..... |

نکته

با توجه به استاندارد پروژه، دستورالعمل و سازنده ، زمان‌بندی کنترل یا تست تجهیزات ، می‌تواند متغیر باشد . جدول زیر برای کارگاه و بازرسی عملی بسیار رایج است.

| وسیله/آزمون | زمان کنترل یا تست | توضیح کوتاه |
|---|---|---|
| Yoke/Lift Test | ابتدای هر شیفت یا هر روز | برای اطمینان از قدرت لیفتینگ یوک AC یا DC |
| Pie Gauge | قبل از استفاده | برای کنترل جهت و کفایت میدان مغناطیسی |
| Field Indicator / Field Indicator (MF_ ۵۱ / MTU_۳ type) | قبل از استفاده | برای بررسی جهت و حضور میدان مغناطیسی |
| Ketos Ring | قبل‌ازشروع‌کاریاهنگام‌راه‌اندازی‌سیستم | برای کنترل توان و عملکرد سیستم |
| UV Lamp/Black Light | هر روز قبل از استفاده | کنترل شدت نور UV و گرم شدن دستگاه |
| White Light Meter (Lux Meter) | هر روز قبل از استفاده | برای اطمینان از مناسب بودن نور سفید محیط |
| Dry Powder Condition | قبل از استفاده | بررسی خشکی، کلوخه نشدن و تمیزی پودر |
| Calibration of measuring instruments | معمولاً سالیانه | برای UV meter، gauss meter، lux meter |

کارکارگاهی۱

## مقایسه پسماند مغناطیس با یوک DC

مقایسه پسماند در قطعه فولاد کم‌کربن و فولاد ابزار با ابعاد یکسان



### ☐ مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل و تجهیزات مورد نیاز از انبار
- ☐ تمیزکاری قطعه
- ☐ قرار دادن یوک روی قطعه
- ☐ اعمال جریان در مدت زمان یکسان برای هر قطعه
- ☐ قطع کردن جریان
- ☐ اندازه‌گیری میدان مغناطیسی باقی‌مانده
- ☐ مقایسه قطعات مغناطیس‌شده
- ☐ تکمیل جدول مقایسه
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

| جنس قطعه | نتیجه |
|---|---|
| فولاد کم‌کربن | ..... |
| فولاد ابزار | ..... |

نکته

همیشه پس از پایان تست، استفاده از گاوس‌متر جهت اطمینان از خنثی بودنِ میدانِ مغناطیسی قطعه الزامی است.

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ■ استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی
- ■ انجام کارکارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- ■ گزارش هرگونه حادثه بلافاصله به هنرآموز یا سرپرست کارگاه
- ■ خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- ■ استفاده از تهویه در روش تر یا اسپری، برای جلوگیری از استنشاق بخارها و ذرات
- ■ اطمینان از سالم بودن کابل‌ها، دوشاخه، اتصالات و عایق‌ها قبل از وصل یوک
- ■ دور نگه داشتن مواد مغناطیسی، حلال‌ها و اسپری‌ها از شعله، جرقه و سطح داغ

نکات زیست‌محیطی

- ■ عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- ■ تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- ■ استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- ■ استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه‌کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی ۲

## تست جوش اتصال لب به لب با یوک AC/DC و ذرات پودر خشک زیر نور مرئی



**مراحل انجام کار**

- دریافت وسایل و تجهیزات مورد نیاز از انبار
- تمیزکاری قطعه
- قرار دادن یوک روی قطعه
- اعمال جریان در مدت زمان ثابت برای هر قطعه
- قطع کردن جریان
- اندازه‌گیری میدان مغناطیسی باقی‌مانده
- مقایسه قطعات مغناطیس‌شده
- تکمیل جدول مقایسه
- تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

نکته

همیشه پس از پایان تست، استفاده از گاوس‌متر جهت اطمینان از خنثی بودنِ میدانِ قطعه الزامی است.

**وسایل و تجهیزات**

در جدول ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی
- انجام کارکارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- استفاده از تهویه در روش تر یا اسپری، برای جلوگیری از استنشاق بخارها و ذرات
- اطمینان از سالم بودن کابل‌ها، دوشاخه، اتصالات و عایق‌ها قبل از وصل یوک
- دور نگه داشتن مواد مغناطیسی، حلال‌ها و اسپری‌ها از شعله، جرقه و سطح داغ

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی ۴

## تست جوش اتصال سه‌پری با یوک AC/DC به روش تر زیر نور مرئی



### مراحل انجام کار

- دریافت وسایل و تجهیزات مورد نیاز از انبار
- تمیزکاری قطعه
- قرار دادن یوک روی قطعه
- اعمال جریان در مدت زمان ثابت برای هر قطعه
- قطع کردن جریان
- اندازه‌گیری میدان مغناطیسی باقی‌مانده
- مقایسه قطعات مغناطیس‌شده
- تکمیل جدول مقایسه
- تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

نکته

همیشه پس از پایان تست، استفاده از گاوس‌متر جهت اطمینان از خنثی بودنِ میدانِ قطعه الزامی است.

### وسایل و تجهیزات

در جدول ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

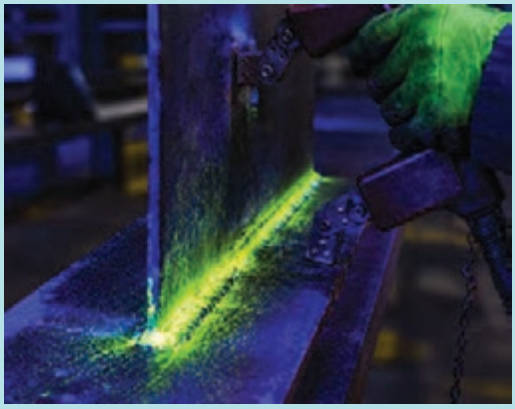
- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی
- انجام کارکارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه بلافاصله به هنرآموز یا سرپرست کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- استفاده از تهویه در روش تر یا اسپری، برای جلوگیری از استنشاق بخارها و ذرات
- اطمینان از سالم بودن کابل‌ها، دوشاخه، اتصالات و عایق‌ها قبل از وصل یوک
- دور نگه داشتن مواد مغناطیسی، حلال‌ها و اسپری‌ها از شعله، جرقه و سطح داغ

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه‌کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی ۴

## تست جوش اتصال سه‌پری با یوک AC/DC به روش‌تر زیر نور فرابنفش



### ☐ مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل وتجهیزات مورد نیاز از انبار
- ☐ تمیزکاری قطعه
- ☐ قرار دادن یوک روی قطعه
- ☐ اعمال جریان در مدت زمان ثابت برای هر قطعه
- ☐ قطع کردن جریان
- ☐ اندازه‌گیری میدان مغناطیسی باقی‌مانده
- ☐ مقایسه قطعات مغناطیس‌شده
- ☐ تکمیل جدول مقایسه
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

نکته

همیشه پس از پایان تست، استفاده از گاوس‌متر جهت اطمینان از خنثی بودنِ میدانِ قطعه الزامی است.

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک، ماسک تنفسی
- انجام کارکارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- گزارش هرگونه حادثه بلافاصله به هنرآموز یا سرپرست کارگاه
- خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- استفاده از تهویه در روش تر یا اسپری، برای جلوگیری از استنشاق بخارها و ذرات
- اطمینان از سالم بودن کابل‌ها، دوشاخه، اتصالات و عایق‌ها قبل از وصل یوک
- دور نگه داشتن مواد مغناطیسی، حلال‌ها و اسپری‌ها از شعله، جرقه و سطح داغ

نکات زیست‌محیطی

- عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه‌کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

کارکارگاهی ۵

## تست خط جوش لوله ۴ اینچ با یوک AC/DC به روش تر زیر نور مرئی



### مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل و تجهیزات مورد نیاز از انبار
- ☐ تمیزکاری قطعه
- ☐ قرار دادن یوک روی قطعه
- ☐ اعمال جریان در مدت زمان ثابت برای هر قطعه
- ☐ قطع کردن جریان
- ☐ اندازه‌گیری میدان مغناطیسی باقی‌مانده
- ☐ مقایسه قطعات مغناطیس‌شده
- ☐ تکمیل جدول مقایسه
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

نکته

همیشه پس از پایان تست، استفاده از گاوس‌متر جهت اطمینان از خنثی بودنِ میدانِ قطعه الزامی است.

### ☐ وسایل و تجهیزات

در جدول ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انباردار تحویل بگیرید.

| ابزار و تجهیزات مورد نیاز | | |
|---|---|---|
| ردیف | وسایل | تعداد |
| ۱ | | |
| ۲ | | |
| ۳ | | |

توجه کنید

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ■ استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار، کفش ایمنی، ماسک ، ماسک تنفسی
- ■ انجام کارکارگاهی تحت نظارت هنرآموز
- ■ گزارش هرگونه حادثه بلافاصله به هنرآموز یا سرپرست کارگاه
- ■ خودداری از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه
- ■ استفاده از تهویه در روش تر یا اسپری، برای جلوگیری از استنشاق بخارها و ذرات
- ■ اطمینان از سالم بودن کابل‌ها، دوشاخه، اتصالات و عایق‌ها قبل از وصل یوک
- ■ دور نگه داشتن مواد مغناطیسی، حلال‌ها و اسپری‌ها از شعله، جرقه و سطح داغ

نکات زیست‌محیطی

- ■ عدم تخلیه باقیمانده اسپری‌ها، حلال‌ها و مواد ناقل در فاضلاب یا خاک و جمع‌آوری آنها در ظروف ویژه.
- ■ تفکیک قوطی‌های خالی و تحت‌فشارِ اسپری و خودداری از سوراخ کردن یا سوزاندن آنها.
- ■ استفاده از مواد پایه آب به‌جای حلال‌های فرار جهت کاهش آلودگی هوا.
- ■ استفاده از سینی یا پارچه جاذب زیر قطعه کار جهت جلوگیری از نشت مواد به کف کارگاه.

