

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



جوش کاری برق و گاز

رشته مکانیک موتورهای دریایی
گروه تعمیر و نگهداری ماشین آلات
شاخه فنی و حرفه‌ای
پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: جوش کاری برق و گاز - ۲۱۱۵۰۲
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل آبادی، عبدالرضا باباخانی، افشار بهمنی، محمد خاکپور فرد، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، نصیب‌الله فاضلی، حسن کارگر، جلیل محمولی و فرهاد میریانی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: ارسلان اقدامی، عبدالرضا باباخانی و مصطفی زنگنه (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: سیدمرتضی میرمجیدی (رسم فنی) - فرشته حسن‌خانی قوام (صفحه آرا)
- ناشر: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- چاپخانه: تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- سال انتشار و نوبت چاپ: وب‌گاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir
- چاپ نهم ۱۴۰۴

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، 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.



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 (قَدَسَ سِرُّه)

۱	پودمان ۱: برش کاری ورق فلزی	■
۲	واحد یادگیری ۱: برش کاری ورق فلزی	■
۲۸	ارزشیابی شایستگی برش کاری ورق فلزی	■
۲۹	پودمان ۲: خم کاری ورق و مقاطع فلزی	■
۳۰	واحد یادگیری ۲: خم کاری ورق و مقاطع فلزی	■
۶۲	ارزشیابی شایستگی خم کاری ورق و مقاطع فلزی	■
۶۳	پودمان ۳: جوش کاری برق	■
۶۴	واحد یادگیری ۳: جوش کاری برق	■
۹۶	ارزشیابی شایستگی جوش کاری برق	■
۹۷	پودمان ۴: جوش کاری گاز	■
۹۸	واحد یادگیری ۴: جوش کاری گاز	■
۱۴۲	ارزشیابی شایستگی جوش کاری گاز	■
۱۴۳	پودمان ۵: بازرسی جوش	■
۱۴۴	واحد یادگیری ۵: بازرسی جوش	■
۱۸۰	ارزشیابی شایستگی بازرسی جوش	■

سخنی با هنرجویان عزیز

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

۱. شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی جوش کاری و بازرسی جوش

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

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

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

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

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

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

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

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید. رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

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

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

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

پودمان اول: دارای عنوان "برش کاری ورق فلزی" است. در این پودمان برش کاری انواع ورق‌های فلزی را به صورت دستی و صنعتی آموزش داده می‌شود.

پودمان دوم: دارای عنوان "خم کاری ورق و مقاطع فلزی" است. در این پودمان خم کاری ورق‌ها و مقاطع فلزی آموزش داده می‌شود.

پودمان سوم: دارای عنوان "جوش کاری برق" است. در این پودمان جوش کاری برق دستی آموزش داده می‌شود. پودمان چهارم: دارای عنوان "جوش کاری گاز" است. در این پودمان جوش کاری اکسی-استیلن به صورت ذوبی و با مفتول مسوار و برنجی آموزش داده می‌شود.

پودمان پنجم: دارای عنوان "بازرسی جوش" است. در این پودمان عیوب جوش کاری و شیوه بازرسی و آزمایش های جوش آموزش داده می‌شود.

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

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش



نظرسنجی کتاب درسی



پودمان ۱

برش کاری ورق فلزی



واحد یادگیری ۱

برش کاری ورق فلزی

آیا تابه حال پی برده‌اید

- چه فلزاتی در ساخت کشتی استفاده می‌شود؟
- نقشه چه کاربردی در برش کاری فلز دارد؟
- برای برش ورق‌های فلزی از چه ابزاری می‌توان استفاده کرد؟
- در حین برش کاری چه نکات ایمنی باید رعایت گردد؟
- چگونه می‌توان در مصرف ورق‌های فلزی صرفه‌جویی کرد؟

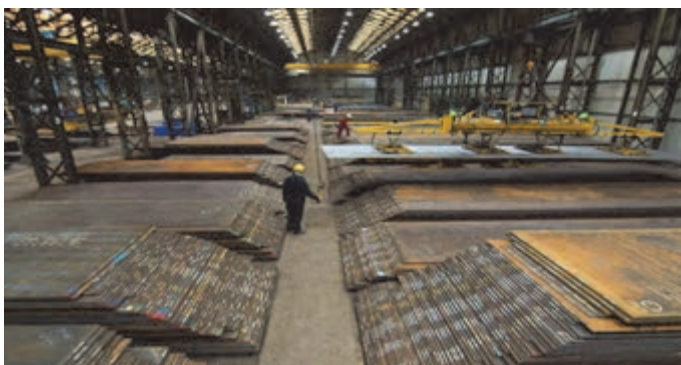
استاندارد عملکرد

پس از پایان این واحد یادگیری، هنرجویان می‌توانند داده‌های مورد نیاز را از نقشه برش کاری به دست آورند و بر روی ورق فلزی پیاده‌سازی کنند. سپس توسط قیچی‌های دستی و اهرمی، ورق فلزی را برش کاری کنند.

خواندن و پیاده سازی نقشه

اهمیت برش کاری، خم کاری و جوش کاری فلز در ساخت کشتی

در محوطه کشتی سازی برای ساخت یک کشتی ابتدا نقشه های کارگاهی را توسط نقشه های طراحی مورد تأیید مؤسسات رده بندی مهیا می کنند. پس از تهیه نقشه های کارگاهی ساخت کشتی شروع می شود.



شکل ۱- محل نگهداری ورق های فولادی در محوطه کشتی سازی "STOCK YARD"

ورق های آهنی که مورد تأیید مؤسسه رده بندی است، به وسیله دستگاه شاپ پرایمر زنگ زدایی (سند بلاست) می شوند و سپس یک لایه رنگ آستری می خورند. پس از خشک شدن رنگ ورق ها به سمت دستگاه CNC یا پلاسما برده می شوند و قطعاتی که در ساخت کشتی مورد استفاده قرار می گیرد، توسط دستگاه های مذکور برش می خورند. باید دقت شود که قطعات بر روی ورق طوری کنار هم قرار گیرند که ورق کمترین هدررفت را داشته باشد. اگر قطعاتی که طبق نقشه کارگاهی برش داده شده اند نیاز به خم کاری داشته باشند توسط دستگاه های خم کاری موجود در محوطه کشتی سازی خم کاری می شوند.

تحقیق کنید

ورق های فلزی چگونه باید نگهداری و جابه جا گردند؟



شکل ۳- دستگاه برش پلاسما



شکل ۲- دستگاه شاپ پرایمر

ساخت بلوک‌های کشتی

در ساخت کشتی‌های بزرگ متداول است ابتدا کشتی را به چندین قسمت تقسیم کنند که به هر قسمت یک بلوک کشتی گفته می‌شود (در کشتی‌های کوچک از روش پنبلی برای ساخت استفاده می‌شود). بلوک‌های کشتی طبق نقشه‌های از پیش مشخص شده ساخته می‌شوند. ساخت هر بلوک کشتی توسط بازرس مؤسسه رده‌بندی باید تأیید گردد. پس از هم‌بندی کردن هر بلوک باید آن را جوش کاری کرد. پس از اتمام ساخت بلوک باید توسط مؤسسه رده‌بندی باز هم تأیید گردد. پس از تأیید کلی بلوک باید آن را زنگ‌زدایی (سند بلاست) و سریعاً رنگ کرد. هر مرحله از زنگ‌زدایی، ضد زنگ و رنگ‌آمیزی نیز باید توسط مؤسسه رده‌بندی تأیید گردد. بلوک‌های کشتی پس از ساخته شدن در حوضچه ساخت کشتی یا در محوطه کشتی‌سازی کنار هم قرار می‌گیرند و جوش داده می‌شوند و بدنه و اسکلت‌بندی کشتی شکل می‌گیرد. در هنگام اتصال بلوک‌های کشتی، تجهیزات بزرگ کشتی در محل خود قرار می‌گیرند تا بعداً مجبور به برش عرشه‌ها و ساختمان کشتی نشوند. پس از اتمام ساختمان کشتی و جاگذاری تجهیزات در مکان خود، اقدام به راه‌اندازی تجهیزات و آزمایش آن می‌کنند. در زمان آزمایش، کشتی در حوضچه پر از آب قرار دارد. پس از اتمام ساخت کشتی آزمایش تعادل کشتی در حضور بازرس مؤسسه رده‌بندی که بر تمامی مراحل نظارت داشته است و ناظری از اداره بنادر و دریانوردی (در ایران) انجام می‌گیرد.



شکل ۵- جوش کاری بلوک کشتی



شکل ۴- اسمبل کردن بلوک کشتی



شکل ۷- در حال اجرای لوله‌کشی کشتی



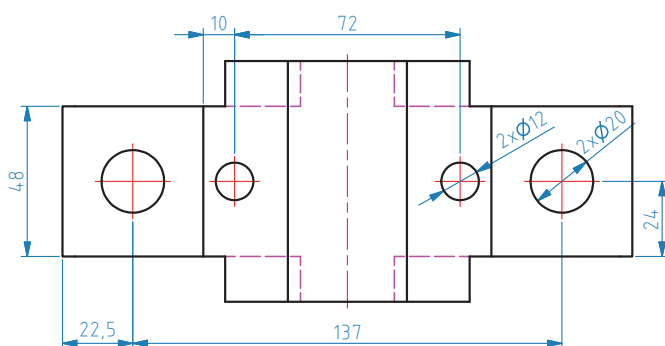
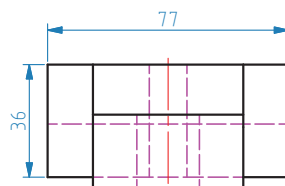
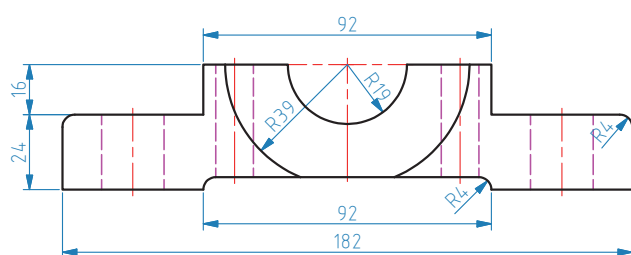
شکل ۶- اتمام جوش کاری بلوک کشتی



شکل ۸- اتصال بلوک‌های کشتی

خواندن نقشه

به نقشه زیر دقت کنید. از آن چه برداشتی دارید؟



شکل ۹

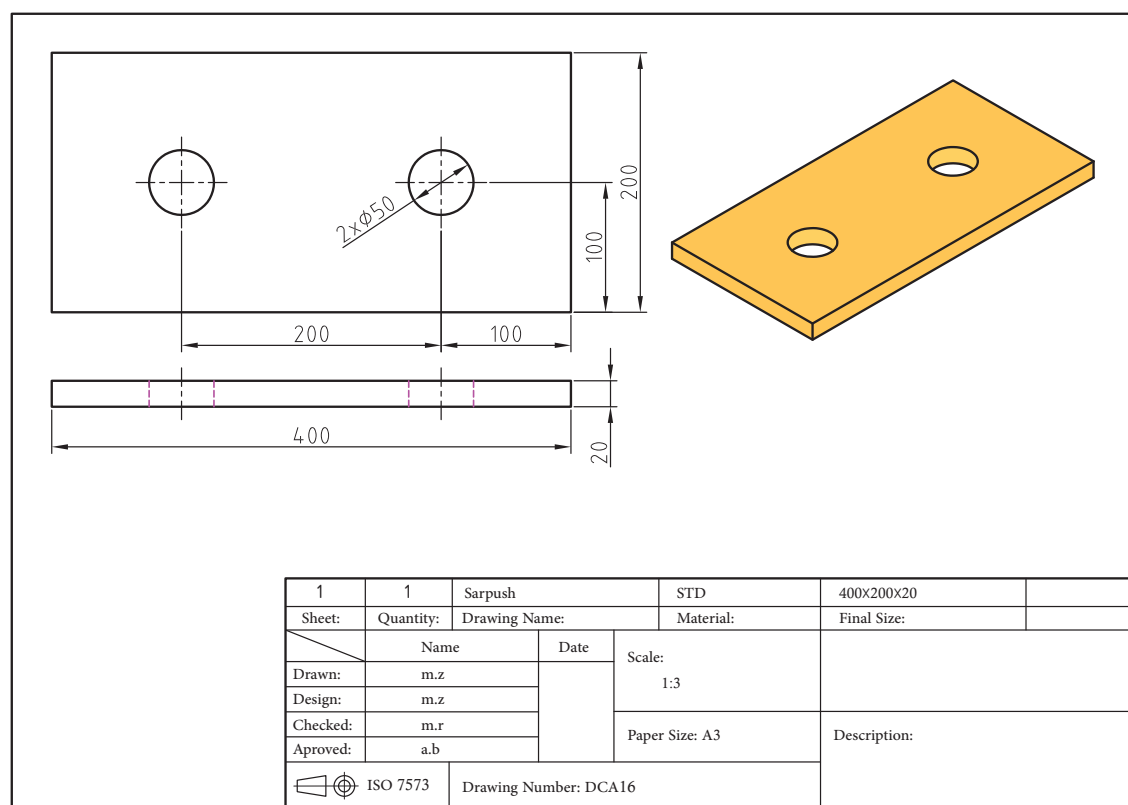


نقشه تأثیر زیادی در کیفیت تولید یک محصول دارد. اطلاعات مورد نیاز برای تولید محصول را باید از نقشه به دست آورد. با یک نقشه می‌توان دیدگاه دقیق طراح آن را درک کرد و حتی پس از تولید محصول می‌توان از لحاظ ابعاد و اندازه آن را کنترل کرد. نقشه‌ها دارای زبان فنی مشترکی هستند که توسط سازمان جهانی استاندارد (ISO) تدوین شده‌اند.



در استاندارد ISO اعداد روی نقشه برحسب چه واحدی اندازه گیری می شود؟

خواندن نقشه نیازمند مهارت و دانشی است که بتوان با آن اطلاعاتی نظیر اندازه و ابعاد یک محصول و شکل نهایی آن را به دست آورد. این اطلاعات را می توان برای برش کاری، خم کاری و اتصال فلزات (جوش کاری) استفاده کرد. هر نقشه صنعتی دارای جدول استاندارد است مشخصات آن در پایین نقشه و اجزای نقشه (نماها و تصویر سه بعدی) در داخل کادر نقشه قرار دارد. ترتیب قرارگیری مشخصات نقشه به سلیقه طراح بستگی دارد. جدول مشخصات نقشه شامل اطلاعاتی نظیر شماره نقشه، نام قطعه، جنس قطعه، مقیاس، لقی قابل قبول، نام ترسیم کننده، نام طراح، نام چک کننده نقشه و نام تأیید کننده آن است.



شکل ۱۰- جدول مشخصات

نقشه خوانی دارای چهار مرحله است:

- ۱- بررسی ویژگی ها و داده های جدول
- ۲- تجسم نقشه و پیدا کردن محور تقارن آن و خطوط مرکزی
- ۳- پیدا کردن اندازه ها، لقی قابل قبول و علایم نقشه
- ۴- تعیین خطوط اصلی و فرعی نقشه، خطوط برش و خم



با توجه به شکل ۱۱ جدول زیر را کامل کنید.

نام قطعه	جنس	مقیاس	شماره نقشه	استاندارد نقشه کشی	بزرگترین طول نقشه

				PROJECT TITLE: LANDING CRAFT 1000 TONNES	CLIENT: BUSER NAVIN
REVISION		DATE		DRAWING TITLE: PANEL ASSEMBLY SIDE PANEL	DESIGN: ZAGROS CO.
REVISION	0		1385/12/15		
DESIGN	M.M		SCALE: to fit		
DRAWN	H.S		SIZE: A3		
CHECKED	S.D.R		CLASS APP. Asia	SHEET NO: 4 of 5	DRAWING NO: LPA-102-002
APPROVE	M.M		DIMENSION: mm	REF NO: —	
4			5		6

شکل ۱۱- نمونه‌ای از جدول مشخصات نقشه ساخت یک کشتی

پیاده‌سازی نقشه

برای برش کاری ورق فلزی نیاز به پیاده‌سازی نقشه بر روی فلز است. در حقیقت پیاده‌سازی نقشه قسمتی از عملیات برش کاری فلز محسوب می‌شود. در پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی باید بسیار دقت کرد. کوچک ترین اشتباه در پیاده‌سازی نقشه منجر به تولید محصول معیوب و ناقص می‌گردد. رفع این گونه عیب‌ها خود باعث اتلاف زمان و بالا رفتن هزینه تولید می‌شود. پس باید کوچک‌ترین جزئیات را در نظر گرفت تا از به وجود آمدن اشتباه جلوگیری کرد.

مراحل پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی به ترتیب زیر است:

- ۱- تمیزکاری سطح ورق
- ۲- کنترل صافی سطح ورق
- ۳- رسم خطوط مرکزی و محور تقارن
- ۴- رسم بزرگ ترین ابعاد افقی و عمودی
- ۵- رسم خطوط فرعی و خطوط خم و برش
- ۶- رسم قوس و دایره

پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی روی میزهای ورق‌کاری انجام می‌گیرد. ویژگی‌های مهم این نوع میزها نداشتن لغزش و لرزش زیاد، صاف بودن سطح آن و عدم ایجاد فرورفتگی در ورق‌های فلزی نازک در هنگام پیاده‌سازی نقشه است.