# ارزشیابی شایستگی آزمون ذرات مغناطیسی

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | با رعایت اصول ایمنی، دستورالعمل‌های استاندارد و مراحل فنی، قطعه مورد نظر را برای آزمون آماده‌سازی کرده، دستگاه آزمون ذرات مغناطیس را تنظیم نموده و با استفاده از روش مناسب (خشک یا تر)، نواحی دارای ناپیوستگی سطحی و نزدیک به سطح را شناسایی و ثبت کند. | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۵۱ | کار | آزمون ذرات مغناطیسی | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی قطعه و تجهیزات | میز کار و گیره نگهدارنده قطعه، چراغ یا منبع نور مناسب، عینک و تجهیزات حفاظت فردی، خط‌کش فلزی و متر، گیج بازرسی جوش کمبریج و AWS، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۵۰ | مشاهده کار (چک‌لیست مشاهده عملکرد) | انتخاب تجهیزات، روش و تمیزی سطح برابر معیار | ۳ | |
| | | | | تمیزی سطح | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در آماده‌سازی | ۱ | |
| ۲ | اجرای تست ذرات مغناطیس و مشاهده | چراغ یا منبع نور مناسب،عینک و تجهیزات حفاظت فردی، ست اسپری ذرات مغناطیس، لامپ uv، ذره‌بین، برس سیمی و ابزار تمیزکاری سطح، مارکر، ماسک تنفسی، گیج پسماند مغناطیس، پای گیج، یوک مغناطیس (AC-DC)<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۶۰ | آزمون عملکردی (همراه با مشاهده مستقیم فرایند بازرسی) | اجرای دقیق، اصولی و کامل تست ذرات مغناطیس برابر معیار | ۳ | |
| | | | | اعمال میدان مغناطیسی و پایش برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در اجرای تست | ۱ | |
| ۳ | ثبت نتایج | مارکر، فرم ثبت بازرسی و نوشت‌افزار<br>تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۳۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (ارزیابی مستندات) | تفکیک نشانه‌های واقعی از نشانه‌های کاذب | ۳ | |
| | | | | تشخیص موقعیت ناپیوستگی | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در ثبت نتایج | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | تفسیر اطلاعات، امانت‌داری در ثبت نتایج، ثبت عیوب، پاک‌سازی آلودگی سطحی و رعایت الزامات ایمنی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |
| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | | | | | بلی ☐ | |
| | | | | | خیر ☐ | |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

# واحد یادگیری ۲

## تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی

### آیا تابه‌حال پی برده‌اید ؟

- ثبت دقیق اطلاعات آزمون (نوع دستگاه، جریان مغناطیس، آشکارساز و...) در فرم، به‌اندازه‌ی خودِ آزمون اهمیت دارد.
- در گزارش بازرسی باید اطلاعات لازم مانند نوع و محل عیب و نتیجه آزمون برای کارفرما یا ناظر درج شود.
- نادیده گرفتن عیب در جوش و ورود قطعهٔ معیوب به کار، خطر جدی برای ایمنی و محیط زیست به دنبال دارد.
- برای تفسیر صحیح نشانه‌ها در تست ذرات مغناطیس، باید از استانداردهای مرتبط با عیوب جوش استفاده کرد.
- برای نظر قطعی درباره نوع و محل عیب، باید به مدرک و شواهد فنی تکیه کرد، نه حدس و قضاوت شخصی.
- در آزمون ذرات مغناطیس، سطح قطعه باید از رنگ، زنگ، روغن و آلودگی تمیز شود تا نشانه عیب به‌درستی آشکار گردد.
- ثبت اطلاعات تجهیزات و مواد مصرفی آزمون در فرم‌های گزارش‌نویسی اهمیت زیادی دارد.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی، پس از اتمام واحد و کسب شایستگی لازم در نتایج به‌دست‌آمده از آزمون ذرات مغناطیس را براساس فرم‌های استاندارد ثبت و بررسی کرده، علائم و نشانه‌های مشاهده‌شده را تفسیر نموده و با تحلیل داده‌ها، نوع و محل عیوب احتمالی را تشخیص داد و گزارش آزمون را به‌طور صحیح تکمیل کند.

## فرم استاندارد آزمون ذرات مغناطیس

در آزمون ذرات مغناطیس، تنها انجام آزمون کافی نیست؛ بلکه ثبت درست نتایج نیز اهمیت زیادی دارد. برای این‌کار از فرم‌های استاندارد استفاده می‌شود. فرم‌ها به بازرس کمک می‌کنند تا اطلاعات مربوط به قطعه، شرایط آزمون، نشانه‌های مشاهده‌شده و نتیجه نهایی به‌صورت منظم و قابل استناد ثبت شوند. فرم استاندارد آزمون ذرات مغناطیس، سندی است که در آن اطلاعات اصلی آزمون نوشته می‌شود. این اطلاعات شامل مشخصات قطعه، نام آزمون‌گر، تاریخ آزمون، نوع روش، شرایط انجام آزمون، تجهیزات مورد استفاده، ناحیه بازرسی، نشانه‌های مشاهده‌شده و نتیجه نهایی است. اگر این اطلاعات به‌درستی ثبت نشود، بررسی و داوری نهایی درباره قطعه با خطا همراه خواهد بود.

**مهارت در گزارش‌نویسی**

| استفاده از فرم‌های استاندارد و معتبر | شناسایی بخش‌های مختلف فرم | خواندن و ثبت اطاعات هر بخش به‌درستی | وارد نمودن مشخصات آزمون در فرم گزارش |
|---|---|---|---|

**نمودار ۱**

## آشنایی با فرم استاندارد

بازرس باید بداند هر بخش از فرم چه کاربردی دارد و چگونه باید آن را تکمیل کند. به همین دلیل، دقت، نظم و خوانایی در نوشتن اطلاعات بسیار مهم است. فرم آزمون ذرات مغناطیس (MT) دارای بخش‌های داده شده در جدول ۱۲ است.

**جدول ۱۲**

| ردیف | بخش فرم | اطلاعات قابل ثبت |
|---|---|---|
| ۱ | مشخصات عمومی | نام و نام خانوادگی، تاریخ آزمون، شماره/شناسه قطعه، نام آزمون‌گر یا بازرس |
| ۲ | مشخصات آزمون | روش آزمون، ماده آشکارساز، روش مغناطیس‌سازی، ابزار مورد استفاده، شرایط سطح قطعه |
| ۳ | مشخصات قطعه و محل بازرسی | نوع قطعه، محل جوش یا ناحیه بررسی‌شده، طول یا محدوده بازرسی |
| ۴ | نتایج مشاهده‌شده | نوع نشانه‌ها، محل نشانه‌ها، تعداد و اندازه تقریبی نشانه‌ها |
| ۵ | نتیجه نهایی | قبول / مردود / نیاز به آزمون مجدد |
| ۶ | امضا و تأیید | امضای آزمون‌گر، امضای ناظر یا مسئول کنترل کیفیت |

تکمیل درست فرم، یک کار اداری نیست، بلکه بخشی از مسئولیت حرفه‌ای بازرس به شمار می‌آید. اگر گزارش ناقص یا نادرست باشد، ممکن است نتیجه آزمون اشتباه تفسیر شود و قطعه معیوب به مرحله بعد برود. فرم گزارش کامل و دقیق، امکان پیگیری، بررسی مجدد و مستندسازی نتایج را فراهم می‌کند.

**پارامترهای اساسی در گزارش نویسی عبارت‌اند از:**

- خوانا و دقیق بودن اطلاعات نوشته شده
- پرهیز از نوشتن اطلاعات ناقص یا مبهم
- تکمیل هر بخش فرم مطابق دستورالعمل
- ثبت نشانه‌ها براساس مشاهده واقعی، نه حدس و گمان
- اصلاح خطا طبق ضوابط

**قابلیت ردیابی (Traceability)**

فرم بازرسی بخشی از شناسنامه فنی قطعه است. ثبت دقیق مشخصات، مثلاً نام قطعه، همراه با کد رهگیری قطعه باید در فرم ثبت شود. همچنین فرم گزارش باید نشان‌دهند که بازرسی براساس کدام کد یا استاندارد انجام شده است (مثلاً ISO ۱۷۶۳۸ یا ASME Sec V). بدون ذکر منبع استاندارد در فرم، گزارش فاقد اعتبار قانونی است.

**ثبت پارامترهای کلیدی (Key Variable Recording)**

در آزمون ذرات مغناطیس، برخی پارامترها باید در فرم درج شوند. ثبتِ صرفِ کلمه «مغناطیس شد» کافی نیست. یک بازرس حرفه‌ای در فرم گزارش تست باید موارد زیر را یادداشت کند.

- فاصله بین پایه‌های یوک
- شدت نور محیط
- نوع ماده آشکارساز
- روش به‌کارگیری ماده آشکارساز
- نوع جریان و شدت میدان
- روش حذف پسماند مغناطیس

**اشتباه در گزارش‌نویسی**

موقع گزارش‌نویسی ممکن است اشتباهاتی صورت گیرد. در جدول ۱۳ به برخی از موارد رایج اشاره شده است.

**جدول ۱۳**

| اشتباه رایج | پیامد فنی / حقوقی | راهکار اصلاحی |
|---|---|---|
| تراشیدن یا استفاده از لاک غلط‌گیر | شک به اصالت گزارش | خط‌کشیدن روی اشتباه با یک خط مورب، امضا و درج تاریخ |
| استفاده از عبارت کلی "قطعه سالم است" | عدم امکان بررسی مجدد در آینده | ذکر دقیق محل |
| جای خالی در فرم | تصورِ انجام‌نشدن آن مرحله | استفاده از خط تیره (–) یا حروف اختصاری N/A در فیلدهای خالی |
| امضای دیجیتال یا مهر بدون تاریخ | از بین رفتن اعتبار زمانی | مهر و امضا به همراه تاریخ دقیق |

**مسئولیت پذیری**

فرم‌های تکمیل شده خروجیِ کارِ یک بازرس می‌باشد. اگر قطعه‌ای که بازرسی شده در آینده دچار شکست شود، اولین مدرکی که بررسی می‌شود، گزارش بازرس است. فرم بازرسی، سپر دفاعی در برابر مسئولیت‌های حقوقی است به شرطی که دقیق و طبق واقعیت تکمیل شده باشد.

**آماده‌سازی کار برای آزمون MT**

پیش‌از شروع آزمون قطعه، محدوده آزمون، تجهیزات و شرایط سطح باید بررسی و آماده شود. بازرس باید

قطعه مورد آزمون را شناسایی، شماره قطعه یا شماره جوش را ثبت، محدوده مورد آزمون را مشخص، سطح مورد آزمون را از نظر آلودگی، چربی، زنگ‌زدگی و سایر عوامل مزاحم بررسی و قطعه را مطابق دستورالعمل آزمون آماده وتجهیزات و مواد مورد نیاز را فراهم کند. برای تمرکز بر آزمون و پیشگیری از فراموشی موارد مورد نیاز، می‌توان از یک چک لیست کارگاهی همانند چک‌لیست داده شده در جدول ۱۴ استفاده نمود.

**جدول ۱۴**

| چک لیست کارگاهی | |
|---|---|
| **مورد** | **وضعیت** |
| شناسایی قطعه | ..... |
| شناسایی محل جوش | ..... |
| تعیین محدوده آزمون | ..... |
| بررسی وضعیت سطح | ..... |
| تمیزکاری | ..... |
| آماده سازی تجهیزات | ..... |
| آماده سازی مواد آزمون | ..... |

## کنترل تجهیزات و شرایط آزمون

پیش از اجرای آزمون، باید بررسی شود که تجهیزات و شرایط همانند وسیله مغناطیس‌کننده، وضعیت ظاهری تجهیزات، مواد آشکارساز، شرایط اعمال ذرات، شرایط مشاهده نشانه‌ها، وضعیت سطح قطعه و تجهیزات جانبی مورد نیاز برای انجام آزمون آماده هستند. در جدول ۱۵ برای آشنایی با فرم، بخشی از نمونه فرم کنترل آمادگی آورده شده است.

**جدول ۱۵**

| فرم کنترل آمادگی | |
|---|---|
| شماره قطعه | ..... |
| شماره جوش | ..... |
| تجهیز مورد استفاده | ..... |
| نوع ماده آشکارساز | ..... |
| وضعیت سطح | مناسب ☐ نیازمند آماده‌سازی ☐ |
| وضعیت تجهیزات | مناسب ☐ نیازمند بررسی ☐ |
| نام بازرس | ..... |
| تاریخ | ..... |

## فرایندآزمون MT

در این بخش بازرس پس از آماده‌سازی، ایجاد میدان مغناطیس، اعمال ماده آشکارساز روی نمونه جوش مشخص‌شده، دقیق به مشاهده نشانه‌ها و بررسی آنها بپردازد و هرگونه نشانه قابل مشاهده را علامت‌گذاری اولیه نماید و در نهایت نتیجه مشاهدات اولیه را ثبت کند. در این مرحله بازرس نباید عجولانه بنویسد " این نشانه عیب است."بلکه باید قید کند:" یک نشانه مشاهده شد."

## مشاهده و ثبت نشانه‌ها

پس از اجرای آزمون، سطح قطعه باید با دقت مورد مشاهده قرار گیرد. هدف این مرحله، شناسایی تجمع‌هایی است که می‌توانند نشان‌دهنده وجود یک ناپیوستگی در قطعه باشند. پس از مشاهده یک تجمع، محل دقیق آن نسبت به جوش و سطح قطعه مشخص می‌شود. در ادامه، شکل، امتداد و وضعیت ظاهری نشانه، بررسی و اطلاعات آن ثبت می‌گردد. باید توجه داشت که مشاهده یک نشانه به‌تنهایی به معنی وجود یک عیب یا مردودی قطعه نیست. ابتدا نشانه باید به‌درستی ثبت و سپس در مرحله تفسیر و ارزیابی، ماهیت و قابلیت پذیرش آن مشخص شود (شکل ۲۰).




شکل ۲۰ـ مراحل فرایند مشاهده و ثبت نشانه‌ها

نکته

مشاهده با تفسیر متفاوت است.

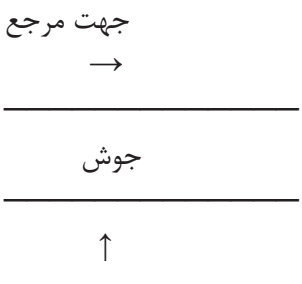
اطلاعات اولیه‌ای که باید ثبت شوند شامل محل نشانه، موقعیت نسبت به جوش، شکل ظاهری، امتداد نشانه، طول تقریبی در صورت قابلیت اندازه‌گیری، تعداد نشانه‌ها و فاصله نشانه‌ها از یکدیگر، در صورت مرتبط بودن می‌باشند.

■ **اهمیت ثبت محل نشانه:** در آزمون‌های غیرمخرب، تنها مشاهده یک نشانه کافی نیست؛ بلکه باید مشخص باشد که نشانه در چه محلی از قطعه مشاهده شده است. ثبت دقیق محل نشانه، امکان بررسی مجدد، مقایسه نتایج و پیگیری وضعیت آن را فراهم می‌کند.

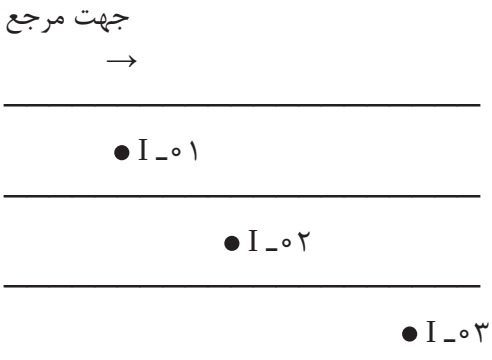
به همین دلیل، هر نشانه مشاهده‌شده باید دارای یک شناسه مشخص باشد و محل آن نیز به‌گونه‌ای ثبت شود که فرد دیگری بتواند با استفاده از اطلاعات گزارش، همان محل را روی قطعه پیدا کند.

■ **روش ثبت نشانه:** پس از مشاهده نشانه، ابتدا محل آن نسبت به جوش، قطعه و محدوده مورد آزمون مشخص می‌شود. سپس برای هر نشانه یک شماره یا شناسه اختصاص داده می‌شود. برای مثال I_۰۱ حرف I در این شناسه بیانگر واژه Indication یعنی نشانه می‌باشد .شناسه‌ای که برای نشانه تعیین می‌شود باید در تمام مراحل بعدی، از جمله فرم ثبت نتایج و گزارش نهایی آزمون، بدون تغییر استفاده شود.

■ **ثبت محل نشانه:** برای ثبت موقعیت نشانه می‌توان یک نقشه تصویری ساده از جوش تهیه کرد. در این نقشه تصویری، محل جوش، جهت حرکت یا مرجع اندازه‌گیری و موقعیت نشانه مشخص می‌شود.




در صورت وجود چند نشانه، هریک با شناسه جداگانه روی نقشه موقعیت مشخص می‌شود.



نقشه موقعیت باید به اندازه‌ای واضح باشد که محل تقریبی هر نشانه نسبت به جوش و سایر نقاط مرجع قابل تشخیص باشد. پس از تعیین محل نشانه، اطلاعات مربوط به آن در برگه ثبت نتایج وارد می‌شود. این اطلاعات شامل موارد زیر می‌باشد.

**جدول ۱۶**

| عنوان | اطلاعات ثبت شده |
|---|---|
| شناسه نشانه | I_۰۱ |
| محل نشانه | روی جوش/ مجاور جوش/ HAZ |
| موقعیت | مطابق نقشه یا مرجع اندازه‌گیری |
| شکل ظاهری | خطی/گرد/ نامنظم |
| امتداد | در صورت تشخیص |
| ابعاد | در صورت نیاز و امکان اندازه‌گیری |
| توضیحات | سایر مشاهدات |

■ **قابلیت ردیابی:** فرض کنید در یک قطعه سه نشانه مشاهده شده است. اگر فقط در گزارش نوشته شود: «سه نشانه مشاهده شد.»
این اطلاعات برای بررسی مجدد کافی نیست؛ زیرا مشخص نیست هر نشانه در کدام قسمت قطعه قرار داشته است.اما اگر نشانه‌ها به‌صورت I_۰۱، I_۰۲ و I_۰۳ شماره‌گذاری و محل آنها روی نقشه مشخص شود، امکان مراجعه مجدد به همان نقاط وجود خواهد داشت، بنابراین هر نشانه باید دارای هویت و موقعیت قابل ردیابی باشد. این موضوع یکی از اصول مهم گزارش‌نویسی و مستندسازی نتایج آزمون‌های غیرمخرب است.