شکل ۱۲- میزکار ورق‌کاری دستی

باید توجه داشت که گیره‌های فلزی در بالای پایه‌های میز نصب گردند تا در حال کار از لرزش میز جلوگیری شود.

توجه



در جدول زیر ابزارهای مورد نیاز برای پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی نمایش داده شده است.

جدول ۱

ابزار	کاربرد	عکس
خط کش فلزی	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و رسم خطوط با طول کوتاه	
متر	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری طول‌های زیاد	

ابزار	کاربرد	عکس
گونیا	وسیله‌ای برای علامت‌گذاری و کشیدن خط‌های عمود بر هم و کنترل زاویه قائمه	
پرگار (دارای دو کاربرد است)	وسیله‌ای برای رسم دایره و کمان	
	وسیله‌ای برای انتقال اندازه	
سوزن خط‌کش	وسیله‌ای برای خط‌کشی روی ورق فلزی	
سنجه‌نشان	وسیله‌ای برای نشان‌گذاری روی ورق فلزی	
زاویه‌سنج	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و کنترل زاویه	

نام انگلیسی هر یک از ابزارهای موجود در جدول ۱ را بیابید.

کار در منزل



به تصاویر زیر توجه کنید. کاربرد برخی از ابزارهای پیاده‌سازی نقشه بر ورق فولادی نمایش داده شده است.



شکل ۱۵- استفاده از پرگار برای رسم دایره بر ورق فلزی

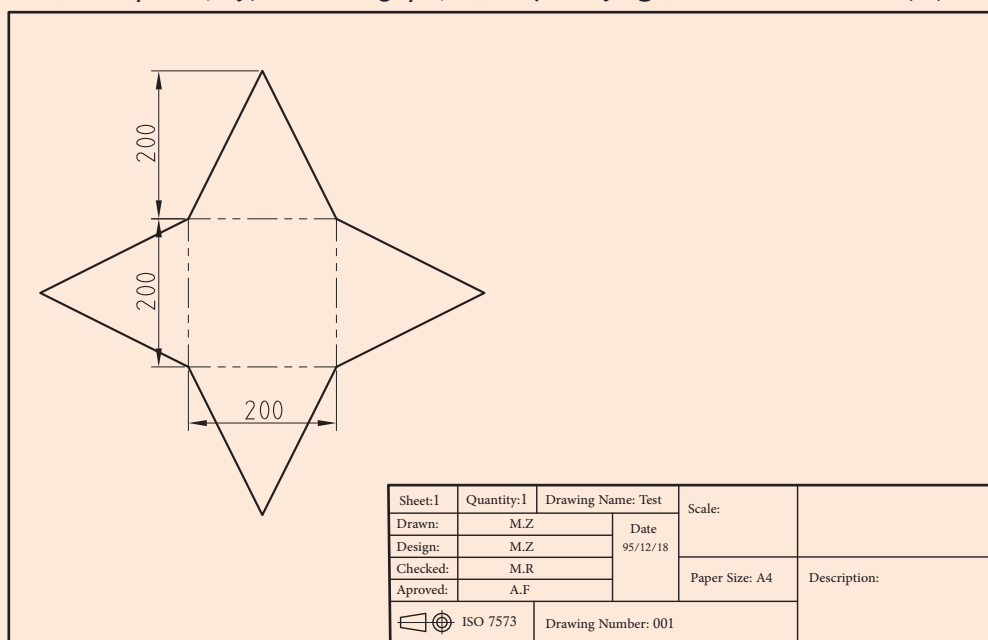


شکل ۱۴- استفاده از خطکش و سوزن خطکش



شکل ۱۳- استفاده از سنبه برای نشانه‌گذاری

ورق فولادی با ابعاد $600 \times 600 \times 5/5$ میلی‌متر انتخاب نمایید و سپس نقشه ۱۶ را بر روی آن پیاده کنید.



شکل ۱۶

فعالیت
کارگاهی



در هنگام جابه‌جا کردن ورق فولادی باید از دستکش چرمی استفاده کنید تا مبادا لبه تیز ورق باعث آسیب به دستتان شود.

نکته ایمنی



در برش کاری ورق مقداری از آن به عنوان دورریز هدر می‌رود. بهتر است آنها را در مکان مناسبی جمع‌آوری کرد تا در صورت لزوم دوباره استفاده شود در غیر این صورت، با بازیافت آنها خطر کمتری محیط‌زیست ما را تهدید می‌کند.

نکته زیست
محیطی



ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره دهی)	نمره
۱	خواندن و پیاده‌سازی نقشه	مکان: کارگاه ورق کاری ابزار: سوزن خط کش، خط کش فلزی، گونیای فلزی، زاویه‌سنج	بالاتر از سطح انتظار	استخراج اطلاعات اندازه‌گیری از نقشه، پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فولادی، اندازه‌گیری زاویه‌های نقشه، رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی	۳
			در حد انتظار	پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فولادی، اندازه‌گیری زاویه‌های نقشه، رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی	۲
			کمتر از حد انتظار	ناتوانی در پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فولادی	۱

برش کاری ورق فلزی با قیچی دستی

قبل از پرداختن به برش کاری ورق فلزی لازم است هنرجویان با انواع ورق های فلزی و دسته‌بندی آنها آشنا شوند.

دسته‌بندی ورق‌های فلزی

ورق‌های فلزی، شکلی از فلز هستند که برای استفاده راحت‌تر و کاربردی‌تر تحت فرایندهای صنعتی به ضخامت‌های نازک‌تر در ابعادی استاندارد تبدیل می‌شوند. ورق‌های فلزی را می‌توان براساس جنس و ضخامتشان طبقه‌بندی کرد. در جدول ۲ ورق‌ها بر اساس جنسشان طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۲

نوع ورق	نام ورق	کاربرد	تصویر
ورق فولادی	ورق سیاه	ساخت کشتی و مخزن ذخیره نفت	
	ورق روغنی	بدنه خودرو	
	ورق عاج دار	ورق‌های کف موتورخانه کشتی	

نوع ورق	نام ورق	کاربرد	تصویر
ورق پوشش دار	ورق گالوانیزه	کانال کولر- کابینت فلزی	
	ورق قلع اندود	قوطی کمپوت‌ها، کنسروها و مواد غذایی	
	ورق رنگی	ساخت لوازم خانگی	
ورق غیر فولادی	ورق استیل	ظروف آشپزخانه، سینک ظرف‌شویی، قاشق و چنگال	
	ورق آلومینیوم	بدنه کشتی‌های تندرو، درب و پنجره آلومینیومی، فویل و ظروف آشپزخانه	
	ورق برنجی	پروانه کشتی، تیغه‌سکان و آلات موسیقی	

در صنعت کشتی‌سازی از فولاد نرم (mild steel) برای ساخت کشتی استفاده می‌شود. این فولاد توسط مؤسسات رده‌بندی به چهار دسته A, B, D, E تقسیم‌بندی می‌شود. دسته A دارای حداقل مقاومت شکست و دسته E دارای حداکثر مقاومت شکست است. دسته D دارای مقاومت کافی در برابر ترک‌ها است؛ به همین خاطر به صورت گسترده در مصالح سازه‌ای استفاده می‌شود. یکی از مکان‌های پرکاربرد دسته D، عرشه اصلی است. در جدول ۳ ضخامت نمونه برای پوسته کف یک کشتی با نوع فولاد مصرفی آورده شده است.

جدول ۳

دسته فولاد	ضخامت ورق (mm)
A	تا ۲۰/۵
B	۲۰/۲۵-۵/۵
D	۲۵/۴۰-۵
E	بالای ۴۰

با افزایش اندازه کشتی‌ها نظیر تانکرها و فله‌برها، ضخامت فولادها نیز باید افزایش پیدا کند. مؤسسات رده‌بندی در تلاش جهت کاستن از ضخامت فولادها برای کاسته شدن از وزن جابه‌جایی کشتی، استفاده از فولادهای با استحکام کششی بالا را پذیرفتند. این فولادها به دسته‌های AH, BH, DH, EH تقسیم می‌شوند. اگر قسمتی از بدنه کشتی در دماهای پایین قرار گیرد، از دسته‌های فولاد ذکر شده نمی‌توان استفاده کرد. برای این منظور از گونه‌ای خاص از فولاد مشهور به Arctic D استفاده می‌شود. مهمترین خاصیت این فولاد جذب حداقل ۴۰ ژول در ۵۵- درجه سانتی‌گراد است. جدول ۴ آزمون چارپی دسته‌های فولاد را نشان داده است.

جدول ۴

نوع فولاد	دما بر حسب درجه سانتی‌گراد	مقاومت ضربه (ژول)
B	۰	۲۷
D	۰	۴۷
E	-۴۰	۲۷

تحقیق کنید



درباره آزمایش برخورد چارپی (Charpy impact test) تحقیق کنید.

فولاد ضدزنگ دریایی:

در شرایط دریایی، فولاد سری ۳۰۰ از استاندارد AISI (American Iron and Steel Institute) قابل استفاده است. البته این نوع فولاد برای تمام شرایط مناسب نیست؛ زیرا این نوع فولاد برای ایجاد یک لایه نازک غیرفعال در سطح خود نیاز به اکسیژن دارد. در مکان‌هایی چون اعماق آب، زیر لجن و نواحی‌ای که خاک ثابت است و در گوشه‌های ریز، سوراخ‌ها و درزهای عمیق که اکسیژن کافی وجود ندارد، استفاده از آن امکان‌پذیر نیست. در شرایط ذکر شده رنگ کردن فولاد ضدزنگ فایده‌چندانی ندارد. فولادهای سری ۳۰۴ و ۳۰۵ و ۳۱۶ در نواحی سطحی و بالاتر از سطح آب می‌توانند در برابر خوردگی آب دریا مقاومت کنند.

آلیاژ آلومینیوم:

امروزه عواملی چون مصرف سوخت و مسائل زیست‌محیطی طراحان را به این فکر واداشته است که به جای استفاده از فلزاتی چون فولاد، از فلزاتی با چگالی کمتر مانند آلومینیوم استفاده کنند. این کار باعث می‌شود وزن سازه کشتی کمتر شود و در مصرف سوخت نیز صرفه‌جویی شود.

آلومینیوم فلزی فعال است، ولی یک پوسته اکسید آلومینیوم تشکیل می‌دهد که باعث محافظت آن در برابر تعداد زیادی از محیط‌های خورنده می‌شود. آلومینیوم خالص نرم و ضعیف است اما با آلیاژسازی و عملیات حرارتی می‌توان طیف وسیع‌تری از خواص مکانیکی در آن به وجود آورد. آلیاژهای آلومینیوم در جاهایی استفاده می‌شود که به دانسیته پایین و مقاومت بالا نسبت به وزن، مقاومت به خوردگی در محیط‌های خاص یا کسب چقرمگی در دماهای پایین نیاز باشد. با پیشرفت جوش کاری گاز، امکان استفاده از آلیاژهای آلومینیوم برای کاربردهای سازه‌ای بسیاری از کشتی‌ها مهیا شده است. آلیاژهای آلومینیوم در روسازی کشتی‌های بزرگ و یا

کل سازه‌ی بعضی فری‌ها و قایق‌های کوچک استفاده می‌شود. چگالی پایین آلیاژهای آلومینیوم، آنها را برای کاربردهایی که نیاز به وزن کم و استحکام بالا باشد، مانند شناورهای اثر سطحی و هیدروفیل، بسیار مناسب کرده است. افزایش استحکام آلیاژهای آلومینیوم و حفظ چقرمگی‌شان در دماهای پایین، توانایی‌شان را برای استفاده در دمای برودتی مانند حامل‌های گاز مایع به اثبات رسانده است. از معروف‌ترین و پرکاربردترین آلیاژهای آلومینیوم در صنایع دریایی می‌توان آلیاژ آلومینیوم - منگنز را نام برد. همان‌طور که ذکر شد، ورق‌ها را می‌توان بر اساس ضخامتشان تقسیم‌بندی کرد.

جدول ۵

نوع ورق	ضخامت و کاربرد	تصویر
ورق نازک (Sheet)	ضخامت این ورق از ۰/۲ میلی‌متر تا یک میلی‌متر است و در ساخت کابینت‌های فلزی و کانال کولر کاربرد دارد.	
ورق نازک (Sheet)	ضخامت این ورق از یک میلی‌متر تا سه میلی‌متر است و در ساخت بدنه خودرو کاربرد دارد.	
ورق متوسط (Plate)	ضخامت این ورق از سه میلی‌متر تا شش میلی‌متر است و در ساخت تانکر حمل مواد سوختنی کاربرد دارد.	
ورق ضخیم (Plate)	ضخامت این ورق بالای شش میلی‌متر است و در ساخت کشتی کاربرد دارد.	

قیچی‌های دستی

قیچی دستی برای برش‌کاری خط‌های صاف کوتاه و منحنی بر روی ورق فلزی نازک به کار می‌رود. در برش‌کاری با قیچی دستی براده‌ای تولید نمی‌شود و دورریز در آن، حداقل ممکن است. مقدار نیرویی که بر دسته‌های قیچی باید وارد کرد تا برش‌کاری با قیچی دستی انجام گیرد، به نسبت طول تیغه برنده به طول دسته قیچی تعیین می‌شود.

انواع قیچی‌های دستی و کاربردهای آنها در جدول ۶ ذکر شده است، جدول را کامل کنید.

کار در کلاس



جدول ۶

نوع قیچی	کاربرد	تصویر
مستقیم‌بر	برای برش کاری مستقیم ورق و برش‌های کوتاه به سمت چپ و راست	
	برای برش کاری مستقیم ورق و برش به سمت چپ	
راست‌بر		
طویل‌بر		
سوراخ‌بر		
	برای برش کاری ورق فلزی با شکل‌های منحنی و دایره‌ای شکل	

با جست‌وجوی اینترنتی، طبقه‌بندی قیچی‌های دستی را بررسی کنید. در صورت وجود گونه‌های متفاوت، تصویر و کاربرد آنها را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید



با قیچی‌های دستی می‌توان تا یک ضخامت خاصی ورق‌های فلزی را برش داد. برای هر جنس ورق، ضخامت متفاوتی را می‌توان برش داد. جدول محدوده ضخامت برش فلزات توسط قیچی‌های دستی در جدول ۷ نشان داده شده است:

جدول ۷

فولاد	۰/۷ میلی‌متر
آلومینیوم	۱/۵-۲ میلی‌متر
فلزات غیرآهنی	تا ۱/۵ میلی‌متر

اجزای قیچی‌های دستی:

قیچی دستی دارای اجزای زیر است:

۱- تیغه بالا و پایین:

ویژگی این تیغه‌ها داشتن دندانه پهن و دقیق روی آنها است که از سر خوردن ورق جلوگیری می‌کند و نیروی مورد نیاز برای برش‌کاری را کاهش می‌دهد.

۲- پیچ تنظیم لقی بین تیغه‌ها:

این پیچ قبل از برش‌کاری با توجه به ضخامت ورق تنظیم می‌شود.

۳- فنر پیچشی:

برای باز و بسته شدن راحت‌تر دسته قیچی، از یک فنر پیچشی ارتجاعی استفاده شده است.



شکل ۱۷- اجزای قیچی دستی

برای استفاده از قیچی ابتدا باید دستورالعمل شرکت سازنده را مطالعه کرد. اطلاعاتی نظیر شکل برش قیچی و حداکثر ضخامت قابل برش‌کاری بر اساس نوع فلز را می‌توانید از دستورالعمل شرکت سازنده به دست آورید.

توجه



ایمنی و اصول استفاده از قیچی های دستی:

۱- استفاده از دست کش چرمی و عینک شیشه ای محافظ در حین کار با قیچی ورق بری توصیه می شود (شکل ۱۸). هنگام برش کاری ممکن است قطعات کوچک به هوا پرت شوند و باعث آسیب به شما گردند.



شکل ۱۸

۲- برای برش کاری از فشار معمول دست هایتان استفاده کنید و از ضربه زدن به دسته قیچی خودداری نمایید (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

۳- زاویه دهانه قیچی را در حدود ۱۵ درجه باز کنید. لقی بین تیغه های قیچی در حدود ۰/۰۵ ضخامت قطعه کار است (شکل ۲۰).



شکل ۲۰

۴- در حین برش کاری با قیچی دستی، طوری برش کاری کنید که دورریز در همان سمت دستی که برش کاری می کنید، قرار گیرد؛ یعنی اگر با دست راست کار می کنید، دورریز در سمت راست و اگر با دست چپ کار می کنید دورریز در سمت چپ شما قرار گیرد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

۵- برای برش طرح و شکل دایره ای از قیچی گردبر استفاده کنید (شکل ۲۲).



شکل ۲۲



شکل ۲۳

۶- هنگام برش کاری مسیر طولانی، از قیچی طولی‌تر یا از قیچی مستقیم‌تر استفاده کنید.
توجه داشته باشید اگر می‌خواهید از قیچی مستقیم‌تر استفاده کنید، ورق را کمی خم کنید (شکل ۲۳).

برش کاری با قیچی دستی بر اساس نوع و شکل برش به چند دسته تقسیم می‌شوند. جدول زیر طبقه‌بندی روش‌های برش کاری را نشان می‌دهد.

جدول ۸ را کامل کنید.

کار در کلاس



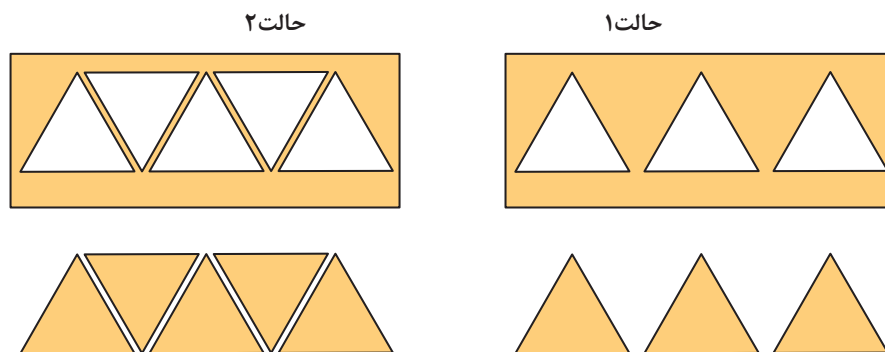
جدول ۸

روش	روش انجام	کاربرد	تصویر
فاق‌بری	برش بخش کوچکی از ورق فلزی بدون دورریز		
اضافه‌بری	برش سرتاسری ورق فلزی با دورریز		
شکل‌بری	برش دور تا دور بخشی از ورق فلزی		
سوراخ‌کاری	برش و ایجاد سوراخ بر روی ورق فلزی		

محاسبه مقدار دورریز در برش کاری

با دقت به شکل ۲۴ توجه کنید. کدام حالت از بین حالت ۱ و ۲ دورریز کمتری دارد و کارفرما هزینه کمتری برای آن صرف می کند؟

فکر کنید



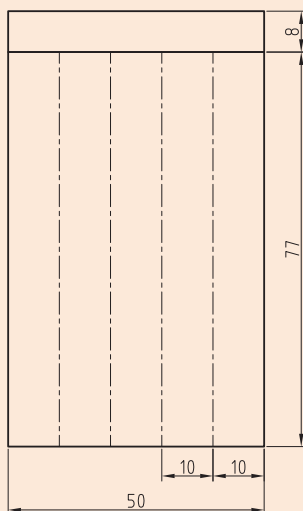
شکل ۲۴

باید دقت کرد که چیدمان قطعات بر روی یک ورق فلزی طوری باشد که کمترین دورریز را داشته باشیم. در صنعت برای رسیدن به بیشترین سود سعی می شود کمترین دورریز ورق را داشته باشند؛ به همین منظور چیدمان قطعات توسط نرم افزارها انجام می گیرد. چیدمان قطعات در ورق فلزی را NESTING گویند. دورریز، به مقدار ورق باقی مانده از محصول اصلی را گویند. برای محاسبه دورریز ورق در برش کاری باید سطوح قطعات ساخته شده را از سطح اولیه ورق کم کنیم. عدد به دست آمده سطح دورریز ورق است.

$$۱۰۰ \times (\text{مساحت کل ورق} \div \text{مساحت دورریز}) = \text{درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه}$$

$$۱۰۰ \times (\text{مساحت سطح برش} \div \text{مساحت دورریز ورق}) = \text{درصد دورریز ورق بر مبنای سطح ساخته شده}$$

کار عملی

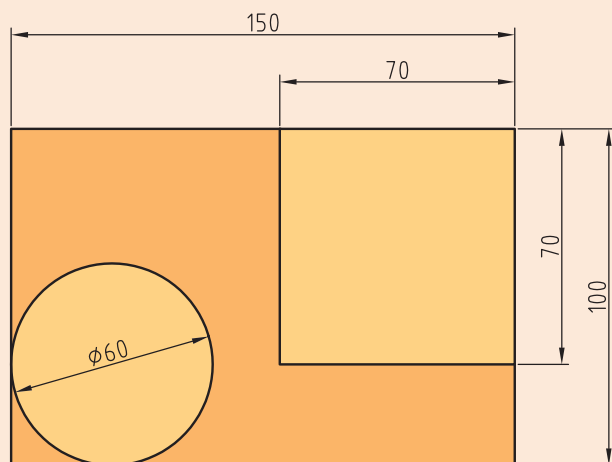


شکل ۲۵

با توجه به نقشه شکل مقابل ورق فولادی به ابعاد ۸۵×۵۰×۰/۵ میلی متر انتخاب کنید و نقشه را بر روی آن پیاده نمایید. سپس با قیچی مناسب برش کاری کنید. دورریز ورق را محاسبه کنید.



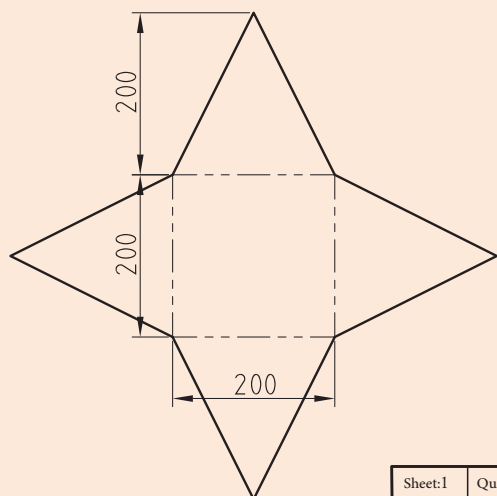
ورق گالوانیزه به ابعاد $۵۰ \times ۱۰۰ \times ۰/۵$ میلی متر مطابق شکل ۲۶ انتخاب کنید. هر شکل را با قیچی مناسب برش دهید.




شکل ۲۶



با توجه به شکل ۱۶ و پیاده سازی قبلی با قیچی دستی مناسب برش کاری را انجام دهید و درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه و سطح ساخته شده را محاسبه کنید.



Sheet: I	Quantity: I	Drawing Name: Test		Scale:	Description:
Drawn:	M.Z	Date 95/12/18	Paper Size: A4		
Design:	M.Z				
Checked:	M.R				
Aproved:	A.F				
 ISO 7573		Drawing Number: 001			

شکل ۲۷



زوایای شکل برش خورده نقشه ۱۶ را با استفاده از زاویه سنج به دست آورید.



پس از انجام برش کاری ورق فلزی با قیچی دستی ممکن است که لبه های قطعه دچار پیچیدگی و تابیدگی شود. با عملیات صاف کاری که به وسیله چکش پلاستیکی، صفحه صاف فلزی یا سندان و سوهان انجام می گیرد، این عیوب را رفع می کنیم.

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	برش کاری ورق فلزی با قیچی دستی	مکان: کارگاه ورق کاری ابزار: سوزن خط کش، خط کش فلزی، گونیای فلزی، زاویه سنج و قیچی دستی	بالاتر از حد انتظار	استخراج اطلاعات اندازه گیری از نقشه، پیاده سازی نقشه بر ورق فولادی، برش ورق با قیچی دستی، رعایت نکات ایمنی و زیست محیطی	۳
			در حد انتظار	برش ورق فلزی با قیچی دستی، رعایت نکات ایمنی و زیست محیطی	۲
			پایین تر از حد انتظار	ناتوانی در برش ورق فلزی با قیچی دستی	۱

برش کاری ورق فلزی با قیچی اهرمی

همان گونه که آموختیم، قیچی دستی می تواند ورق نازک را تا ضخامت یک میلی متر برش دهد. اکنون با افزایش ضخامت ورق چه باید کرد؟

در گذشته برای بالا بردن قدرت قیچی های دستی، از لوله برای ازدیاد طول دسته قیچی استفاده می شد تا بازوی گشتاور قیچی را زیاد کند که این خود از لحاظ ایمنی درست نبود و باعث خرابی قیچی می گردید.

قیچی اهرمی

اگر بخواهیم ورق های فلزی با ضخامت بیشتر از توان قیچی دستی را برش کاری نماییم از قیچی اهرمی استفاده می کنیم. با قیچی اهرمی هم به صورت صاف و هم بصورت منحنی می توان ورق فلزی را برش کاری کرد. از مزایای برش کاری با قیچی اهرمی، برش بدون براده برداری و دورریز کم است. در ضمن، از قیچی های اهرمی برای برش کاری پروفیل هایی چون تسمه، میله گرد و نبشی می توان استفاده کرد.

انواع قیچی اهرمی:

قیچی‌های اهرمی با توجه به کاربردشان دسته‌بندی می‌شوند. در جدول زیر دسته‌بندی قیچی‌های اهرمی نمایش داده شده است.

جدول ۹ را کامل کنید.

کار در کلاس



جدول ۹

تصویر	کاربرد	نوع قیچی
		قیچی اهرمی ساده
		قیچی اهرمی منحنی‌بر
		قیچی اهرمی با میز کار
		قیچی اهرمی مرکب

مراحل برش کاری با قیچی اهرمی

با اجرای منظم سه مرحله زیر، برش کاری به صورت مطلوب توسط قیچی اهرمی انجام می شود:

مرحله ۱- نفوذ:

تیغه ها پایین می آیند و با قطعه تماس پیدا می کنند. برای ادامه کار باید نیروی بیشتری وارد کرد. قطعه بین دو تیغه فشرده می شود و از خود مقاومت نشان می دهد. زمانی که نیروی تیغه ها با نیروی مقاومت قطعه برابر شد، مرحله ۱ یا نفوذ آغاز می گردد.



شکل ۲۸- ایجاد شیار آغازین در قطعه

مرحله ۲- برش:

پس از مرحله نفوذ، با افزایش نیرو، تیغه ها بر مقاومت قطعه پیروز می گردند و در قطعه بیشتر نفوذ می کنند که به آن مرحله برش می گویند.



شکل ۲۹- نفوذ تیغه ها در قطعه

مرحله ۳- شکست:

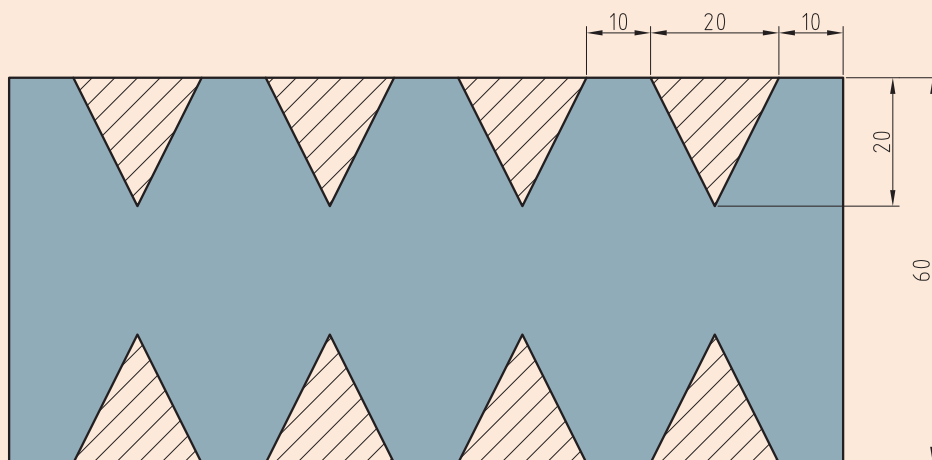
در پایان برش کاری، با وارد کردن نیروی بیشتر قطعه در بین تیغه ها کاملاً فشرده می شود و دیگر قادر به نفوذ نخواهد بود. در این مرحله افزایش تنش برشی باعث شکستن قطعه و پایان برش کاری می گردد که به آن مرحله شکست گویند.



شکل ۳۰- شکست قطعه در انتهای برش کاری



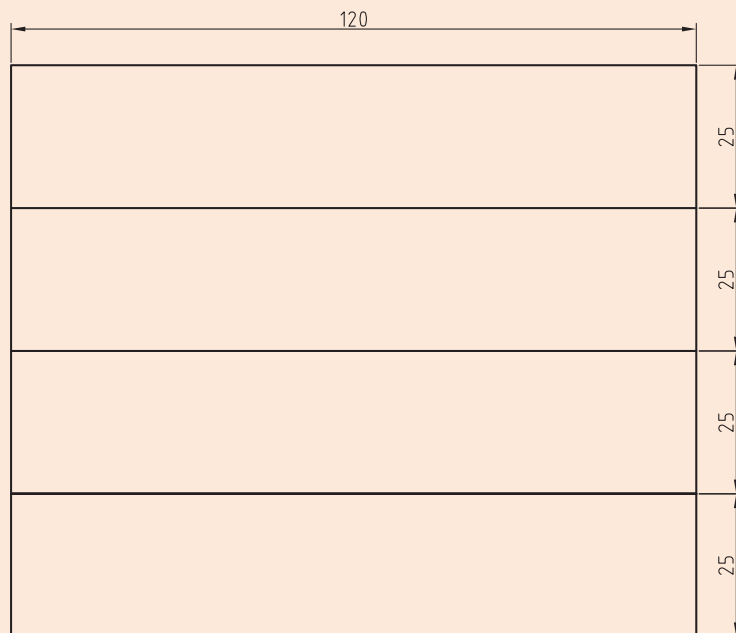
پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کنید و نقشه شکل ۳۱ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش کاری نمایید. دورریز را محاسبه کنید.



شکل ۳۱



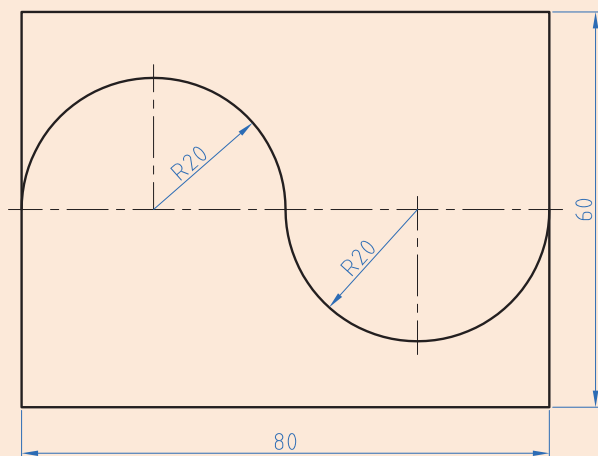
پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کنید و نقشه شکل زیر را بر روی آن پیاده‌سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش کاری نمایید.



شکل ۳۲



پس از برش ورق در اندازه مناسب آن را گونیا کنید و نقشه شکل ۳۳ را بر روی آن پیاده سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش کاری و کنترل نمایید.



شکل ۳۳

برش کاری ورق های ضخیم

در صنعت برش کاری ورق های ضخیم توسط دستگاه هایی چون گیوتین، دستگاه برش جت آب، دستگاه برش اتومات پلاسما و برش اتومات هوا گاز انجام می پذیرد. در صنعت کشتی سازی ایران دستگاه های اتومات پلاسما و برش اتومات هوا گاز به دلیل سرعت زیاد و کیفیت بالای برش، کاربرد بسیاری دارند.

دستگاه برش هوا گاز:

در روش برش هوا گاز زمانی که دمای مشعل برش به دمای برافروختگی فلز مورد نظر می رسد، با استفاده از جریان اکسیژن فلز مورد نظر برش داده می شود. به کارگیری تکنولوژی CNC برای دستگاه برش هوا گاز باعث انعطاف پذیری بیشتر در برابر اشکال مختلف می شود (شکل ۳۴).



شکل ۳۴



فیلم برش فلز توسط دستگاه هوا گاز را مشاهده کنید.

دستگاه برش پلاسما:



شکل ۳۵

برش پلاسما در سال ۱۹۸۰ به عنوان یک راه حل بسیار سازنده برای برش ورق و صفحات فلزی معرفی گردید. برش دهنده های پلاسما خیلی سریع گسترش یافتند اما آنها تا حدودی کند و گران قیمت بودند؛ بنابراین بیشتر به کاربردهایی که نیاز به تکرار الگوی برش (در کاربردهای تولید انبوه) بود اختصاص یافتند.

همچون سایر ماشین های ابزار، از سال ۱۹۸۰ تکنولوژی CNC برای ماشین های برش پلاسما استفاده گردید و از این طریق انعطاف پذیری بیشتری در برابر اشکال مختلف مورد تقاضا از طریق برنامه نویسی CNC از خود نشان داد؛ ولی باز هم با وجود کنترل کننده های CNC برش پلاسما به برش طرح ها و الگوها در صفحات و ورقه های تخت محدود است و فقط دارای دو محور (X,Y) هستند (شکل ۳۵).

فیلم برش فلز توسط دستگاه پلاسما را مشاهده کنید.

نمایش فیلم



مزایای برش پلاسما نسبت به روش های دیگر برش چیست؟

فکر کنید



مزایای برش پلاسما نسبت به برش فلز با فلز عبارتند از:

- ۱- تراشه فلزی ایجاد نمی گردد.
- ۲- دقیق برش می دهد.
- ۳- لبه برش آن نسبت به برش هوا گاز صاف تر است.

دستگاه جت آب

امروزه جت های آب در خیلی از جنبه های برش کاری بی نظیر هستند و همچنین راه تولید بسیاری از محصولات را تغییر داده اند. انواع مختلفی از جت های آب امروزه موجودند که شامل جت های آب ساده (بدون مواد افزودنی)، جت های آب به همراه مواد ساینده، جت های آب ضربه ای، جت های کاویتاسیونی آب و جت های هیبرید هستند.

ویژگی های برش با جت آب:

۱- یکی از برترین فواید و مزایای استفاده از برش با جت آب یا Waterjet Cutting این است که ذاتاً دارای خاصیت برش کاری سرد است و گرما ایجاد نمی کند. با همین ویژگی انواع مواد را به راحتی برش می دهد ولی در سایر روش های برش کاری احتمال سوختن، ذوب شدن و یا ترک برداشتن مواد وجود دارد.