نکته

در این مرحله، وظیفه بازرس ثبت دقیق آن چیزی است که مشاهده نموده است؛ تشخیص ماهیت ناپیوستگی و تصمیم درباره پذیرش یا عدم پذیرش آن در مرحله تفسیر و ارزیابی انجام می‌شود.

■ **ثبت، تفسیر و گزارش‌نویسی:** بازرس در تفسیر نشانه‌ها، با توجه به محل، شکل، امتداد، اندازه، شدت و الگوی تجمع ذرات تلاش می‌کند مشخص نماید که نشانه مشاهده شده احتمالاً ناشی از یک ناپیوستگی واقعی در قطعه است یا ممکن است در اثر شرایط هندسی، وضعیت سطح یا عوامل دیگری ایجاد شده باشد.
■ **تفسیر اولیه نشانه:** تفسیر اولیه، نشانه را می‌توان با یک فرایند پنج‌مرحله‌ای شامل مشاهده نشانه، بررسی محل نشانه، بررسی شکل، امتداد، ارتباط نشانه با هندسه و سطح قطعه و تفسیر نشانه بررسی کرد. در ادامه، ارزیابی براساس معیار پذیرش صورت می‌گیرد و در مرحله پایانی تصمیم نهایی و قضاوت اصلی انجام می‌شود.

مثال

۱ یک اتصال جوشی فولادی مورد آزمون ذرات مغناطیس MT قرار گرفته است. بازرس مشاهده می‌کند که ذرات مغناطیسی در یک مسیر باریک، نسبتاً پیوسته و خطی تجمع کرده‌اند. اگر این نشانه در ناحیه جوش یا مجاورت آن قرار داشته باشد، باید با دقت بیشتری بررسی شود. زیرا یک الگوی خطی می‌تواند با ناپیوستگی‌هایی مانند ترک مرتبط باشد. اما با دیدن این خط، نمی‌توان گفت که: جوش ترک دارد. بلکه باید ابتدا نشانه ثبت شود و سپس، شرایط آزمون و معیار پذیرش ارزیابی گردد.

توجه کنید

شکل خطی یک نشانه، دلیل کافی برای اعلام مردودی نیست. بلکه شاخص مهمی برای تفسیر است.

۲ در یک جوش گوشه، در نزدیکی لبه جوش تجمع ذرات مشاهده شده است. فرد کم‌تجربه ممکن است بلافاصله آن را "ترک" اعلام کند.اما بازرس با تجربه بررسی می‌کند، نشانه دقیقاً در کجا قرار دارد، با هندسه لبه جوش ارتباط دارد، با تغییر شکل سطح مرتبط است و با تغییر مسیر میدان مغناطیسی در آن ناحیه ارتباط دارد. بنابراین نباید فقط براساس ظاهر نشانه تصمیم گرفت؛ بلکه محل و شرایط ایجاد آن نیز باید بررسی شود.

۳ سطح قطعه‌ای دارای آلودگی، زبری و شرایط نامناسب است. پس از اعمال ذرات، تجمع‌های نامنظم و پراکنده مشاهده می‌شود. این الگو الزاماً به معنی وجود ترک یا ناپیوستگی نیست. در چنین شرایطی باید سطح بررسی شود، شرایط آزمون اصلاح شده و آزمون تکرار شود. بنابراین هر نشانه‌ای قبل از ارزیابی نهایی نیازمند تفسیر است.

۴ در یک قطعه فولادی ماشین‌کاری‌شده، یک نشانه باریک و پیوسته در امتداد سطح مشاهده‌شده است. بازرس آن را با شناسه I_۰۳ ثبت می‌کند و در فرم می‌نویسد.

| شناسه | محل | شکل | امتداد | وضعیت |
|---|---|---|---|---|
| I_۰۳ | سطح ماشین‌کاری‌شده | خطی | طولی | نیازمند تفسیر و ارزیابی |

بازرس هنوز در این مرحله اقدام به ثبت نشانه ترک ننموده است، زیرا باید مشخص شود نشانه واقعاً ناشی از چه نوع ناپیوستگی است، سپس با معیار پذیرش مقایسه شود. از دیدن تا تصمیم، چهار مرحله زیر وجود دارد.

| مشاهده | چه چیزی می بینم ؟ |
|---|---|
| تفسیر | این نشانه ناشی از چیست؟ |
| ارزیابی | ناپیوستگی طبق معیار مجاز است؟ |
| تصمیم | نتیجه آزمون چیست ؟ |

توجه کنید

آزمون، نشانه را آشکار می‌کند؛ معیار پذیرش درباره قابل قبول بودن آن تصمیم می‌گیرد.

## استاندارد و معیار پذیرش

در جدول ۱۷ مراجع استاندارد پیشنهادی برای تکنیک‌های MT اتصالات جوشی مواد فرومغناطیس و HAZ و موضوعات مربوط به آن ها آورده شده است.

**جدول ۱۷**

| وظیفه | مرجع پیشنهادی | موضوع |
|---|---|---|
| نحوه اجرای MT روی جوش | ISO ۱۷۶۳۸ | روش آزمون جوش |
| اصول کلی آزمون | ISO ۹۹۳۴-۱ | اصول عمومی MT |
| سطوح پذیرش نشانه‌ها | ISO ۲۳۲۷۸ | معیار پذیرش جوش |
| الزامات پایه MT در صنعت | ASTM E۳۰۲۴/E۳۰۲۴M | روش MTصنعتی |
| راهنمای تکنیک‌ها و روش‌ها | ASTM E۷۰۹ | راهنمای MT |
| الزامات جوش خطوط لوله و معیارهای پذیرش | API ۱۱۰۴ | خطوط لوله |

ISO ۱۷۶۳۸:۲۰۱۶ مشخصاً تکنیک‌های MT برای جوش‌های مواد فرومغناطیس و HAZ را پوشش می‌دهد، ولی خودش سطوح پذیرش را تعیین نمی‌کند و به ISO ۲۳۲۷۸ یا استاندارد محصول یا کاربرد ارجاع می‌دهد.

### معیار پذیرش براساس ISO ۲۳۲۷۸

استاندارد ISO ۲۳۲۷۸ برای تعیین سطوح پذیرش نشانه‌های ناشی از ناپیوستگی‌ها در جوش‌های فولادی فرومغناطیس که با MT آشکار شده‌اند تدوین شده است . یکی از نکات مهم این استاندارد، تفکیک نشانه‌ها به خطی (Linear) و غیرخطی (Non_linear) و ارزیابی آنها براساس اندازه و وضعیت نشانه است.

ASTM E۳۰۲۴/E۳۰۲۴M روش آزمون است و معیار پذیرش نیست. استاندارد ASTM حداقل الزامات MT برای کاربردهای صنعتی را تعیین می‌کند. ASTM E۷۰۹_۲۱ صراحتاً اعلام می‌کند که این Guide معیار پذیرش قطعه را تعیین نمی‌کند و برای پذیرش باید به یک Code، Specification یا توافق مشخص مراجعه کرد.

برای جوشکاری لوله، API Standard ۱۱۰۴ بسیار ارزشمند است؛ زیرا موضوع اصلی آن جوشکاری خطوط لوله و تأسیسات مرتبط است.

با بهره‌گیری از استاندارد ISO ۱۷۶۳۸ بخش TEST REPORT می‌توان گزارش آزمون را تهیه نمود و مجموعه مشخصی از اطلاعات را برای ارائه یک گزارش استاندارد ارائه داد.

■ **دستورالعمل آزمون ذرات مغناطیسی**

■ **هدف و دامنه کاربرد:** آزمون ذرات مغناطیسی (MT) برای تشخیص ناپیوستگی‌ها و عیوب سطحی در مواد فرومغناطیسی، جوش‌های سر به سر، اتصالات انشعابی و ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) با استفاده از روش یوک مغناطیسی و تکنیک پیوسته تر یا خشک به‌کار می‌رود.

■ **اسناد مرجع (Reference Documents)**: استاندارد Article ۷، ASME Section V و استاندارد ASTM E۷۰۹ استاندارد ASME B۳۱/۱ ASME B۳۱/۳ و دستورالعمل مدون داخلی شرکت

■ **صلاحیت پرسنل (Personnel Qualification)**: پرسنل انجام‌دهنده آزمون باید حداقل دارای گواهینامه معتبر سطح ۲ (Level II) در روش MT مطابق با استاندارد ASNT SNT_TC_۱A یا Level II باشند. نظارت و تأیید رویه‌ها برعهده پرسنل سطح ۳ (Level III) است.

■ **مسئولیت‌ها (Responsibility)**: تکنسین‌ها مسئول اجرای صحیح آزمون و ثبت نتایج هستند. مسئول سطح ۳ مسئول تأیید دستورالعمل و نظارت فنی بر اجرای آزمون می‌باشد.

■ **تجهیزات (Equipment)**: یوک مغناطیسی AC با تغذیه ۲۴۰/۱۱۰ ولت با قدرت لیفتینگ حداقل ۱۰ پوند (۴/۵کیلوگرم).یوک مغناطیسی DC: با فاصله پایه‌های ۷۵ تا ۱۵۰ میلی‌متر و قدرت لیفتینگ حداقل ۴۰ پوند (۱۸ کیلوگرم).

**مواد مصرفی:** جوهر مغناطیسی مشکی و رنگ زمینه سفید کنتراست.

■ **مواد و محیط آشکارساز (Detecting Media)**: ذرات خشک یا تر، فلورسنت یا غیرفلورسنت دارای برگه آنالیز و گواهی باشند. ذرات خشک برای دمای سطحی ۵۷ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد.سوسپانسیون تر برای دمای سطحی زیر ۵۷ درجه سانتی‌گراد.آزمون با ذرات فلورسنت باید در محیط تاریک با شدت نور محیطی حداکثر ۲۰ لوکس و شدت نور فرابنفش (UV_A) حداقل ۱۰۰۰ µW/cm

توجه کنید

بازرس باید حداقل ۵ دقیقه قبل از بازرسی در محیط تاریک قرار گیرد و از عینک‌های فتوکرومیک استفاده نکند.

■ **شرایط رؤیت و مشاهده:** نور مرئی کنتراست رنگی حداقل شدت نور سفید روی سطح مورد آزمون باید ۱۰۰ فوت_کندل (۱۰۷۶ لوکس) باشد. لوکس‌متر باید سالانه کالیبره شود. نور ماوراءبنفش (UV) با حداقل شدت تابش ۱۰۰۰ µW/cm در سطح قطعه‌کار الزامی است.

■ **اعتبارسنجی میدان مغناطیسی**: برای اطمینان از کفایت و جهت میدان مغناطیسی، از پای‌گیج (Pie Gauge با حداقل ۶ خط تفکیک‌شده)، نوارهای برمه‌کاسترول با حداقل ۳ خط) یا بلوک‌های وزنه کالیبراسیون لیفت استفاده شود.

■ **آزمون عملکرد کلی:** قبل از شروع بازرسی، عملکرد کلی سیستم شامل قدرت یوک و کیفیت ذرات باید بررسی و تأیید گردد.

■ **آماده‌سازی سطح:** سطح مورد آزمون و حداقل ۲۰ میلی‌متر از نواحی مجاور آن باید کاملاً تمیز، خشک و عاری از هرگونه چربی، روغن، پوسته اکسیدی، زنگ‌زدگی، گل جوش و پاشش جوش (Spatter) باشد. آزمون NDT نهایی جوش باید حداقل ۴۸ ساعت پس از اتمام عملیات جوشکاری انجام شود.

■ **روش آزمون (Method of Examination)**: تکنیک پیوسته (Continuous Method) ذرات مغناطیسی هم‌زمان با برقراری میدان مغناطیسی اعمال می‌شوند و تا خروج حامل تر یا نشست ذرات خشک، میدان مغناطیسی قطع نمی‌شود. زمان برقراری جریان حداقل ۴ ثانیه است.

■ **کالیبراسیون و کنترل قدرت کشش (Calibration)**: یوک‌های AC باید توانایی بلند کردن وزنه ۴/۵ کیلوگرمی (۱۰ پوندی) و یوک‌های DC توانایی بلندکردن وزنه ۱۸ کیلوگرمی (۴۰ پوندی) را در حداکثر فاصله پایه‌ها داشته باشند. کالیبراسیون قدرت کشش هر ۶ ماه یک‌بار و پس از هرگونه تعمیر انجام می‌شود.

■ **اعمال ماده آشکارساز (Application of Media)**: اعمال اسپری یا گرد پاشی ذرات باید به آرامی و با حداقل فشار انجام شود تا از پراکندگی یا شسته شدن نشانه‌ها بر اثر فشار جریان جلوگیری گردد.

■ **جهت مغناطیس کردن (Direction of Magnetization)**: برای پوشش کامل و تشخیص عیوب در تمام جهات، هر ناحیه باید حداقل دو بار و با زاویه تقریبی ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر مغناطیس و بازرسی شود.

■ **هم‌پوشانی (Coverage)**: در هر مرحله قراردهی پایه‌های یوک، باید حداقل ۱۰۰ درصد هم‌پوشانی نسبت به ناحیه قبلی رعایت گردد تا هیچ نقطه‌ای از قلم نیفتد.

■ **تعمیرات و آزمون مجدد (Retesting & Repair)**: نواحی معیوب پس از براده‌برداری/سنگ‌زنی و تعمیر جوشکاری، باید مجدداً با هم‌پوشانی حداقل ۱۰۰ میلی‌متر از طرفین ناحیه تعمیر شده، تحت آزمون MT قرار گیرند.

■ **مغناطیس‌زدایی (Demagnetization)**: در حالت عادی الزامی نیست مگر اینکه در مشخصات فنی پروژه درخواست شده باشد. در صورت نیاز، با خارج کردن آرام یوک روشن از قطعه انجام می‌شود.

■ **تمیزکاری نهایی (Post Cleaning)**: پس از اتمام بازرسی و ثبت نتایج، سطح قطعه باید از باقیمانده ذرات و رنگ کنتراست تمیز گردد.

■ **ارزیابی و تفسیر (Interpretation & Evaluation)**: نشانه خطی (Linear Indication) نشانه‌ای که طول آن بیش از ۳ برابر عرض آن باشد. نشانه گرد (Rounded Indication) نشانه‌ای به شکل دایره یا بیضی که طول آن کمتر یا مساوی ۳ برابر عرض آن باشد. اندازه نشانه (و نه اندازه واقعی عیب) ملاک پذیرش یا رد است.

■ **معیارهای پذیرش (Acceptance Criteria)**: مطابق با استاندارد ASME B31.3 تمام نشانه‌های با ابعاد بزرگتر از ۱/۶ میلی‌متر نشانه واقعی (Relevant) در نظر گرفته می‌شوند. غیرقابل قبول (Rejection)، هرگونه نشانه خطی واقعی (ترک‌ها، عدم ذوب و ...)، نشانه‌های گرد با اندازه بزرگتر از ۰/۵ میلی‌متر و چهار نشانه گرد یا بیشتر که در یک خط قرار گرفته و فاصله لبه تا لبه آنها کمتر یا مساوی ۱/۵ میلی‌متر باشد.

■ **گزارش‌نویسی (Reporting)**: نتایج آزمون باید در فرم‌های استاندارد ثبت و بایگانی گردد.

## ساختار گزارش استاندارد

گزارش آزمون را می‌توان مطابق استاندارد به بخش‌های مختلف در جدول ۱۸ طبقه‌بندی نمود و در جدول ۱۹ به صورت شماتیک نیز آورده شده است.

**جدول ۱۸**

| اجزا | بخش |
|---|---|
| نام شرکت | مشخصات شرکت و مجری آزمون Company & Examiner Identification |
| نام بازرس | |
| سطح صلاحیت | |
| امضا | |
| نام و شماره قطعه | مشخصات قطعه Test Object Identification |
| شماره جوش | |
| جنس و ضخامت | |
| وضعیت یا محل آزمون | |
| نوع اتصال | مشخصات جوش Weld Information |
| فرایند جوشکاری | |
| محل جوش | |
| عملیات حرارتی | |
| تاریخ آزمون | مشخصات آزمون Test Information |
| استاندارد آزمون | |
| روش مغناطیس‌کردن | |
| نوع جریان | |
| نوع ماده آشکارساز | |
| شرایط مشاهده | |
| قسمت مورد آزمون | محدوده آزمون Examination Coverage |
| محل | نشانه‌های مشاهده شده Recorded Indications |
| شکل | |
| اندازه | |
| توضیحات | |
| کد یا استاندارد | معیار پذیرش Acceptance Level/Acceptance Criteria |
| برای هر نشانه | نتیجه ارزیابی Evaluation Result |
| نام | تأیید گزارش Report Approval |
| تاریخ و امضا | |
| شماره گزارش | |
| بازنگری، در صورت وجود | |

## جدول ۱۹ـ ساختار گزارش استاندارد



**1 مشخصات شرکت و مجری آزمون**
**Company & Examiner Identification**

نام شرکت :
نام بازرس / هنرجو :
صلاحیت / سطح صلاحیت :
شماره گواهینامه (در صورت وجود) :
امضا :

**2 مشخصات قطعه**
**Test Object Identification**

نام قطعه :
شماره قطعه :
شماره جوش :
جنس قطعه :
ضخامت قطعه : mm
وضعیت با محل آزمون :

**3 مشخصات جوش**
**Weld Information**

نوع اتصال :
فرآیند جوشکاری :
محل جوش :
عملیات حرارتی پس از جوش: ☐ دارد ☐ ندارد
در صورت وجود، شرح :

**4 مشخصات آزمون**
**Test Information**

تاریخ آزمون : / / /
استاندارد آزمون :
روش مغناطیس کردن :
نوع جریان : ☐ DC ☐ HWDC ☐ AC
نوع ماده آشکارساز : ☐ خشک ☐ مرطوب
رنگ ذرات / نوع ماده :
شرایط مشاهده :
☐ نور مرئی (سفید) ☐ نور ماورای بنفش
شدت نور : lux

**5 محدوده آزمون**
**Examination Coverage**

روش اعمال میدان :
☐ یوغ ☐ پروب ☐ سیم پیچ
جهت اعمال میدان :
☐ طولی ☐ عرضی ☐ هر دو جهت
محدوده مورد آزمون، بخش دقیق قطعه یا جوش) :

جهت مرجع
سمت چپ جوش
منطقه آزمون
سمت راست جوش

**6 نشانه‌های مشاهده‌شده** Recorded Indications

شدت نور : lux

| شماره نشانه | موقعیت نشانه (روی قطعه / نسبت به ...) | شکل (خطی / گرد / نامنظم) | امتداد (طولی / عرضی / مایل ...) | اندازه تقریبی (طول × عرض) mm | توضیحات | گروهی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I-01 | | | | | | |
| I-02 | | | | | | |
| I-03 | | | | | | |
| I-04 | | | | | | |
| I-05 | | | | | | |
| ... | | | | | | |

جهت مرجع
I-01
I-02
I-03
نمونه گروهی محل نشانه‌ها
(اندازه‌ها تقریبی است)


7
معیار پذیرش
Acceptance Level / Acceptance Criteria
معیار پذیرش مطابق با :
ISO 23278:2015
API 1104
استاندارد / کد دیگر :
شماره بند / فصل / جدول مربوطه :
سطح پذیرش انتخاب شده :
توجه: نتیجه ارزیابی باید بر اساس معیار پذیرش فوق انجام شود.
8
نتیجه ارزیابی Evaluation Result
نتیجه نهایی آزمون
Overall Test Result
ACCEPT / ACCEPTABLE
(قابل قبول)
REJECT / NOT ACCEPTABLE
(غیرقابل قبول)
توضیحات نهایی:
توضیحات
نتیجه ارزیابی
(قابل قبول / غیرقابل قبول)
I-01
I-02
I-03
I-04
I-05
...