برش کاری ورق فلزی

۲- جت آب می‌تواند بدون ایجاد سوراخ‌های نخستین کار سوراخ‌کاری را در هر گونه ماده و قالب ویژه آغاز کند و نیاز به انجام کار دیگری نیست.

۳- هم جت آب و هم لیزر قادرند فلزات و دیگر مواد را برش دهند؛ اما دستگاه‌های واترجت از دستگاه‌های لیزر ارزان‌تر هستند.

۴- جت آب برای برش کاری و شیارزنی غیرفلزات متخلخل مانند: چوب، چرم، اسفنج و ... مناسب است. همچنین از آن برای برش کاری کامپوزیت‌ها، برداشتن روکش سیم‌ها و پلیسه‌گیری استفاده می‌شود.

۵- جت آب یک ابزار برشی است که هرگز کند نمی‌شود و یا نمی‌شکند. همچنین این فرایند گرد و غبار تولید نمی‌کند (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

فیلم برش فلز توسط جت آب را مشاهده کنید.

نمایش فیلم



با هماهنگی هنرستان خود از محوطه کشتی‌سازی بندر محل سکونت خود بازدید کنید و دستگاه‌های برش آن را مشاهده نمایید.

فعالیت
کارگاهی



ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	برش کاری ورق فلزی با قیچی اهرمی	مکان: کارگاه ورق‌کاری ابزار: سوزن خط‌کش، خط‌کش فلزی، گونیای فلزی، زاویه‌سنج و قیچی اهرمی	بالاتر از حد انتظار	۱- استخراج اطلاعات اندازه‌گیری از نقشه، ۲- پیاده‌سازی نقشه بر ورق فولادی، ۳- برش ورق با قیچی اهرمی، ۴- رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی	۳
			در حد انتظار	۱- برش ورق فلزی با قیچی اهرمی، ۲- رعایت نکات ایمنی و زیست‌محیطی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- ناتوانی در برش ورق فلزی با قیچی اهرمی	۱

ارزشیابی برش کاری ورقه فلزی

شرح کار:

خواندن نقشه و پیاده‌سازی آن بر ورق فلزی

برش کاری توسط قیچی دستی

برش کاری توسط قیچی اهرمی

استاندارد عملکرد:

داده‌های مورد نیاز را از نقشه برش کاری به دست آورند و بر روی ورق فلزی پیاده‌سازی کنند. سپس توسط قیچی‌های دستی و اهرمی ورق فلزی را برش کاری دهند.

شاخص‌ها:

- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ‌زدگی باشد
- انتقال دقیق ابعاد و اندازه نقشه، اندازه‌گیری و خط‌کشی روی ورق
- برش کاری مطابق نقشه
- انطباق دقیق ابعاد و اندازه نقشه با محصول برش خورده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه ورق کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: خط‌کش فلزی، متر، سوزن خط‌کش، پرگار، گونیا، سنبه، زاویه‌سنج، قیچی دستی و قیچی اهرمی.

معیار شایستگی:

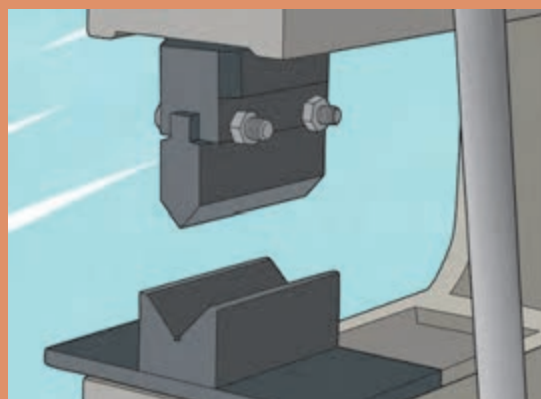
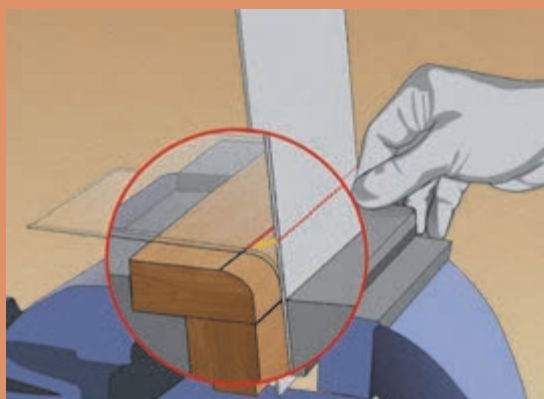
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	خواندن و پیاده‌سازی نقشه	۲	
۲	برش کاری ورق فلزی با قیچی دستی	۱	
۳	برش کاری ورق فلزی با قیچی اهرمی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ...	۲	
	میانگین نمرات		*

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



پودمان ۲

خم کاری ورق و مقاطع فلزی



واحد یادگیری ۲

خم کاری ورق و مقاطع فلزی

آیا تاکنون پی برده‌اید

- خم کاری ورق و پروفیل چگونه صورت می‌پذیرد؟
- خم کاری در صنایع دریایی چه میزان اهمیت دارد؟
- در کارخانه‌های کشتی‌سازی، ورق و پروفیل بر چه اساس و با چه فرایندی خم می‌شود؟
- استانداردهای لازم در خم کاری ورق و پروفیل چیست؟
- نکات ایمنی در روش‌های خم کاری چیست؟

استاندارد عملکرد

هنرجو در ابتدا، انواع روش‌های خم کاری را می‌آموزد و اطلاعات لازم و استانداردهای مربوط به خم کاری در روش‌های دستی و ماشینی و به صورت سرد و گرم را کسب می‌کند. علاوه بر آن، کاربرد خم کاری را در صنعت ساخت و تعمیر شناور فرا خواهد گرفت. همچنین با انواع پروفیل‌های استاندارد فولادی و آلومینیومی که به خصوص در صنعت ساخت و تعمیر کشتی کاربرد دارند، آشنا می‌شود. در پایان نیز، حداقل مهارت‌های لازم برای خم کاری ورقه‌های نازک با دست را خواهد آموخت. این مهارت، با انجام فعالیت کارگاهی صورت خواهد گرفت.

کاربرد استانداردهای خم کاری ورق

خم کاری ورق، یک نمونه از روش‌های شکل‌دهی فلزات است که ورق حول یک محور خم می‌شود؛ به گونه‌ای که هنوز قابلیت استحکام لازم را با توجه به نوع وظیفه‌ای که بر آن محول شده‌است، دارا باشد.

انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را بیابید.

تحقیق کنید



در این روش، خم کاری ورق حول یک محور ثابت و با شعاع خمیدگی مشخص انجام می‌پذیرد. در این حالت، تغییر شکل زاویه‌ای یا دایره‌ای صورت می‌پذیرد. با استفاده از این روش، می‌توان ورق‌ها را شکل‌دهی و خم کرد. همچنین می‌توان با استفاده از آن، پروفیل‌های زاویه‌ای یا U شکل ایجاد نمود. شکل ۱ یک نمونه دستگاه خم کاری را در کارخانه کشتی‌سازی بندرعباس نشان می‌دهد.



شکل ۱- دستگاه پرس کاری و خم کاری ۸۰۰ تنی کشتی‌سازی بندرعباس

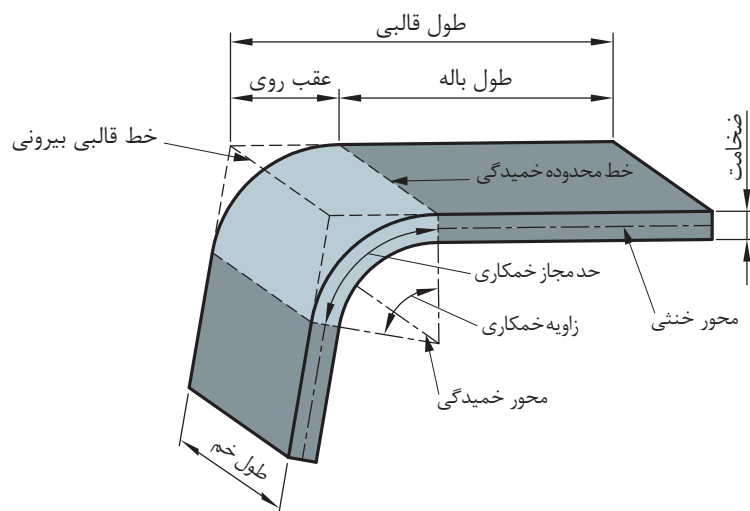
در حالت کلی، به سه روش از نظر دمایی می‌توان ورق و پروفیل را خم نمود. جدول ۱ این سه نوع خم کاری را نشان داده و ویژگی‌های هر کدام را بیان می‌کند.

جدول ۱- انواع روش‌های خم‌کاری ورق از نظر دمایی

نوع خم‌کاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	مزایا	معایب
سرد	Cold bending	در دمای محیط و با فشار و نیروی زیاد ماشین‌آلات، فلز شکل‌دهی می‌شود. پس از خم‌کاری، معمولاً نیاز به ماشین‌کاری یا صاف‌کاری ندارند.	- دقت بیشتر و تolerانس کمتر - پرداخت بهتر سطح - ایجاد استحکام بیشتر در فلزات در برخی مواقع - نیاز نداشتن به صرف انرژی حرارتی و آلودگی محیط زیست	- نیاز به نیروی فراوان جهت خم‌کاری - سطح فلزات باید در ابتدا تمیز شود - خصوصیات فلز در دمای محیط باعث محدودیت در خم‌کاری می‌شود
گرم	Warm bending	در دمای بالاتر از دمای محیط صورت می‌پذیرد. این دما حدود ۰/۳ دمای ذوب فلز است	- نیاز به نیروی کمتر از خم‌کاری سرد - امکان شکل‌دهی با هندسه پیچیده‌تر	قطعه ابتدا باید گرم شود
داغ	Hot bending	در دمایی بالاتر از دمای خم‌کاری گرم صورت می‌پذیرد. حدود ۰/۵ دمای ذوب	- تغییر شکل‌پذیری فلز زیاد می‌شود - نیاز به نیروی فیزیکی به مراتب کمتر (برخی اوقات فقط با حرارت شکل‌دهی می‌شود)	- دقت ابعادی کمتر - امکان اکسیداسیون سطح فلز - آلودگی محیط زیست - عمر کمتر ابزارآلات شکل‌دهی (قالب و گیره و...)

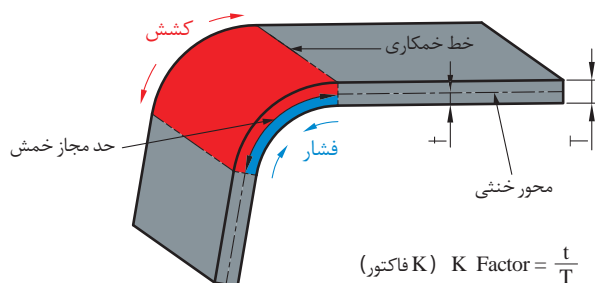
استانداردها و ملاحظات خم‌کاری ورق

با توجه به اینکه ورق تحت فشار و سنبه یا نورد (گرم یا سرد) خم می‌شود و تغییر فرم دائمی می‌دهد، باید محدودیت‌هایی برای این منظور در نظر گرفت تا ورق پس از خم‌کاری، خراب نشود. ابتدا لازم است تا تعاریف کلی و مفاهیم اولیه توضیح داده شود. شکل ۲، اصطلاحات فنی یک ورق خم‌شده و شعاع خمیدگی آن را نشان می‌دهد.

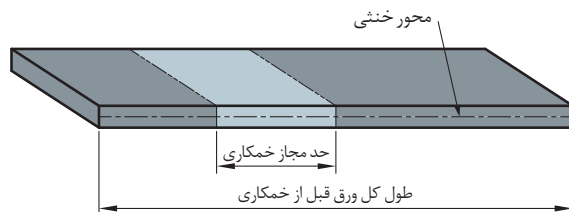


شکل ۲- تعاریف و مشخصات هندسی ورق در فرایند خم کاری

در فرایند خم کاری، سطح بیرون محدوده خم کاری کشیده می شود، در حالی که سطح درونی آن تحت فشار کوتاه می شود (شکل ۳). در یک موقعیت خاص از ورق، تغییری در اندازه طول، هنگام خم کاری به وجود نمی آید. به این موقعیت، محور یا تار خنثی گفته می شود.



$$K \text{ Factor} = \frac{t}{T} \quad (K \text{ فاکتور})$$



شکل ۳- وضعیت ورق در زمان خم کاری

در خم کاری با فشار قالب، شعاع خم کاری درونی ورق R نباید کمتر از $\frac{1}{4}t$ ضخامت ورق باشد. این مقدار در خم کاری در عملیات حرارتی کاهش می یابد. در حالت کلی رابطه زیر را داریم:

$$R_{\min} = c.t$$

که R_{min} حداقل شعاع خم کاری، t ضخامت ورق و c ضریبی است که با توجه به نوع ماده و نوع فرایند خم کاری تعیین می‌گردد و در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ضریب c جهت تعیین حداقل شعاع خمیدگی برای خم کاری پرسی

نوع ماده	ضریب c			
	خم کاری با عملیات حرارتی		خم کاری سرد	
	خمشی در عرض ورق	خمشی در طول ورق	خمشی در عرض ورق	خمشی در طول ورق
آلومینیوم	۰/۰۱	۰/۳	۰/۳	۰/۸
مس	۰/۰۱	۰/۳	۱	۲
آلیاژ مس- قلع	۰/۰۱	۰/۳	۰/۴	۰/۸
فولاد معمولی	۰/۰۱	۰/۴	۰/۴	۰/۸
فولاد با درصد کربن کم	۰/۱	۰/۵	۰/۵	۱
فولاد با درصد کربن بالا	۰/۳	۰/۸	۰/۸	۱/۵

بر خلاف خم کاری پرسی، در خم کاری با غلتک لازم است که حداکثر شعاع رعایت گردد. این میزان حداکثر از رابطه زیر حاصل می‌گردد:

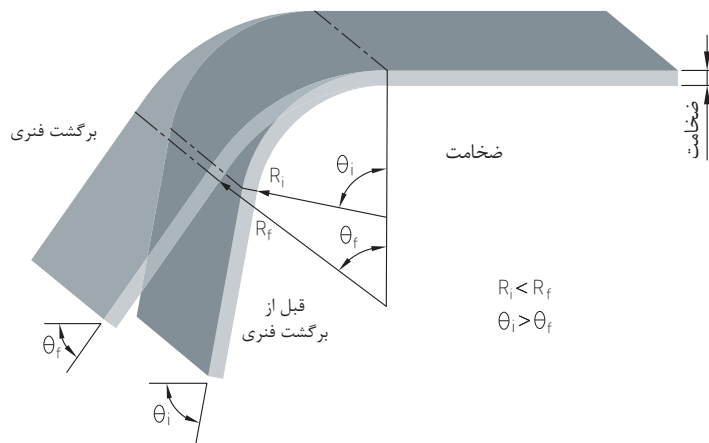
$$R_{max} = \frac{t.E}{2Y_E}$$

که در آن، E ضریب کشسانی فلز و Y_E تنش تسلیم فلز است. جدول ۴، مقادیر ضریب کشسانی و نیز تنش تسلیم چند نوع فلز مهم را نشان می‌دهد. تعیین شعاع حداکثر در خم کاری با غلتک بدین دلیل است که اگر ورق از یک حد لازم کمتر خم شود (شعاع خم کاری بیشتر از یک حد لازم شود) عمل برگشت فنری (Spring Back) صورت می‌پذیرد که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

جدول ۳- خواص برخی از فلزات

ردیف	نوع فلز	ضریب کشسانی (مگا پاسکال)	تنش تسلیم (مگا پاسکال)
۱	فولاد	۲۰۰۰۰۰	۲۶۰۰-۴۰۰
۲	آلومینیوم	۶۹۰۰۰	۲۴۱
۳	مس	۱۱۷۰۰۰	۷۰

برگشت فنری: زمانی که عمل خم کاری فلز صورت می‌پذیرد، به دلیل طبیعتی که فلز دارد و به آن خاصیت ارتجاعی می‌گویند، به طور کامل خم نمی‌شود و کمی به عقب برمی‌گردد. شکل ۴ این موضوع را نشان می‌دهد.



شکل ۴- پدیده برگشت فنری در ورق

جدول ۴ میزان برگشت فنری فولاد معمولی را با توجه به شعاع خم کاری و ضخامت فلز نشان می‌دهد.