9
تأیید گزارش
Report Approval
نام و نام خانوادگی :
سمت / عنوان :
شماره گزارش :
تاریخ گزارش : ... / ... / ... / ...
بازنگری شماره : (در صورت وجود)
امضا :

در زیر یک نمونه فرم بازرسی با روش ذرات مغناطیسی در جدول ۲۰ آورده شده است.

**جدول ۲۰ـ فرم گزارش بازرسی با ذرات مغناطیس شونده MT TEST REPODT**

| | | | |
|---|---|---|---|
| OWNER / پیمانکار | | REPORT NO/ شماره گزارش/ | |
| LOCATION// محل بازرسی | | SIZE/ ابعاد نمونه | |
| MATERIAL/ جنس | | PROCESS/ فرایند | |
| TYPE/ نوع | | DATE OF INSPECTION/ تاریخ | |

| | |
|---|---|
| REF. STANDARD/ استاندارد مرجع | INSTRUMENT TYPE/ نوع دستگاه ☐ YOKE |
| PARTICLES TYPE/ نوع ذرات | MAG / CURRENT/ نوع میدان و میزان جریان<br>☐ پیوسته/RESIDUAL ☐ پسماند/CONTINUOUS تکنیک/TECHNIQUE<br>☐ سایر/OTHER |
| DEMAG/ مغناطیس‌زدایی ☐YES/☐NO | |

| | |
|---|---|
| RESULTS TEST / نتایج | .....<br>.....<br>..... |

| ITEM | DEFECT TYPE<br>نوع عیب | L(mm)<br>طول عیب | REJECT<br>مردود | ACCEPT<br>قبول |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2 | ..... | ..... | ..... | ..... |

| | |
|---|---|
| SCHEME/ شکل | |

| | |
|---|---|
| OPERATOR/ اپراتور | BY ACCEPTED/ تأییدکننده |
| DATE/ تاریخ | DATE/ تاریخ |

یک نمونه فرم بازرسی با روش ذرات مغناطیسی در جدول ۲۱ آورده شده است.

**جدول۲۱ــفرم گزارش آزمون ذرات مغناطیسی (MAGNETIC PARTICLE EXAMINATION REPORT)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| شماره گزارش: | | تاریخ آزمون: | |
| نام پروژه: | | شماره صفحه: | |
| رده‌بندی: | | محل بازرسی: | |
| الزامات قرارداد: | | شماره سفارش: | |
| مشخصات فنی: | | توافقات ویژه: | |
| شماره دستورالعمل آزمون: | | معیار پذیرش: | |
| موقعیت و محدوده آزمون: | | | |

## مشخصات متریال و قطعه Material Details

| | |
|---|---|
| جنس متریال: فولادکربنی ☐ فولادآلیاژی ☐ زنگ نزن ☐ | نوع محصول: ورق ☐ لوله ☐ |
| نوع اتصال: سر به سر☐ فیلت ☐ گوشه ☐ | ابعاد: ..... |
| عملیات حرارتی: بله ☐ خیر☐ | روش جوشکاری: ☐ SAW ☐ GTAW ☐ SMAW |
| دمای سطح: ..... | وضعیت سطح: سنگ‌زده ☐ جوشکاری ☐ ماشین‌کاری ☐ |

## مشخصات تجهیزات و ذرات مغناطیسی Magnetic Particle Used

| | |
|---|---|
| نوع مغناطیس‌کنندگی: پیوسته ☐ باقیمانده ☐ | شماره سریال یوک: ..... |
| قدرت لیفتینگ: ۴/۵ gK ☐ ۸۱ gK ☐ | نوع جریان: متناوب ☐ مستقیم ☐ نیم‌موج ☐ |
| محیط آشکارسا : خشک ☐ تر ☐ | بررسی کفایت میدان: پای‌گیج ☐ نوار برمه‌کست ☐ شیم ☐ |
| شرایط رؤیت نور: سفید مرئی ☐ نور فرابنفش ☐ | مغناطیس‌زدایی: انجام شد ☐ انجام نشد ☐ |
| تمیزکاری نهایی: انجام شد ☐ انجام نشد ☐ | سطح گزارش‌دهی: براساس دستورالعمل ☐ استاندارد مرجع ☐ |

### نتایج بازرسی Inspection Results

| ردیف | شماره خط / شناسه اتصال | موقعیت / طول جوش | نوع نشانه | ابعاد نشانه | ارزیابی نهایی | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۴ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۵ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

### تأییدیه‌ها و امضاها Signatures & Approvals

| بازرس | بررسی شده توسط | نماینده کارفرما | نماینده رده‌بندی / شخص ثالث |
|---|---|---|---|
| نام:<br>گواهینامه:<br>امضا و تاریخ: | نام:<br>گواهینامه:<br>امضا و تاریخ: | نام:<br>سمت:<br>امضا و تاریخ: | نام:<br>سمت:<br>امضا و تاریخ: |

نمونه دیگری از فرم بازرسی با روش ذرات مغناطیسی استاندارد در جدول ۲۲ آورده شده است.

**جدول ۲۲**

| General Information | |
|---|---|
| Project: | Drawing No: |
| CLIENT: | Procedure no: |
| ITEM: | Date: |
| Surface Conditions: | |

| Equipment & Consumables Specification | |
|---|---|
| Equipment and Materials | Technique Description |
| Equipment Type: | Precleaning Method: |
| Current Type: AC ☐ DC ☐ Permanent Magnet ☐ | Magnetic Field Type: Active ☐ Residual ☐ |
| Manufacturer: | Magnetizing Method: |
| Serial Number: | Magnetizing Time: |

| | |
|---|---|
| Particle Medium: Wet ☐ Dry ☐ | Pole Spacing: |
| Type of Magnetic Particles: Visible ☐ Fluorescent ☐ | Viewing Conditions: Day Light ☐ Torch ☐ |
| Concentration: | Visible Light Intensity: |
| Manufacturer Marker: | Light Source: Light ☐ Day ☐ |
| White Contrast Paint: | Demagnetization: |
| Contrast Medium: | Post Cleaning: |

| Inspection Results | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| NO | NAME ITEM | Quantity | Joint No. AS PER IN DWG | FINAL RESULT | REMARKS |
| 1 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 3 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 4 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 5 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 6 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

| Quality Control، Approvals and Signatures | | | |
|---|---|---|---|
| inspector | Company QC Department | Client / Third Party Inspector | Supervisor |
| NAME<br>SIGN<br>DATE | | | |

کار کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی از هنرآموز محترم خود، فرم داده شده در صفحه قبل را به فارسی ترجمه و فرم زیر را تکمیل نمایید.

| مشخصات عمومی | |
|---|---|
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |

| تجهیزات، مواد مصرفی و دستورالعمل | |
|---|---|
| مشخصات فنی | تجهیزات و مواد |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |

| نتایج بازرسی | | | | |
|---|---|---|---|---|
| توضیحات | نتیجه نهایی | شماره خط جوش طبق نقشه | تعداد | نام قطعه | شماره |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 1 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 2 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 3 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 4 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 5 |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 6 |

| کنترل کیفیت، تأییدیه‌ها و امضاها | | | |
|---|---|---|---|
| سرپرست/ ناظر | بازرس کارفرما / شخص ثالث | واحد کنترل کیفیت | بازرس |
| | | | نام<br>امضا<br>تاریخ |

■ در جدول ۲۳ علائم اختصاری برخی عیوب مورد استفاده در گزارش نویسی مطابق استاندارد ISO ۶۵۲۰ـ۱ آورده شده است.