جدول ۴- میزان برگشت فنری بر حسب درجه

۱	۳	۵	میزان برگشت فنری بر حسب درجه
۵ t تا t	۵ t تا t	۵ t تا t	شعاع خم کاری داخلی بر حسب ضخامت فلز (t)
۴ تا ۲	۱/۹ تا ۵/۸	۵/۷ تا ۵/۱	ضخامت فلز بر حسب میلی‌متر

چه عواملی بر میزان برگشت فنری تأثیر می‌گذارند؟ برای جبران یا جلوگیری از برگشت فنری، چه راهکارهایی وجود دارد؟

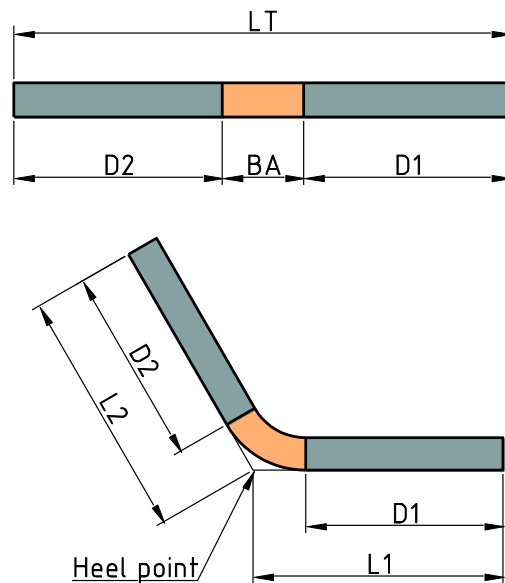
تحقیق کنید



در خم کاری لازم است ضمن حفظ طول قوس، عمل خم کاری را انجام داد. در این حالت، طول کل یک ورق از سمتی که قرار است خم شود، با طول خم کاری جمع می‌شود. با توجه به شکل ۵، در محاسبات طول کل ورق، داریم:

$$LT=D1+D2+BA$$

BA ناحیه‌ای از ورق است که باید خم کاری در آن صورت پذیرد. این مقدار باید به سطوح صاف اضافه گردد تا قطعه خم کاری شده مطابق نقشه درآید. به BA اصطلاحاً حد مجاز خمش یا ضمیمه خمش گفته می‌شود که وابسته به جنس، ضخامت و زاویه خمش است. حد مجاز خمش در اشکال ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل ۵- طول کل ورق با توجه به میزان خم کاری

روابطی برای تعیین حد مجاز خمش تعیین شده است. از جمله:

$$BA = \frac{\pi}{180} \cdot B \cdot (R + K.t)$$

که در آن K: فاکتور (در جدول ۵ نشان داده شده است)، B: زاویه خم کاری، R: شعاع داخلی خم کاری و t: ضخامت فلز است.

جدول ۵- فاکتور K

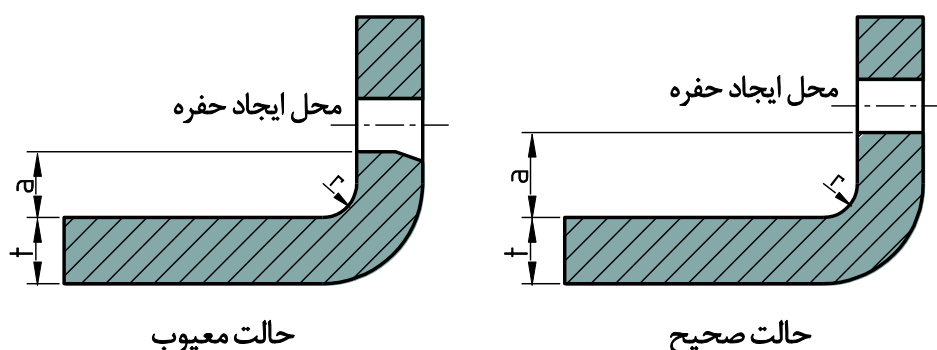
ردیف	نوع خم کاری	شعاع خم کاری بر حسب ضخامت ورق	آلومینیوم	فولاد نرم	فولاد سخت
۱	خم کاری هوایی	۰-t	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۴
		t-۳t	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۵
		>۳t	۰/۵	۰/۵	۰/۵
۲	خم کاری V	۰-t	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۶
		t-۳t	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸
		>۳t	۰/۵	۰/۵	۰/۵
۳	خم کاری U	۰-t	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴
		t-۳t	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۷
		>۳t	۰/۵	۰/۵	۰/۵



خم کاری در مجاورت حفره‌ها
اگر فاصله حفره از محل خم کاری از حد معینی کمتر شود، احتمال بروز اعوجاج و تغییر در هندسه حفره به وجود می‌آید. در نتیجه لازم است حداقل فاصله از حفره رعایت گردد. این حداقل فاصله از رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$a \geq r + 2t$$

که a ، r و t در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- رعایت فاصله حفره و محل خم کاری

ماشین‌ها و ابزار خم کاری ورق

برای اینکه ورق‌ها، به خصوص ورق‌های ضخیم و قوی، مانند فولاد جهت خم شدن نیاز به نیروی زیادی دارند و نیز لزوم دقت خم کاری، در نتیجه از ماشین‌های خم کاری استفاده می‌شود. جدول ۶ چند نوع از این ماشین‌ها را معرفی می‌کند.

تحقیق کنید



در حین کار با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خم کاری، چه نکات ایمنی، زیست‌محیطی و بهداشتی باید رعایت گردد؟

هر کدام از ماشین‌آلات جدول ۶، نمونه‌های فراوانی دارند که هنرجو می‌تواند نمونه‌های دیگر آن را با مطالعه و تحقیق بیابد.

کار در کلاس



با کمک هنرآموز، اصطلاحات انگلیسی ابزار خم کاری موجود در جدول ۵ را بیابید.

جدول ۶- نواع ماشین آلات و ابزار خم کاری

ردیف	نام ماشین	نام انگلیسی	کاربرد	نمونه شکل
۱	خمکن فشاری		تولید پروفیل های خمیده با استفاده از قالب ها و ماشین	
۲	پرس خمکن ورق دستی		ایجاد فشار در یک سمت ورق توسط یک سنبه تاشونده و خم کردن آن	
۳	ماشین خم کاری سه غلتکی		برای تولید لوله های با قطر بالا و نیز خم های کم از صفحه ورق استفاده می گردد.	
۴	ماشین شیار سازی		برای ایجاد شیار و لبه در ورق های فولادی به کار می رود.	

خم کاری ورق و مقاطع فلزی

با بازدید از یکی از کارخانجات ساخت کشتی در محل، یا با تحقیق اینترنتی، چند نمونه دستگاه و ماشین خمکن را در صنایع ساخت و تعمیر شناور پیدا کنید.

تحقیق کنید



اصطلاحات انگلیسی رایج در خم کاری در جدول زیر آمده است. با کمک هنرآموز، معنی فارسی آن را در سمت راست بنویسید.

کار در کلاس



جدول اصطلاحات رایج خم کاری

ردیف	اصطلاح فارسی	اصطلاح انگلیسی
۱		angle
۲		Bending curve
۳		Punch
۴		Die
۵		Workpiece
۶		Backing pad
۷		bending radius
۸		Spring back
۹		Effective length
۱۰		Bending force

ورق چینی بدنه کشتی (shell expansion) چیست؟

تحقیق کنید



یک ورق فولادی با ضخامت ۴ میلی متر، طول ۲۰ سانتی متر و عرض ۴ سانتی متر، قرار است به میزان ۹۰ درجه با شعاع ۸ میلی متر خم شود. حد مجاز خم کاری آن را محاسبه کنید و پس از خم کردن ورق در کارگاه، مقدار واقعی را با مقدار محاسبه شده مقایسه نمایید.

فعالیت کارگاهی



ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	کاربرد استانداردهای خم کاری ورق	مکان: کارگاه ورق کاری ابزار: سوزن خط کش، گیره، گوه، چکش خم کاری، قطعه کار آماده (بریده شده) برای خم کاری، نقاله	بالاتر از حد انتظار	۱- انواع روش‌های خم کاری از نظر دمایی را شناخته و ویژگی‌های آنان را بداند. ۲- اصول ذکر شده در استاندارد خم کاری ورق را بداند. ۳- انواع ماشین‌آلات و ابزار خم کاری ورق را بشناسد.	۳
			در حد انتظار	۱- اصول ذکر شده در استاندارد خم کاری ورق را بداند. ۲- انواع ماشین‌آلات و ابزار خم کاری ورق را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- اصول ذکر شده در استاندارد خم کاری ورق را بداند.	۱

خم کاری سرد و حرارتی

مهم‌ترین نوع روش‌های خم کاری سرد با توضیح و شکل در جدول ۷ آمده است.

اصطلاح انگلیسی روش‌های خم کاری را در جدول ۷ با کمک هنرآموز بنویسید.

کار در کلاس

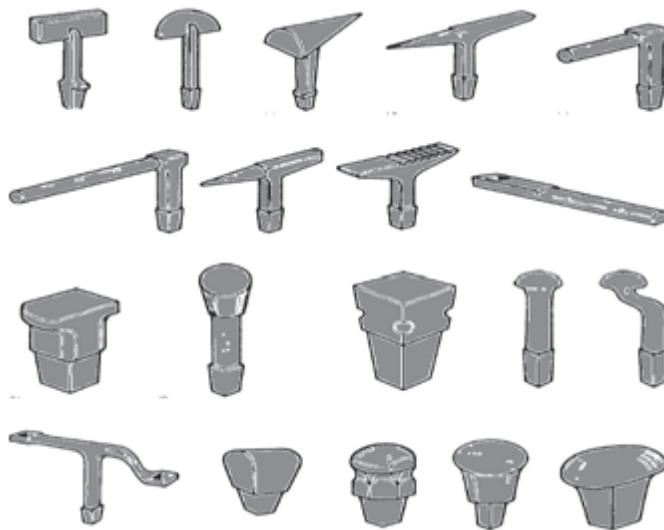


جدول ۷- روش‌های خم کاری سرد

نوع خم کاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شکل شماتیک
خم کاری هوایی		در این روش، سنبه و قالب صرفاً جهت انتقال نیرو استفاده می‌شوند. قطعه ورق روی دو نقطه تکیه داده می‌شود و سنبه بر روی فلز فشار می‌آورد و فلز را خم می‌کند.	
خم کاری V شکل		سنبه و قالب، هر دو V شکل هستند. قبل از شکل‌دهی بدین شکل، ابتدا خمش هوایی صورت می‌پذیرد تا ورق کمی خم شود.	
خم کاری U شکل		در این حالت، فرم‌دهی ورق بشکل U خواهد بود. برای رسیدن به فرم U مطلوب، یک تکیه‌گاه زیرین در قالب خم کاری قرار می‌گیرد تا نتیجه بهتری حاصل گردد.	
خم کاری با غلتک (نورد)		در این روش، معمولاً فلز با استفاده از سه غلتک خم می‌شود. این روش بیشتر برای خم کردن ورق‌های بزرگ، به خصوص ورق بدنه کشتی استفاده می‌شود. در این حالت، غلتک بزرگتر در یک محدوده زاویه می‌چرخد و در این بین، ارتفاع دو غلتک پایینی تطبیق داده می‌شود. بدین شکل می‌توان ورق را تا میزان دلخواه خم کرد.	

خم کاری با دست:

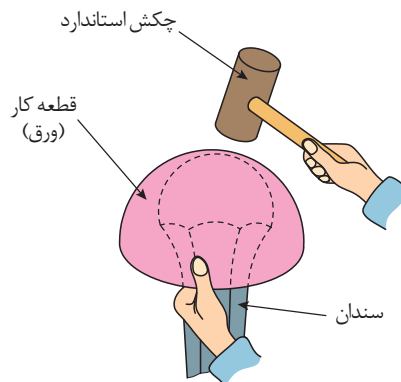
در مواقعی که نیاز به دقت بالا نیست و همچنین ورق ضخامت زیادی ندارد، خم کاری با دست یک روش سریع و مفید به حساب می آید. ابزارهای متفاوت و زیادی برای خم کاری ورق به کار می روند که در شکل ۷ نشان داده شده است. این ابزارها به عنوان سندان شناخته می شوند. بسته به اینکه خم کاری به چه شکل باشد، می توان هر کدام از ابزارها را استفاده نمود. این ابزار به عنوان تکیه گاه قرار می گیرد و با قرار دادن ورق روی آن و چکش کاری، ورق را به فرم دلخواه درمی آوریم (شکل ۸). نکته مهم در این روش این است که شخص فلزکار باید مهارت و تجربه لازم را داشته باشد. علاوه بر سندان، انبردست های خم کاری نیز موجودند که بیشتر برای لبه سازی و یا صاف کاری ورق به کار می روند (شکل ۹).



شکل ۷- انواع سندان ها برای خم کاری

در هنگام خم کاری با دست، چه نکات ایمنی را باید رعایت کرد؟

تحقیق کنید



شکل ۸- طریقه خم کاری دستی به کمک سندان



شکل ۹- انبردست‌های خم کاری و صاف کاری ورق

ابزار دیگری که استفاده می‌شود، گیره و گوه است که با مقید کردن ورق در گیره و ضربه زدن به یک سمت ورق، آن را خم می‌کنیم. این کار به سهولت انجام می‌گیرد. این ابزار و سایر ابزارهای لازم، در جدول ۸ ذکر خواهند گردید.

دستورالعمل خم کاری دستی ورق فلزی:

همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، در خم کاری فلز، در صورتی که فلز نازک باشد و نیاز به دقت زیاد نباشد، می‌توان با استفاده از یک سری ابزار ساده موجود در کارگاه، فلز را خم کرد. مهمترین ابزار خم‌کننده دستی، علاوه بر سندان در جدول ۸ آمده است.

کار در کلاس



اصطلاح انگلیسی ابزار خم کاری موجود در جدول زیر را بیابید.

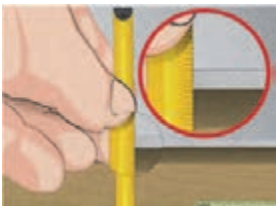
جدول ۸- ابزار و وسایل خم کاری دستی







ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	شکل
۱	گوه‌های شکل‌دهی چوبی یا فلزی		
۲	جعبه نگهداری چکش و گوه (اختیاری)		
۳	سوزن خط‌کش		


ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	شکل
۴	قلم علامتزن		
۵	نقاله		
۶	چکش پلاستیکی یا فلزی		
۷	خطکش یا متر فلزی		
۸	گیره کارگاهی		

مراحل کار: مراحل خم کاری یک ورق فلزی، در جدول ۹ آمده است.
نکته: از هنرجو انتظار می رود با مطالعه دقیق این سلسله مراحل، روش خم کاری یک ورق فلزی را به صورت ساده یاد بگیرد.

جدول ۹- مراحل خم کاری فلز

مراحل کار	توضیح	شکل
۱	با استفاده از خطکش، ضخامت ورق را تعیین کنید. تعیین ضخامت ورق برای مشخص نمودن حد مجاز خمش ضروری است.	

مراحل کار	توضیح	شکل
۲	حد مجاز خمش را با استفاده از جدول کتاب و فرمول صفحه ۳۴ تعیین کنید.	
۳	محدوده خمیدگی ورق را علامت بزنید (شکل مرحله ۲). دقت کنید که تعیین این محدوده، بسته به حد مجاز محاسبه شده با توجه به ضخامت ورق و نیز شعاع خمیدگی معین شده از قبل است. دقت کنید که برای تعیین شعاع خمیدگی، از فرمول صفحه ۳۳ استفاده کنید (حداقل میزان شعاع خمیدگی).	
۴	ورق را با توجه به نقشه تعیین شده از قبل ببرید (بسته به نوع وسیله ای است که قرار است ساخته شود). دقت داشته باشید برای برش ورق با قیچی، میزان دورریز مورد نظر نیز در نظر گرفته شود تا محدوده های ورق از حد مجاز بیشتر یا کمتر نشود (دقیقا منطبق با نقشه باشد).	
۵	گوه چوبی یا فلزی را درون گیره قرار دهید. گوه، شکل مخصوص خود برای خم کاری را دارد.	
۶	ورق را درون گیره و در مجاورت گوه قرار دهید. باید ورق و گوه به خوبی به هم چسبیده باشند. دقت داشته باشید که خطوط مرزی ناحیه خم کاری ورق و گوه دقیقاً روی هم قرار گرفته باشند.	
۷	تکیه دار کردن ورق های بزرگ. دقت کنید در صورتی که ورق بریده شده بسیار بزرگ باشد، باید از قسمت بالا، دارای تکیه گاه باشد. چرا که در صورت نگه نداشتن تکه بزرگ، هنگام چکش کاری، باعث لرزش ورق می گردد و مانع از ایجاد خم کاری صحیح می شود. یک راه ساده این ست که همکلاسی تان به شما کمک کند و قسمت بالایی ورق را با دست بگیرد و همزمان با خم شدن، ورق را هدایت نماید.	

مراحل کار	توضیح	شکل
۸	خم کاری ورق با چکش: این مرحله که مهم ترین و آخرین مرحله است، باید با دقت و ظرافت انجام گردد. برای جلوگیری از ترک و شکاف در ورق حین خم کاری، بهتر است از چکش غیرفلزی استفاده گردد. چکش کاری را آهسته آهسته و به فاصله کم از ورق انجام دهید تا ورق مطابق با هندسه گوه خم گردد. در کلیه مراحل چکش زدن، ضربه چکش فقط به ناحیه خمیدگی وارد گردد.	

دستور کار خم کاری یک ورق آلومینیوم را توضیح دهید.

تحقیق کنید



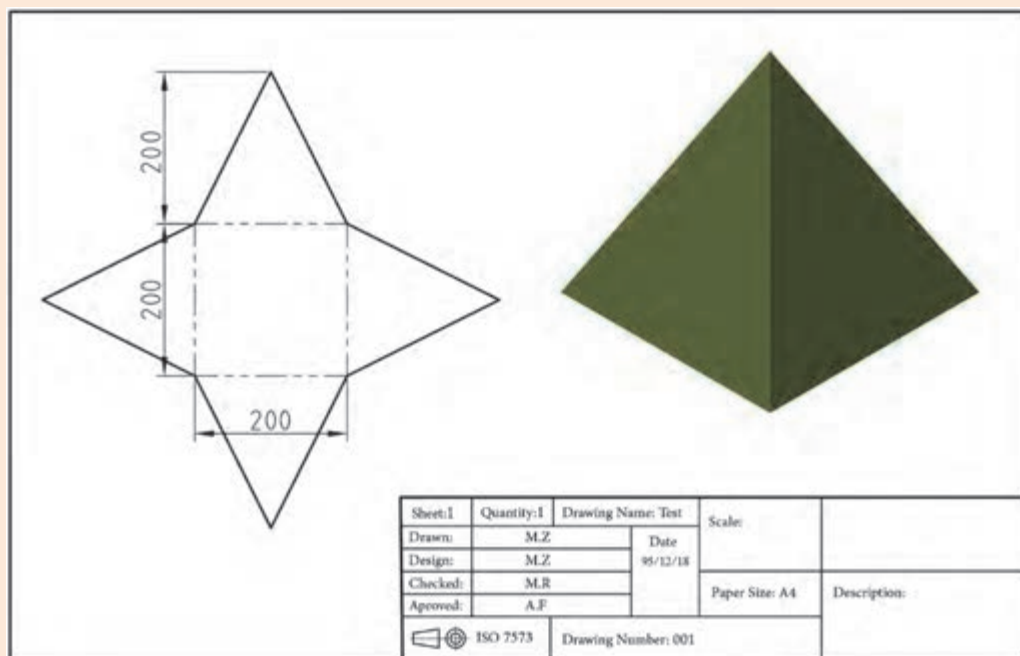
یکی از روش های مدرن خم کاری سرد در صنایع دریایی، روش چند نقطه ای (multi point bending) است. با کمک هنر آموز، تعیین کنید این روش چیست و چه نمونه هایی از آن موجود است.

تحقیق کنید



نوع فعالیت: خم کاری
قطعه بریده شده در فصل یک را با رعایت استاندارد، خم کنید و به هرم تبدیل نمایید. ابزار لازم برای خم کاری، در جدول ۸ آمده است.

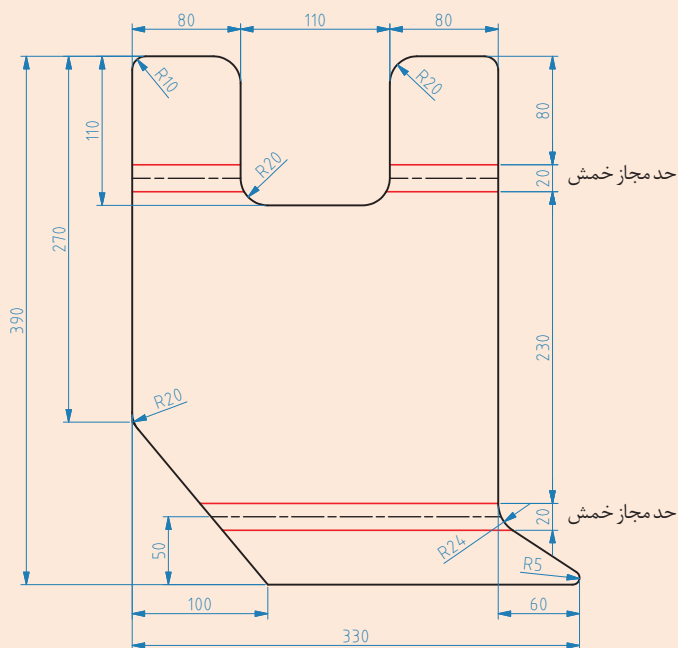
فعالیت
کارگاهی



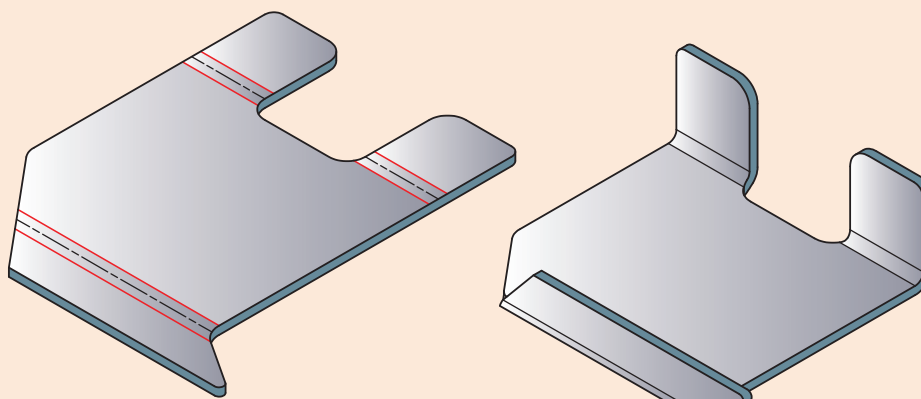


نوع فعالیت: خم کاری

نقشه سبیدی زیر، یک قطعه را نشان می‌دهد که برای استفاده در صنعت به کار می‌رود. با کمک ابزار برش کاری و خم کاری در کارگاه، قطعه زیر را ببرید و آن را خم کنید تا به شکل ۱۲ درآید. با توجه به ضخامت فلز و میزان حد مجاز، شعاع خم کاری مجاز چند است؟ طول ناحیه خم شده را بیابید.



شکل ۱۱- قطعه کار برش داده شده



قبل از خم کاری

بعد از خم کاری

شکل ۱۲- قطعه کار قبل و پس از خم کاری

نکات ایمنی



نکات ایمنی در هنگام ورق کاری با دست:

- ۱ هنگام کار حتماً از دستکش، کفش مخصوص، لباس کار و عینک استفاده کنید.
- ۲ دقت کنید اشیای نوک تیز و سنگین مانند سندان، سنبه، چکش، سوزن و... در جای مناسب قرار گیرند. از قرار دادن آنها بر روی زمین و یا در لبه میز کار جداً خودداری کنید.
- ۳ در هنگام استفاده از چکش یا خم کن دستی، مراقب دست خود باشید.

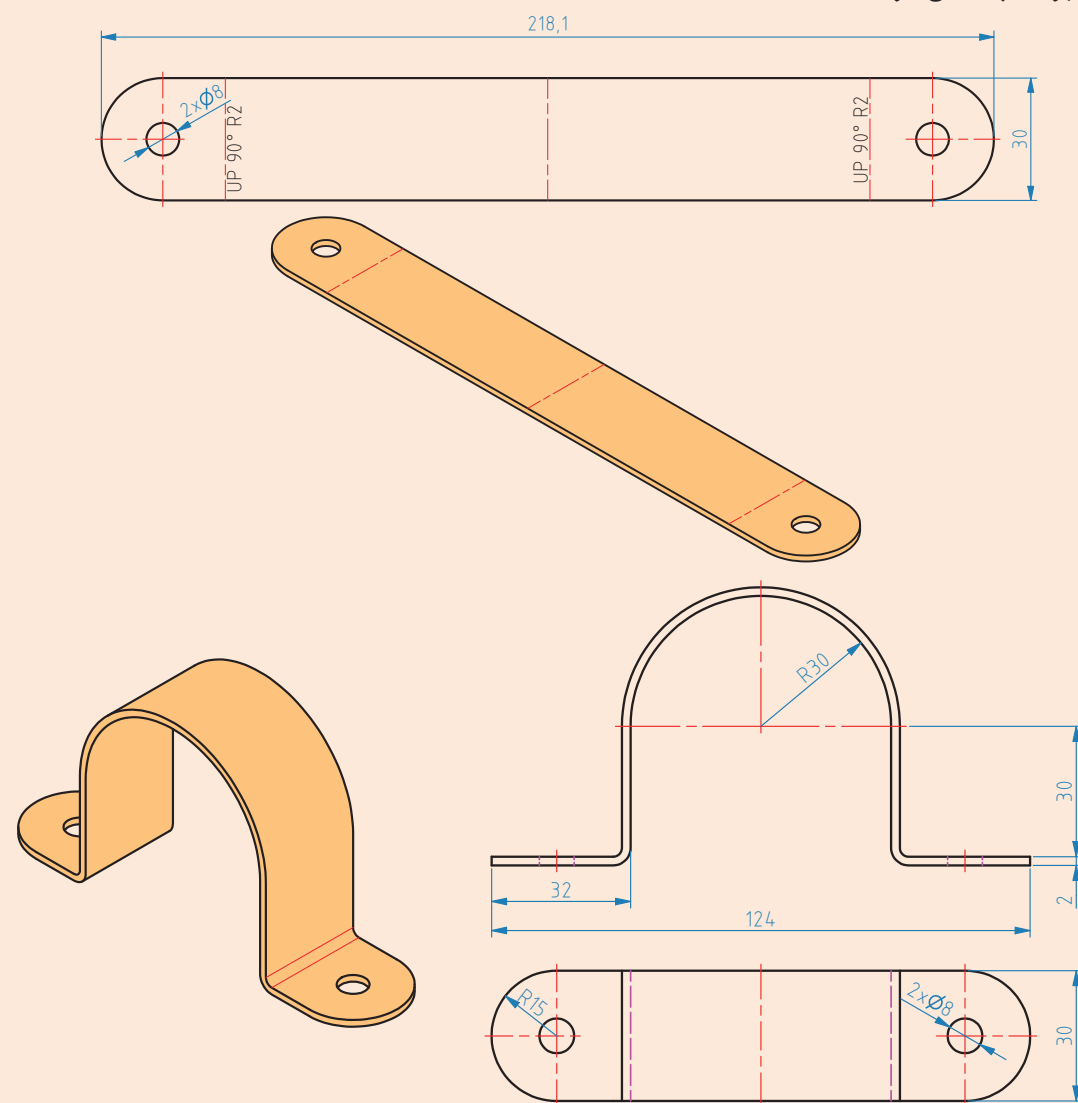
فعالیت کارگاهی



نوع فعالیت: خم کاری

عنوان: ساخت یک عدد پست U شکل

نقشه شکل: یک ورق به ضخامت ۲ میلی متر در نظر بگیرید و در ابتدا طبق نقشه عمل برش را انجام دهید. ابعاد نقشه برحسب سانتی متر است.



ابزار مورد استفاده:

قیچی برش، گوۀ خم کاری یا سندان، چکش لاستیکی، سنبلۀ ماتریس، خط کش، ماژیک علامت زن، دستکش، لباس و عینک.

مراحل انجام کار:

۱- نقشه خوانی

۲- محاسبۀ طول گسترده گی و حد مجاز

۳- بررسی رعایت استانداردها (خم کاری و موقعیت حفره ها)

۴- برش ورق

۵- ایجاد حفره در محل های مورد نظر با رعایت استاندارد

۶- خم کاری و شکل دهی ورق با رعایت حداقل شعاع خمیدگی

۷- جمع کردن ابزار و تمیز کاری محل کارگاه

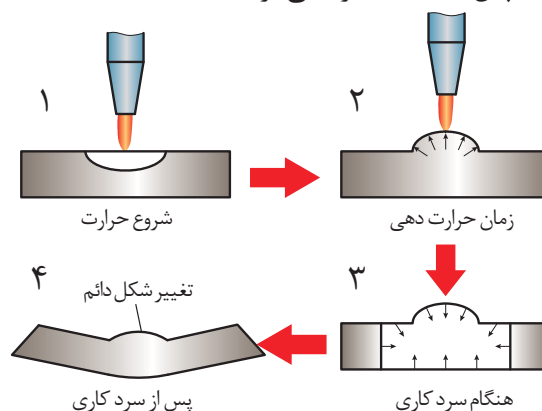
تحقیق کنید



در فرایند خم کاری با دست، چه عیوبی به وجود می آید؟ راهکارهای رفع آنها چیست؟

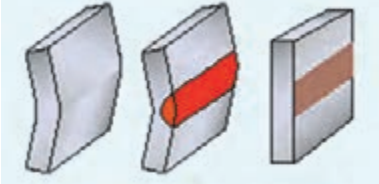
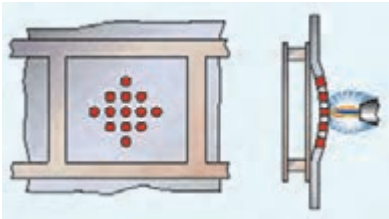
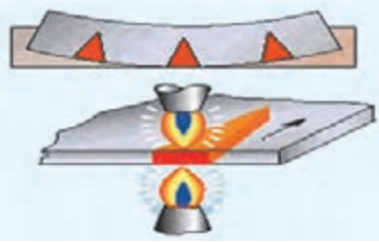
خم کاری با حرارت:

در این روش، با حرارت دادن به قسمتی یا تمام ورق، تنش حرارتی و خمش در ورق ایجاد می شود. از این روش، در خم کاری ورق های بزرگ، بخصوص بدنه کشتی استفاده می شود. معمولاً سه روش اصلی در خم کاری حرارتی موجود است که در جدول ۱۰ آمده است. از این روش نه تنها جهت خم کاری، بلکه جهت صاف کاری و اعوجاج ناشی از جوش کاری نیز به کار می رود. شکل ۱۳ فرایند کلی خم کاری با حرارت را نشان می دهد. در این فرایند، بخشی از ورق ابتدا داغ شده و سپس بلافاصله سرد می گردد.



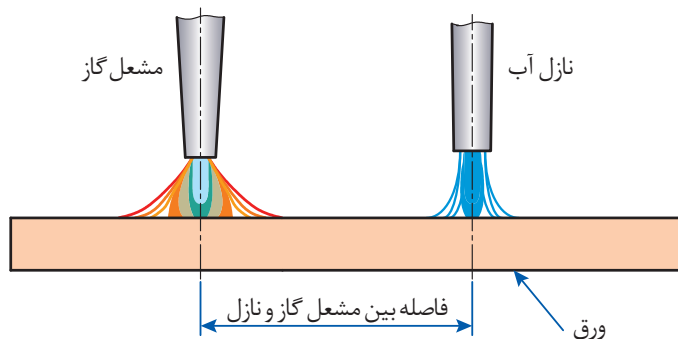
شکل ۱۳- فرایند کلی خم کاری با حرارت

جدول ۱۰- انواع روش‌های حرارت‌دهی فلزات برای خم‌کاری و صاف‌کاری

روش حرارت‌دهی	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شکل
حرارت خطی	Line heating	حرارت دادن و سرد کردن پیایی فلز در یک خط مستقیم که باعث ایجاد انحنای در آن محل می‌گردد.	
حرارت نقطه‌ای	Spot heating	حرارت دادن و سرد کردن پیایی ورق در یک نقطه	
حرارت مثلثی	Wedge shaped heating	حرارت‌دهی قسمتی از یک ورق به صورت مثلث باریک و بلند. برای ایجاد قوس ورق و خم‌کاری پروفیل به کار می‌رود.	

وسایل و تجهیزات:

در این نوع خم‌کاری، از قالب‌های خم‌کاری به عنوان میزکار استفاده می‌شود. معمولاً این قالب‌ها از یک ورق ضخیم‌تر یا چدن ساخته می‌شوند. همچنین مشعل حرارتی، نازل آب برای سردسازی بلافاصله، فندک، شلنگ، گوه فولادی، چکش بزرگ، استامپ و ... سایر ابزار مورد استفاده هستند.



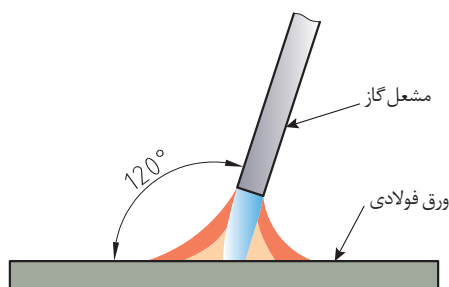
شکل ۱۴- فاصله بین مشعل و نازل آب



درجه حرارت لازم برای خم کاری ورق های آلومینیوم چند است؟

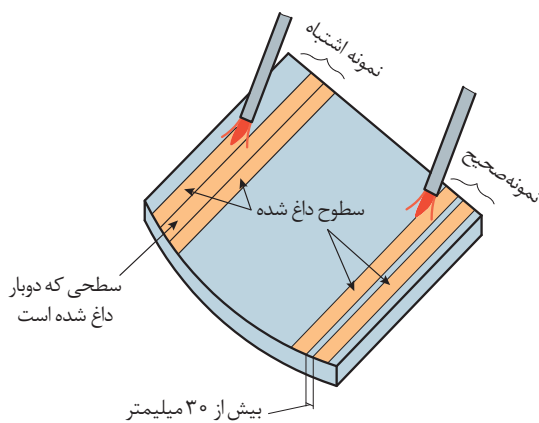
طریقه قرار گیری مشعل گاز:

داغ ترین نقطه مشعل، در گاز اکسی استیلن ۱۵ میلی متر زیر مشعل قرار دارد. در گاز پروپان، این فاصله حدود ۳۵ میلی متر است. باید نقطه ای از ورق که قرار است گرم شود، در این موقعیت قرار گیرد. همچنین مشعل باید مانند شکل و با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به سطح ورق قرار گیرد (شکل ۱۵).