**جدول ۲۳**

| ترجمه و مفهوم عیب | علامت اختصاری | عنوان انگلیسی |
|---|---|---|
| ترک | CR | CRACK |
| تخلخل / حفرات گازی | Po | POROSITY |
| سرباره/گل‌جوش | Su | SURFACE SLAG |
| سوختگی کناره جوش | UC | UNDER CUT |
| پاشش جوش | WS | WELD SPATTER |
| عدم پرشدگی شیار | UF | Underfill |
| نفوذ جوش اضافی در ریشه | EP | Excessive Penetration |
| گرده جوش اضافی | ER | Excessive Reinforcement |
| عدم هم‌راستایی | Hi_Lo | Misalignment / Hi-Lo |
| لکه قوس | AS | Arc Strike |
| آسیب مکانیکی | MD | Mechanical Damage |

■ **REMARKS در جدول گزارش نویسی**

برای نوشتن مواردی که در بخش‌های قبلی (تایید، رد یا نام قطعه) نمی‌گنجدکاربرد دارد. اطلاعاتی که بازرس معمولاً در این بخش یادداشت می‌کند عبارتند از:

■ نوع و محل عیب، برای مثال Crack at toe of weld (ترک در پنجه جوش)

■ دستور اقدام اصلاحی، برای مثال Retest & Need Repair (نیاز به تعمیر و آزمون مجدد)

■ وضعیت پس از تعمیر، After Repair (تست مجدد پس از تعمیر بار اول)

■ محدودیت‌های بازرسی یا شرایط خاص، برای مثال Limited access (دسترسی محدود به پشت درز)

■ در صورت بدون عیب بودن قطعه، که معمولاً خط تیره (ـ) گذاشته می‌شود یا عباراتی مثل Acceptable یا No recordable indication (بدون نشانه قابل ثبت) نوشته می‌شود.

کار کلاسی

بخش‌های فرم گزارش زیر را تکمیل کنید.

هنرجویان عزیز با نظر هنرآموز محترم خود وترسیم یک قطعه جوش‌کاری شده به صورت شماتیک و قرار دادن چند نوع ناپیوستگی روی آن گزارش نویسی این فرم را انجام دهید.

**فرم گزارش بازرسی با ذرات مغناطیس شونده MT TEST REPORT ـ FORM**

| | | | |
|---|---|---|---|
| OWNER | ..... | REPORT NO | ..... |
| LOCATION | ..... | SIZE | ..... |
| MATERIAL | ..... | PROCESS | ..... |
| | ..... | INSPECTION OF DATE | ..... |

| | | | |
|---|---|---|---|
| STANDARD .REF | ..... | INSTRUMENT TYPE | YOKE ☐ |
| PARTICLES TYPE | ..... | MAG / CURRENT | OTHER ☐ |
| DEMAG | YES ☐ / NO ☐ | TECHNIQUE | RESIDUAL ☐<br>CONTINUOUS ☐ |

| | |
|---|---|
| .....<br>.....<br>.....<br>..... | TEST RESULTS |

| ITEM | DEFECT TYPE | L (mm) | REJECT | ACCEPT |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | | | | |

| | |
|---|---|
| SCHEME | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| OPERATOR | | ACCEPTED BY | |
| DATE | | DATE | |

فرم گزارش را با توجه به نمونه‌کار کارگاهی در صفحه ۲۶۶ که یک اتصال لب به لب و به روش ذرات مغناطیس زیر نور مرئی انجام شده است، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.



## ☐ مشخصات قطعه

| | | | |
|---|---|---|---|
| نام قطعه | ..... | ضخامت قطعه | ..... |
| شماره/کد قطعه | ..... | ناحیه‌مورد آزمون | ..... |
| جنس قطعه | ..... | شماره نقشه/ مشخصات | ..... |

## ☐ مشخصات آزمون

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ آزمون: ..... | | | | | |
| محل انجام آزمون: ..... | | | | | |
| نام آزمون‌گر: ..... | | | | | |
| روش آزمون: ..... | | | | | |
| روش مغناطیس‌سازی: | یوک ☐ | کویل ☐ | پراد ☐ | سایر ..... | |
| نوع جریان: | مستقیم ☐ | متناوب ☐ | مستقیم ـ متناوب ☐ | سایر ..... | |
| جهت مغناطیس‌سازی: ..... | | | | | |
| رنگ/ کنتراست ذرات: | خشک ☐ | تر ☐ | فلورسنت ☐ | غیرفلورسنت ☐ | |

## ☐ تجهیزات و مواد

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع و شناسه یوک ..... | | | | |
| نام/ کد ذرات مغناطیسی ..... | | | | |
| وضعیت سطح قطعه | تمیز ☐ | خشک ☐ | زبر ☐ | |
| روش تمیزکاری سطح ..... | | | | |
| شرایط نور ..... | | | | |

## ☐ ثبت مشاهدات

| ردیف | محل نشانه | شکل نشانه | طول/ اندازه | وضوح | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## ☐ تفسیر و ارزیابی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع نشانه | خطی ☐ | گرد ☐ | پراکنده ☐ | نامشخص ☐ |
| نشانه مرتبط است؟ | بله ☐ | خیر ☐ | | |
| معیار پذیرش استفاده‌شده | ISO ۲۳۲۷۸ ☐ | سایر ..... | | |
| نتیجه‌ی ارزیابی | ..... | | | |
| وضعیت قطعه | قابل‌قبول ☐ | مردود ☐ | نیازمند بررسی تکمیلی ☐ | |

## ☐ فهرست کنترل

| مورد کنترل | بله | خیر |
|---|---|---|
| مشخصات قطعه کامل ثبت شده است. | ☐ | ☐ |
| روش و جریان مغناطیس‌سازی مشخص است. | ☐ | ☐ |
| تجهیزات و مواد شناسایی و لیست شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| مشاهدات جدا از تفسیر نوشته شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| معیار پذیرش ذکر شده است. | ☐ | ☐ |
| نتیجه روشن و قابل ممیزی است. | ☐ | ☐ |
| امضا و تاریخ درج شده است. | ☐ | ☐ |

## ☐ تأیید و امضا

| | |
|---|---|
| نام و امضای آزمون‌گر<br>نام و امضای تأییدکننده<br>تاریخ تأیید | |

نکته

گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است. باید آنچه را مشاهده شده تفسیر و براساس معیار فنی ارزیابی، به طور روشن و قابل پیگیری بیان نمود.

فرم گزارش را با توجه به نمونه‌کار کارگاهی در صفحه ۲۶۷ که یک اتصال سه‌پری به روش تست ذرات مغناطیس زیر نور مرئی انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.



## ☐ مشخصات قطعه

| | | | |
|---|---|---|---|
| نام قطعه | ..... | ضخامت قطعه | ..... |
| شماره/کد قطعه | ..... | ناحیه‌ی مورد آزمون | ..... |
| جنس قطعه | ..... | شماره نقشه/ مشخصات | ..... |

## ☐ مشخصات آزمون

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ آزمون: ..... | | | | | |
| محل انجام آزمون: ..... | | | | | |
| نام آزمون‌گر: ..... | | | | | |
| روش آزمون: ..... | | | | | |
| روش مغناطیس‌سازی: | یوک ☐ | کویل ☐ | پراد ☐ | سایر ..... | |
| نوع جریان: | مستقیم ☐ | متناوب ☐ | مستقیم ـ متناوب ☐ | سایر ..... | |
| جهت مغناطیس‌سازی: ..... | | | | | |
| رنگ/ کنتراست ذرات: | خشک ☐ | تر ☐ | فلورسنت ☐ | غیرفلورسنت ☐ | |

## ☐ تجهیزات و مواد

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع و شناسه یوک ..... | | | | |
| نام/ کد ذرات مغناطیسی ..... | | | | |
| وضعیت سطح قطعه | تمیز ☐ | خشک ☐ | زبر ☐ | |
| روش تمیزکاری سطح ..... | | | | |
| شرایط نور ..... | | | | |

## ☐ ثبت مشاهدات

| ردیف | محل نشانه | شکل نشانه | طول/ اندازه | شدت/ وضوح | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## ☐ تفسیر و ارزیابی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع نشانه | خطی ☐ | گرد ☐ | پراکنده ☐ | نامشخص ☐ |
| نشانه مرتبط است؟ | بله ☐ | خیر ☐ | | |
| معیار پذیرش | ISO ۲۳۲۷۸ ☐ | سایر ..... | | |
| نتیجه‌ی ارزیابی | ..... | | | |
| وضعیت قطعه | قابل‌قبول ☐ | مردود ☐ | نیازمند بررسی تکمیلی ☐ | |

## ☐ فهرست کنترل

| مورد کنترل | بله | خیر |
|---|---|---|
| مشخصات قطعه کامل ثبت شده است. | ☐ | ☐ |
| روش و جریان مغناطیس‌سازی مشخص است. | ☐ | ☐ |
| تجهیزات و مواد شناسایی و لیست شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| مشاهدات جدا از تفسیر نوشته شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| معیار پذیرش ذکر شده است. | ☐ | ☐ |
| نتیجه روشن و قابل ممیزی است. | ☐ | ☐ |
| امضا و تاریخ درج شده است. | ☐ | ☐ |

## ☐ تأیید و امضا

| | |
|---|---|
| نام و امضای آزمون‌گر<br>نام و امضای تأییدکننده<br>تاریخ تأیید | |

نکته

گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است. باید آنچه را مشاهده شده تفسیر و براساس معیار فنی ارزیابی، به طور روشن و قابل پیگیری ثبت نمود.

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۶۸ که یک اتصال سه‌پری به روش تست ذرات مغناطیس- زیر نور فرابنفش انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.