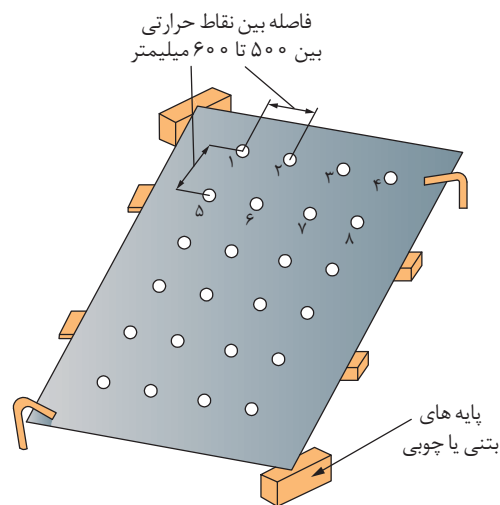
شکل ۱۵- طریقه قرار گیری مشعل برای حرارت دهی

فاصله خطوط حرارت: به دلیل اینکه حرارت در کلیه نقاط باعث پیچش ورق و اعوجاج می شود، فاصله بین خطوط حرارت در روش حرارت دهی خطی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی متر شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- طرق صحیح و غلط حرارت دهی خطی

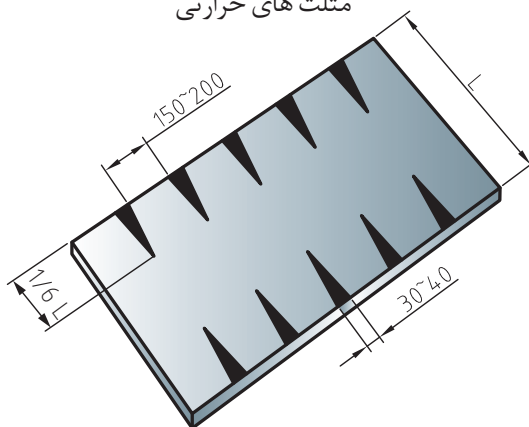
در حرارت دهی نقطه ای نیز فواصل نقاط مربوطه برای حرارت دهی، بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر باید در نظر گرفته شود. شکل ۱۷ این موضوع را نشان می دهد. همچنین رعایت سلسله مراتب حرارت دهی نیز ضروری است. در شکل، نقاط ۱، ۲، ۳، ... این سلسله مراتب را نشان می دهد.



شکل ۱۷- طریقه حرارت‌دهی نقطه‌ای

طریقه حرارت‌دهی مثلثی نیز در شکل ۱۸ نشان داده شده است که در نهایت باعث قوس و خم ورق خواهد شد.

مثلث‌های حرارتی



شکل ۱۸- طریقه حرارت‌دهی مثلثی

کار در کلاس



ملاحظات ایمنی خم‌کاری با حرارت را بیان کنید.

تحقیق کنید



در روش خم‌کاری گرم و خم‌کاری داغ، چه عیوبی پدید می‌آید؟



نوع فعالیت: خم کاری با حرارت

یک ورق ۴ میلی متری با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی متر انتخاب کنید و قسمت وسط ورق را با علامت زنی و رعایت حد مجاز خم کاری، با استفاده از مشعل خم نمایید. مشعل حرارتی را تا زمانی روی ورق بگیرید که ورق تغییر رنگ دهد و قرمز شود. سپس با چکش کاری، ورق را خم کنید.

سلسله مراتب خم کاری به شکل زیر است:

۱- برش ورق

۲- علامت زنی ورق جهت تعیین حد مجاز خم کاری

۳- قرار دادن ورق در گیره

۴- حرارت دادن ورق در حین خم کاری با چکش. یک مرحله حرارت دهی و یک مرحله چکش کاری.



ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها، دآوری، نمره دهی)	نمره
۲	خم کاری سرد و حرارتی	مکان: کارگاه ورق کاری ابزار: سوزن خط کش، گیره، گوه، چکش خم کاری، قطعه کار آماده (بریده شده) برای خم کاری، نقاله مشعل حرارتی	بالاتر از حد انتظار	۱- انواع روش های خم کاری سرد فلزات را بداند. ۲- خم کاری ورق با دست را انجام دهد. ۳- انواع روش های خم کاری حرارتی را بشناسد و خم کاری گرم را انجام دهد. ۴- استانداردهای خم کاری حرارتی ورق را بشناسد. ۵- عیوب به وجود آمده در خم کاری حرارتی را بشناسد.	۳
			در حد انتظار	۱- خم کاری ورق با دست را انجام دهد. ۲- انواع روش های خم کاری حرارتی را بشناسد و خم کاری گرم را انجام دهد. ۳- استانداردهای خم کاری حرارتی ورق را بشناسد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- خم کاری ورق با دست را انجام دهد.	۱

خم کاری پروفیل

به دلیل اینکه ورق‌ها در مقاومت در برابر بارها و نیروها ضعیف هستند، هنگام ساخت شناور یا ساختمان یا هواپیما، از پروفیل‌ها برای تقویت و افزایش استحکام آنان استفاده می‌شود.

تحقیق کنید



در مورد پروفیل‌های فولادی و آلومینیومی دریایی تحقیق کنید.

خم کاری پروفیل، برخلاف ورق، کار ساده‌ای نیست. چرا که خصوصیات مقطع آن باعث می‌شود که نیروی بسیار زیادی برای خم کاری لازم باشد. با وجود این، همانند ورق، پروفیل‌ها نیز به دو روش دستی و ماشینی و از نظر حرارتی به دو روش گرم و سرد خم می‌شوند.

انواع روش‌های خم کاری پروفیل

انواع روش‌های خم کاری پروفیل به صورت سرد در جدول ۱۱ نشان داده شده است. در این جدول، توضیحاتی در مورد نحوه صحیح خم کاری پروفیل آمده است.

تحقیق کنید



عیوب به وجود آمده در خم کاری پروفیل چیست؟

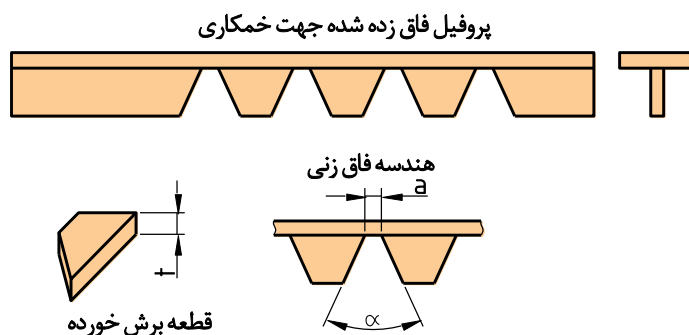
جدول ۱۱- انواع روش‌های خم کاری پروفیل به صورت سرد

ردیف	نوع خم کاری	توضیحات	شکل
۱	خم کاری دستی	گسترده‌گی سطح توسط چکش خاصی به نام چکش کش دهنده صورت می‌پذیرد. با این چکش، سطح مقطع یک قسمت پروفیل افزایش یافته و باعث می‌شود که پروفیل در همان صفحه و به سمت دیگر خم شود.	
		فاق‌زنی: در این روش، یک بخش از پروفیل (باله پروفیل) به شکلی که نشان داده شده است، به صورت مثلثی و آرّه مانند برش داده می‌شود. سپس با همان نیروی خم کاری ورق، عمل خم کاری انجام می‌گردد. این کار باعث سهولت خم کاری می‌شود.	

ردیف	نوع خم کاری	توضیحات	شکل
۲	خم کاری با ماشین	پروفیل در دستگاه غلتکی با فشار خم می‌گردد. غلتک‌ها همانند ماشین نورد ورق عمل می‌کنند، با این تفاوت که در اینجا نیروی بیشتری اعمال می‌گردد.	

استانداردهای خم کاری پروفیل با فاق‌بری

در زمان‌هایی که یک پروفیل قرار باشد به صورت دستی و به مقدار زیاد خم شود، بهتر است در روی جان پروفیل (نبشی)، شیارهای مثلی برداشته شود تا عمل خم کاری به سهولت انجام پذیرد. به این عمل اصطلاحاً فاق‌زنی (Notching) می‌گویند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- استاندارد خم کاری سرد دستی (فاق‌بری)

رابطه هندسی فاق خورده به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$a = \frac{t \cdot \alpha \cdot \pi}{360}$$

که در آن:

a : فاصله بین دو ضلع زاویه فاق

t : ضخامت قطعه

α : زاویه فاق

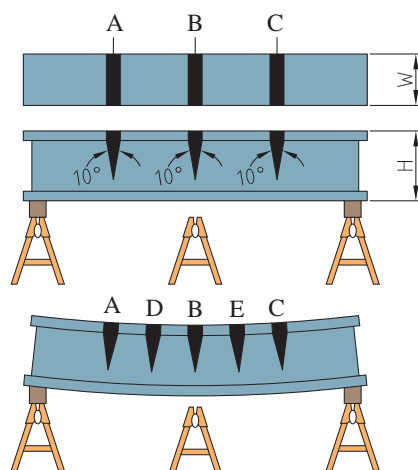
مقدار α از رابطه $\alpha = 180 - \beta$ به دست می‌آید که β زاویه خم است (بدون خم $\beta = 180$ درجه است)

باید دقت داشت که تعداد فاق‌ها در تعیین میزان α مهم است. هر چه تعداد فاق بیشتر گردد، α به همان نسبت کوچکتر می‌شود. مثلاً اگر سه فاق داشته باشیم، α تقسیم بر ۳ می‌شود.

استانداردهای خم کاری پروفیل با ماشین:

پروفیل‌ها، برخلاف ورق که از یک قاعده خاصی تبعیت می‌کند، میزان شعاع خم کاری‌شان وابسته به نوع مقطع، جنس مصالح و مساحت مقطع است. در کتاب کار، جدولی برای تعیین حداقل قطر خمیدگی برخی مقاطع استاندارد، با توجه به اندازه آنها آمده است. در دستورالعمل ماشین‌های خم کاری، جدولی برای تعیین حداقل قطر یا شعاع خم کاری آمده است که به کاربر کمک می‌کند با تنظیم دستگاه، حداقل قطر یا شعاع خم کاری را رعایت کند.

جهت خم کاری پروفیل با حرارت، همان‌گونه که در جدول ۱۰ ذکر گردید، روش حرارت‌دهی مثلی مرسوم است. شکل ۲۰ یک نمونه از خم کاری پروفیل با حرارت را نشان می‌دهد. با وجود این، به ندرت از روش حرارتی برای خمش پروفیل استفاده می‌گردد.



شکل ۲۰- طریقه خم کاری حرارتی پروفیل. نواحی مشکی، نواحی حرارتی است که به روش مثلی انجام گرفته است.

خم کاری لوله:

به دلیل اهمیت فراوان سامانه لوله‌کشی در ساختمان کشتی، ابزارها و وسایل زیادی برای خم کاری لوله به کار می‌روند. این ابزارها هم دستی و هم ماشینی هستند. لوله را می‌توان هم به صورت سرد و هم به صورت گرم خم کرد. شکل ۲۱ لوله‌کشی در ساختمان یک نفتکش را نشان می‌دهد که غالب جاها از خم کاری لوله به جای استفاده از اتصالات و زانویی نشان داده شده است.



شکل ۲۱- خم کاری لوله در ساختمان یک نفتکش

خم کاری ورق و مقاطع فلزی

از جمله دلایل خم کاری لوله به جای استفاده از بست، پیچ و مهره و زانویی می‌توان به: محدودیت جا برای استفاده از زانویی، هزینه و وزن بیشتر در ساختمان شناور، احتمال نشت در اتصالات و زانویی‌ها و نیز نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتر اشاره کرد که خم کاری لوله تمامی محدودیت‌های مذکور را پوشش می‌دهد. شکل ۲۲، دو نمونه از ماشین‌آلات خم کاری لوله را نشان می‌دهد. ماشین‌آلات خم کاری پروفیل نیز می‌توانند برخی لوله‌ها با ابعاد مشخص را خم کنند.



شکل ۲۲ - دو نمونه از ماشین‌آلات خم کاری لوله

شکل ۲۳ نیز دو نمونه از ابزار دستی خم کاری لوله را نشان می‌دهد. از ابزار دستی خم کاری در زمان‌هایی استفاده می‌شود که قطر لوله زیاد نبوده و نیز نیاز به دقت فراوان نباشد.

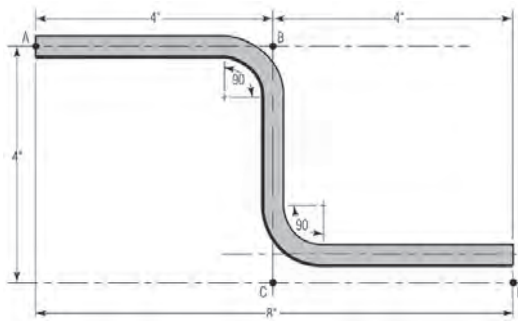

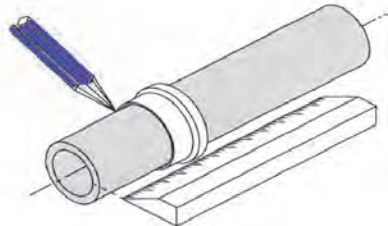
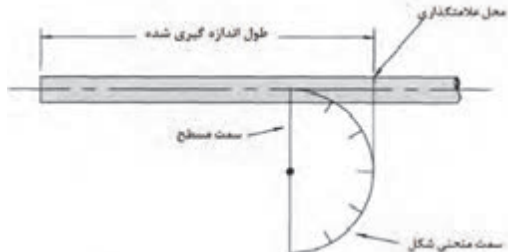
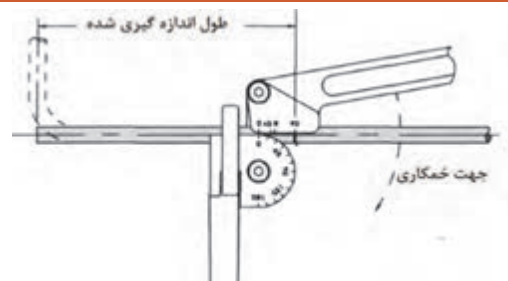


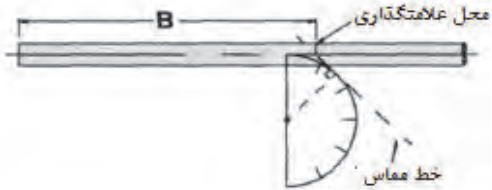
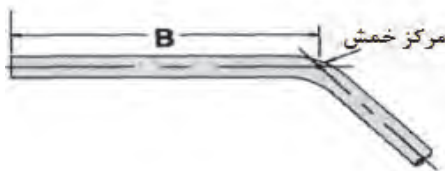
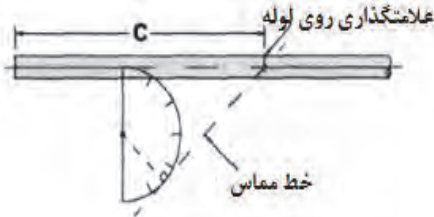
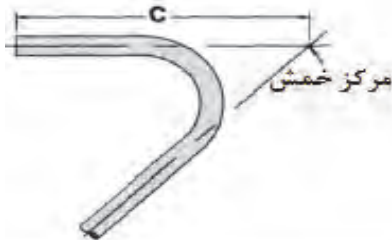
شکل ۲۳ - دو نمونه از ابزار دستی خم کاری لوله

روش‌های صحیح خم کاری لوله:

در زمان خم کاری لوله با ابزار دستی، لازم است که یک سری از نکات رعایت گردد. این نکات و استانداردها در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۳- روش‌ها و مراحل خم‌کاری لوله


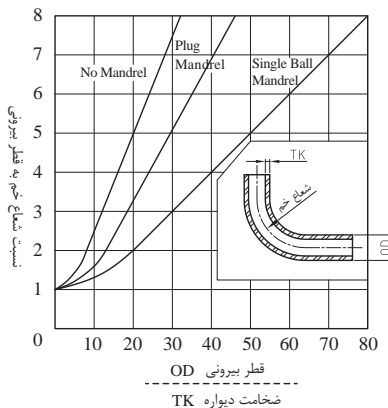
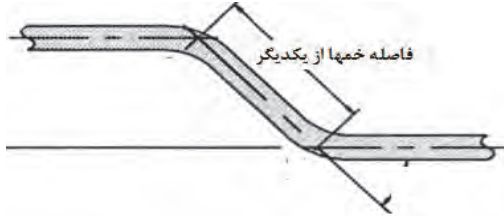
ردیف	عنوان	توضیحات	شکل
۱	اندازه‌گیری	لازم است اندازه‌گیری طول و زاویهٔ لوله به دقت صورت گیرد تا در هنگام مونتاژکاری و اتصال، ابزار بر هم منطبق گردند.	
۲	اندازه‌گیری در حین خم‌کاری و خم‌کاری دقیق	لازم است حین خم‌کاری، زاویهٔ خم به دقت اندازه‌گیری شود. دقت شود در زمانی که لوله به میزان ۹۰ درجه خم می‌گردد، فاصله از سمت قسمت خم‌شده تا انتها، از محل قرارگیری خط مرکزی لوله صورت پذیرد.	
۳	اندازه‌گیری با خط‌کش و علامت‌گذاری قبل از خم	موقعیتی را که قرار است خم‌کاری در آن صورت پذیرد، با مداد نوک‌تیز یا ماژیک ظریف علامت‌گذاری کنید. تمرین عملی با دستگاه خم‌کاری، باعث افزایش تجربه علامت‌گذاری قبل از خم‌کاری می‌گردد.	
۴	قرارگیری لوله در دستگاه خم‌کاری دستی	فاصلهٔ لوله از انتهای آزاد آن تا لبهٔ گوه ابزار خم‌کاری در زمانی که قرار است ۹۰ درجه خم شود، اندازه‌گیری می‌شود. اگر انتهای آزاد لوله، خمیدگی داشت، فاصله از خط مرکزی لوله اندازه‌گیری شود.	
			