## ☐ مشخصات قطعه

| | | | |
|---|---|---|---|
| نام قطعه | ..... | ضخامت قطعه | ..... |
| شماره/کد قطعه | ..... | ناحیه‌ی مورد آزمون | ..... |
| جنس قطعه | ..... | شماره نقشه/ مشخصات | ..... |

## ☐ مشخصات آزمون

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ آزمون: ..... | | | | | |
| محل انجام آزمون: ..... | | | | | |
| نام آزمون‌گر: ..... | | | | | |
| روش آزمون: ..... | | | | | |
| روش مغناطیس‌سازی: | یوک ☐ | کویل ☐ | پراد ☐ | سایر ..... | |
| نوع جریان: | مستقیم ☐ | متناوب ☐ | مستقیم ـ متناوب ☐ | سایر ..... | |
| جهت مغناطیس‌سازی: ..... | | | | | |
| رنگ/ کنتراست ذرات: | خشک ☐ | تر ☐ | فلورسنت ☐ | غیرفلورسنت ☐ | |

## ☐ تجهیزات و مواد

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع و شناسه یوک ..... | | | | |
| نام/ کد ذرات مغناطیسی ..... | | | | |
| وضعیت سطح قطعه | تمیز ☐ | خشک ☐ | زبر ☐ | |
| روش تمیزکاری سطح ..... | | | | |
| شرایط نور ..... | | | | |

## ☐ ثبت مشاهدات

| ردیف | محل نشانه | شکل نشانه | طول/ اندازه | شدت/ وضوح | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## ☐ تفسیر و ارزیابی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع نشانه | خطی ☐ | گرد ☐ | پراکنده ☐ | نامشخص ☐ |
| نشانه مرتبط است؟ | بله ☐ | خیر ☐ | | |
| معیار پذیرش | ISO ۲۳۲۷۸ ☐ | سایر ..... | | |
| نتیجه‌ی ارزیابی | ..... | | | |
| وضعیت قطعه | قابل‌قبول ☐ | مردود ☐ | نیازمند بررسی تکمیلی ☐ | |

## ☐ فهرست کنترل

| مورد کنترل | بله | خیر |
|---|---|---|
| مشخصات قطعه کامل ثبت شده است. | ☐ | ☐ |
| روش و جریان مغناطیس‌سازی مشخص است. | ☐ | ☐ |
| تجهیزات و مواد شناسایی و لیست شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| مشاهدات جدا از تفسیر نوشته شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| معیار پذیرش ذکر شده است. | ☐ | ☐ |
| نتیجه روشن و قابل ممیزی است. | ☐ | ☐ |
| امضا و تاریخ درج شده است. | ☐ | ☐ |

## ☐ تأیید و امضا

| | |
|---|---|
| نام و امضای آزمون‌گر<br>نام و امضای تأییدکننده<br>تاریخ تأیید | |

نکته

گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است . باید آنچه را مشاهده شده تفسیر و براساس معیار فنی ارزیابی، به طور روشن و قابل پیگیری بیان نمود.

فرم گزارش را با توجه به نمونه کار کارگاهی در صفحه ۲۶۹ که یک اتصال خط جوش لوله ۴ اینچ به روش تست ذرات مغناطیس ـ زیر نور مرئی انجام شده، نتایج آن را به این فرم انتقال داده و تکمیل نمایید.



## ☐ مشخصات قطعه

| | | | |
|---|---|---|---|
| نام قطعه | ..... | ضخامت قطعه | ..... |
| شماره/کد قطعه | ..... | ناحیه‌ی مورد آزمون | ..... |
| جنس قطعه | ..... | شماره نقشه/ مشخصات | ..... |

## ☐ مشخصات آزمون

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| تاریخ آزمون: ..... | | | | |
| محل انجام آزمون: ..... | | | | |
| نام آزمون‌گر: ..... | | | | |
| روش آزمون: ..... | | | | |
| روش مغناطیس‌سازی: | یوک ☐ | کویل ☐ | پراد ☐ | سایر ..... |
| نوع جریان: | مستقیم ☐ | متناوب ☐ | مستقیم ـ متناوب ☐ | سایر ..... |
| جهت مغناطیس‌سازی: ..... | | | | |
| رنگ/ کنتراست ذرات: | خشک ☐ | تر ☐ | فلورسنت ☐ | غیرفلورسنت ☐ |

## ☐ تجهیزات و مواد

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع و شناسه یوک ..... | | | | |
| نام/ کد ذرات مغناطیسی ..... | | | | |
| وضعیت سطح قطعه | تمیز ☐ | خشک ☐ | زبر ☐ | |
| روش تمیزکاری سطح ..... | | | | |
| شرایط نور ..... | | | | |

## ☐ ثبت مشاهدات

| ردیف | محل نشانه | شکل نشانه | طول/ اندازه | شدت/ وضوح | توضیحات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۲ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ۳ | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

## ☐ تفسیر و ارزیابی

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| نوع نشانه | خطی ☐ | گرد ☐ | پراکنده ☐ | نامشخص ☐ |
| نشانه مرتبط است؟ | بله ☐ | خیر ☐ | | |
| معیار پذیرش استفاده‌شده | ISO ۲۳۲۷۸ ☐ | سایر ..... | | |
| نتیجه‌ی ارزیابی | ..... | | | |
| وضعیت قطعه | قابل‌قبول ☐ | مردود ☐ | نیازمند بررسی تکمیلی ☐ | |

## ☐ فهرست کنترل

| مورد کنترل | بله | خیر |
|---|---|---|
| مشخصات قطعه کامل ثبت شده است. | ☐ | ☐ |
| روش و جریان مغناطیس‌سازی مشخص است. | ☐ | ☐ |
| تجهیزات و مواد شناسایی و لیست شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| مشاهدات جدا از تفسیر نوشته شده‌اند. | ☐ | ☐ |
| معیار پذیرش ذکر شده است. | ☐ | ☐ |
| نتیجه روشن و قابل ممیزی است. | ☐ | ☐ |
| امضا و تاریخ درج شده است. | ☐ | ☐ |

## ☐ تأیید و امضا

| | |
|---|---|
| نام و امضای آزمون‌گر<br>نام و امضای تأییدکننده<br>تاریخ تأیید | |

نکته

گزارش فنی، حافظه مکتوب آزمون است. باید آنچه را مشاهده شده تفسیر و براساس معیار فنی ارزیابی، به طور روشن و قابل پیگیری بیان نمود.

# ارزشیابی شایستگی تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی

| نام و نام خانوادگی | | | | شماره ملی | | تاریخ ارزشیابی: | نوبت: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد حرفه | ۷۲۱۲۲۳ | حرفه : | جوشکاران و برش‌کاران (فلزات) | کدپیمانه/پودمان | ۷۲۱۲۲۳۰۴۲ | **استاندارد عملکرد کار:** نتایج به‌دست‌آمده از آزمون ذرات مغناطیس را براساس فرم‌های استاندارد ثبت و بررسی کرده، علائم و نشانه‌های مشاهده‌شده را تفسیر نموده و با تحلیل داده‌ها، نوع و محل عیوب احتمالی را تشخیص داده و گزارش آزمون را به‌طور صحیح تکمیل کند. | |
| کد وظیفه شغل | ۷۲۱۲۲۳۰۴ | وظیفه شغل: | بازرسی جوش | سطح صلاحیت | L3 | | |
| کد کار | ۷۲۱۲۲۳۰۴۵۲ | کار | تحلیل فرم تست ذرات مغناطیسی | سطح شایستگی | مهارت | | |

| ردیف | مراحل کار | شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | ابزارهای ارزشیابی | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره‌دهی) | نتایج ممکن | نمره کسب شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بررسی اطلاعات و مشخصات فرم بازرسی | فرم‌های تست ذرات مغناطیس، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۲۰ | مشاهده کار (چک‌لیست مشاهده عملکرد) | بررسی کامل و صحیح اطلاعات و مشخصات فرم برابر معیار | ۳ | |
| | | | | بررسی قابل قبول اطلاعات فرم با برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در بررسی فرم | ۱ | |
| ۲ | تحلیل نتایج وارزیابی ثبت‌شده | فرم‌های تست ذرات مغناطیس، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، تصاویر یا نمونه‌های عیوب جوش برای تحلیل و مقایسه محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و، وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۴۰ | آزمون عملکردی (همراه با مشاهده مستقیم فرایند بازرسی) | تعیین وضعیت قطعه برابر معیار | ۳ | |
| | | | | مقایسه نتایج با معیار های پذیرش | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در تحلیل نتایج | ۱ | |
| ۳ | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی | فرم‌های تست ذرات مغناطیس، نمونه گزارش‌های بازرسی، استانداردها و جداول پذیرش عیوب جوش، نوشت‌افزار و پوشه بایگانی، محیط کار دارای نور کافی، تهویه مناسب و وسایل حفاظت فردی در دسترس و سالم<br>فضای ایمن تهویه و نور مناسب<br>زمان: ۶۰ | بررسی فرم تکمیل‌شده (ارزیابی مستندات) | انتخاب فرم و تکمیل گزارش برابر معیار | ۳ | |
| | | | | جمع‌بندی و گزارش‌نویسی برابر معیار | ۲ | |
| | | | | ناتوانی در گزارش نویسی | ۱ | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش** | | تفسیر اطلاعات، پرهیز از قضاوت شخصی و تکیه بر شواهد فنی، توجه به آثار مخرب قطعه معیوب بر محیط‌زیست و توجه به عیوب تأثیرگذار بر ایمنی | | رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش) | ۲ | |
| | | | | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ | |

| **ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)** | |
|---|---|
| | بلی ☐ |
| | خیر ☐ |

**توضیحات:**

**۱ـ معیار شایستگی انجام کار:**

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

**۲ـ تعریف سطوح شایستگی:** صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، ارتباط با سطح وسیعی از کارها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

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**