ردیف	عنوان	توضیحات	شکل
۵	خم کاری در زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه	در این حالت، زاویه خم کاری را روی نقاله گوه خم کاری علامت بزنید و از همان لبه، خطی را مماس بر نقاله بکشید و آن را تا خط مرکزی لوله ادامه دهید. این نقطه، نقطه شروع خم کاری است.	
			
۶	خم کاری در زاویه‌ای بیشتر از ۹۰ درجه	این حالت نیز مانند حالت قبل است. با این تفاوت که خط مماس بر نقاله به سمت راست هدایت می‌شود. در نتیجه، مرکز خم کاری پس از خم کاری لوله در بیرون از آن قرار می‌گیرد.	
			

استانداردهای خم کاری لوله

لوله‌ها، با توجه به طیف وسیعی که دارند، در صنایع مختلف و نیز با توجه به جنسشان، دارای استانداردهای فراوانی هستند. جدول ۱۴ مهم‌ترین استانداردهای خم کاری لوله‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۱۴- مهم‌ترین استانداردهای خم کاری لوله

ردیف	مورد	توضیحات
۱	برگشت فنری	 <p>به ازای هر ۹۰ درجه، معمولاً ۳ درجه برگشت فنری داریم. به عنوان مثال، برای خم کاری ۴۵ درجه‌ای، ۱/۵ درجه مازاد بر ۴۵ درجه خم می‌کنیم تا پدیده برگشت فنری جبران گردد.</p>
۲	افزایش طول لوله حین خم کاری	<p>به ازای هر ۹۰ درجه خم کاری لوله، لوله به میزان قطر لوله، افزایش طول پیدا می‌کند که باید در محاسبات در نظر گرفت.</p>
۳	حداقل شعاع خم کاری بدون در نظر گرفتن ضخامت و جنس لوله	<ul style="list-style-type: none"> - برای خم کاری لوله‌های با قطر کم و به صورت دستی: حداقل دو برابر قطر خارجی لوله - برای خم کاری لوله‌های قطور و با استفاده از ماشین خم کاری: حداقل ۷ برابر قطر خارجی - اگر لازم باشد که شعاع خم کاری کمتر از این مقادیر باشد، لازم است که از روش خم کاری گرم استفاده گردد.
۴	حداقل شعاع خم کاری با در نظر گرفتن ضخامت و جنس لوله	 <p>جداول و نمودارهایی بدین منظور در نظر گرفته شده‌اند که با استفاده از ساچمه حلقوی (Mandrel) می‌توان لوله را تا شعاع بسیار کمی خم کرد بدون اینکه عیبی ایجاد گردد.</p>
۵	حداقل فاصله خم‌ها از یکدیگر	 <p>فاصله خم‌ها از یکدیگر</p> <p>قطر لوله کمتر از ۲ اینچ باشد، ۴ برابر قطر لوله</p> <p>قطر لوله بیشتر از ۲ اینچ باشد، ۳ برابر قطر لوله</p>

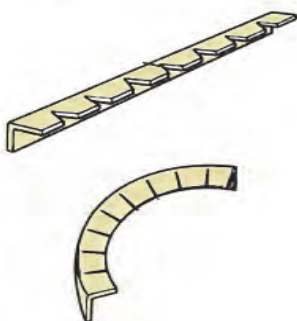


عیوب به وجود آمده در لوله‌ها چیست؟ دلایل آن را بیان کنید و راهکارهای پیشگیری و رفع این عیوب را توضیح دهید.



نوع فعالیت: خم کاری پروفیل

ابتدا یک ورق ۲ میلی‌متری با ابعاد ۲۰ × ۵۰ را ببرید و با خم کاری، آن را تبدیل به یک پروفیل نبشی متقارن کنید. سپس با فاق‌بری، آن را به میزان ۹۰ درجه خم کنید. استانداردهای فاق‌بری را رعایت نمایید.



ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	خم کاری پروفیل و لوله	مکان: کارگاه ورق کاری ابزار: سندان یا گیره، چکش، سوزن خط‌کش، خط‌کش فلزی، گونیای فلزی، زاویه‌سنج، اره آهن‌بر یا قیچی	بالاتر از حد انتظار	۱- مهم‌ترین پروفیل‌های دریایی را بشناسد ۲- انواع روش‌های خم کاری پروفیل به صورت سرد را بداند و استانداردهای آن را بشناسد. ۳- روش‌ها و ابزارآلات خم کاری لوله را بشناسد. ۴- استانداردهای خم کاری لوله و عیوب به وجود آمده در خم کاری لوله را بشناسد.	۳
			در حد انتظار	۱- انواع روش‌های خم کاری پروفیل به صورت سرد را بداند و استانداردهای آن را بشناسد. ۲- روش‌ها و ابزارآلات خم کاری لوله را بشناسد. ۳- استانداردهای خم کاری لوله و عیوب به وجود آمده در خم کاری لوله را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- انواع روش‌های خم کاری پروفیل به صورت سرد را بداند و استانداردهای آن را بشناسد. ۲- روش‌ها و ابزارآلات خم کاری لوله را بشناسد.	۱

ارزشیابی شایستگی خم کاری ورق و مقاطع فلزی

شرح کار:

کاربرد استانداردهای خم کاری ورق
خم کاری سرد و حرارتی
خم کاری پروفیل ها و لوله ها

استاندارد عملکرد:

روش ها و تجهیزات خم کاری ورق و پروفیل را بشناسد، استانداردهای آن را بداند و مهارت خم کاری ورق با دست را بیاموزد.

شاخص ها:

- ورق قبل از خم کاری، صحیح برش خورده باشد.
- حداقل شعاع مجاز خم کاری با توجه به ضخامت ورق و نوع خم کاری رعایت گردد.
- فاصله حفره ها از نواحی خم کاری بیش از حداقل مجاز باشد. در خم کاری پروفیل، استانداردها رعایت گردند.

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه ورق کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: خط کش فلزی، متر، گیره، چکش مخصوص خم کاری، ورق برش خورده طبق نقشه، سندان، مشعل حرارتی، زاویه سنج و ابزار اندازه گیری علامت زنی، گوه.

معیار شایستگی:

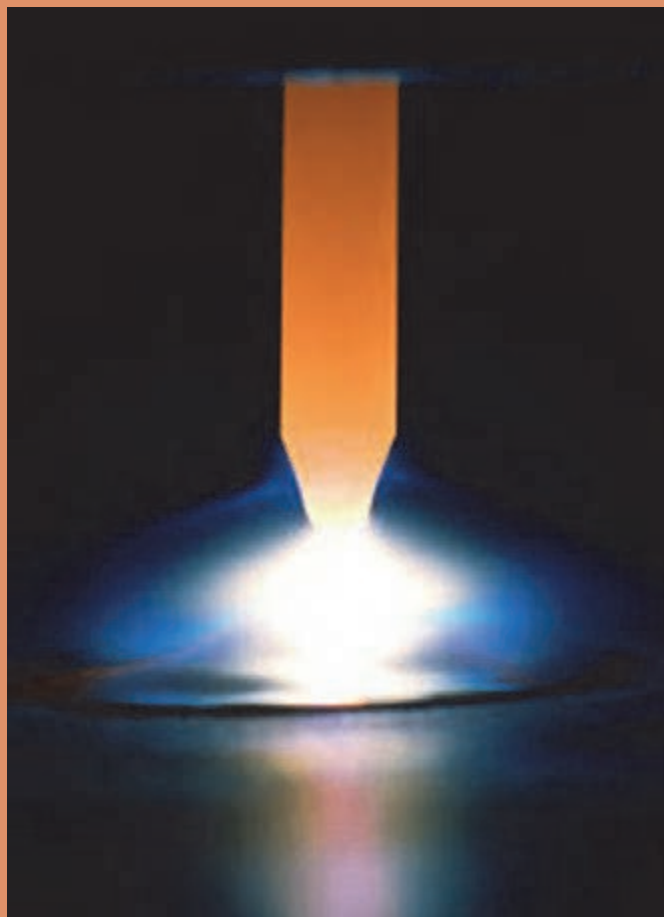
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کاربرد استانداردهای خم کاری ورق	۲	
۲	خم کاری سرد و حرارتی	۱	
۳	خم کاری پروفیل ها و لوله ها	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و...	۲	
	میانگین نمرات		*

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



پودمان ۳

جوش کاری



واحد یادگیری ۳

جوش کاری برق

آیا تاکنون پی برده‌اید

- ورق‌های بدنه شناور به چه وسیله‌ای به هم متصل می‌شوند؟
- ایمنی لازم در جوش کاری برق چیست؟
- روش‌های مختلف جوش کاری به چه صورتی است؟
- انواع دستگاه‌های جوش کاری در صنایع کدامند؟
- چه عاملی باعث برقراری اتصال بین دو قطعه جوش داده شده می‌گردد؟
- مهارت‌های لازم برای جوش کاری استاندارد چیست؟

استاندارد عملکرد

در پایان این فصل هنرجو می‌تواند نکات ایمنی در هنگام جوش کاری برق را رعایت کند. همچنین وسایل لازم برای جوش کاری برق و روش استفاده از آنها را بداند. در ضمن مهارت‌های لازم برای اجرای جوش کاری خوب را کسب کند تا بتواند فرایند جوش کاری را به صورت استاندارد و قابل اطمینان اجرا کند.

جوش کاری برق دستی

جوش کاری برق دستی با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار یکی از روش های جوش کاری برق است که بیشترین کاربرد را در صنعت دارد. انواع دیگر جوش کاری برق وجود دارد که شامل موارد زیر است:

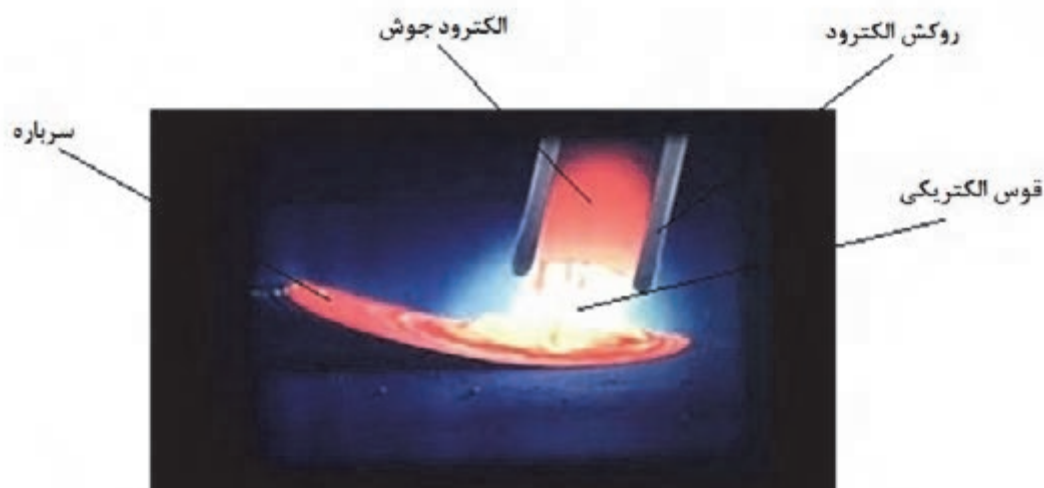
- جوش کاری با گازهای محافظ
- جوش کاری پلاسما
- جوش کاری زیر آب
- جوش کاری مقاومتی

تحقیق کنید



چه روش های دیگری از جوش کاری برق وجود دارد؟

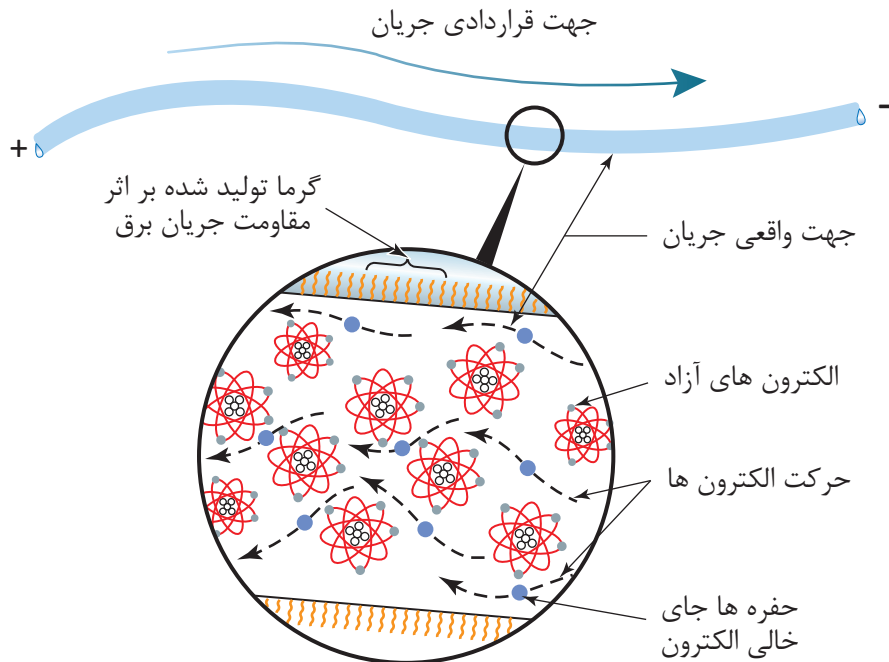
در جوش کاری دستی با استفاده از جریان برق، الکتروود فلزی، قوس را به وجود می آورد و خود در گرمای قوس ذوب می شود و روکش ذوب شده به دلیل کمتر بودن جرم حجمی روی مذاب را می پوشاند. پس از انجماد مواد مذاب، خط جوش به همراه گل جوش یا سرباره تشکیل می شود (شکل ۱). پس می توان گفت عوامل لازم برای جوش کاری یعنی انرژی حرارتی برای ذوب و محافظت از مذاب هر دو از طریق الکتروود روپوش دار عملی می شود. بر این اساس این فرایند را جوش کاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش دار گویند.



شکل ۱ - جوش کاری با الکتروود روپوش دار

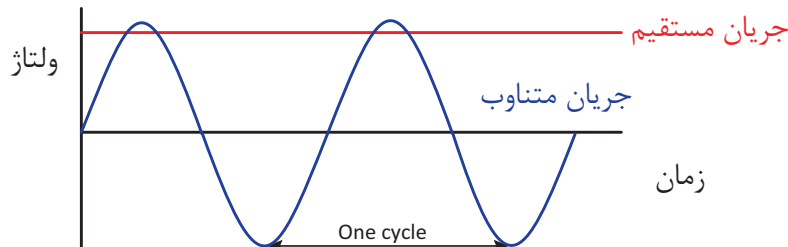
جریان جوش کاری (Welding Current)

حرکت الکترون‌ها از قطب منفی به سمت قطب مثبت (شکل ۲) به دلیل وجود مقاومت، تولید گرما می‌کند. در فرایند جوش کاری، الکترون‌ها از الکتروود به سمت قطعه کار پرش می‌کنند که به دلیل وجود مقاومت هوا تولید گرما صورت می‌گیرد.



شکل ۲

در جوش کاری با الکتروود دستی از هر دو نوع جریان متناوب (AC) (Alternating Current) و مستقیم (DC) (Direct Current) می‌توان استفاده کرد. استفاده از منبع تغذیه با جریان متناوب و یا جریان مستقیم در فرایند دستی با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش‌دار به انتخاب الکتروود بستگی دارد. نوع جریان مصرفی بر روی عملکرد الکتروود تأثیر می‌گذارد. هر نوع جریان، مزایا و محدودیت‌هایی دارد که این موارد هنگام انتخاب نوع جریان برای یک کاربرد خاص باید مد نظر قرار گیرند.



شکل ۳

جدول زیر را تکمیل کنید.

کار در کلاس



مزایای جریان‌ها		
ردیف	AC	DC
۱	دستگاه‌های مولد جریان AC ساده‌تر و ارزان‌تر هستند.	قوس راحت‌تر تشکیل می‌شود و پایدارتر است.
۲		
۳		
۴		
۵		
۶		

تحقیق کنید



معایب جریان‌های AC و DC در فرایند جوش کاری را بیابید.

شدت و ولتاژ جریان:

شدت جریان و ولتاژ جوش کاری از جمله مهمترین پارامترها در فرایندهای جوش کاری ذوبی به حساب می‌آیند. انتخاب نکردن صحیح یا کنترل آنها به طور مستقیم باعث به وجود آمدن بسیاری از عیوب در جوش می‌شود. زیرا مقدار حرارت قوس ارتباط مستقیم با مقدار شدت جریان و ولتاژ دارد. بنابراین روی صفحه کلید دستگاه‌های جوش کاری کلیدهای مخصوصی برای تغییر پیوسته یا پله‌ای این متغیرها در نظر گرفته می‌شود.

کار در کلاس



جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	پارامتر جریان		شرح
	فارسی	انگلیسی	
۱	شدت جریان	Amper	به میزان عبوری از الکترود گفته می‌شود.
۲	ولتاژ	Voltage	میزان سطح الکتریکی در مسیر جریان است که تعیین‌کننده میزان عبور الکترون‌ها است که هر چه باشد، تخلیه الکتریکی از فاصله دورتری صورت می‌گیرد.
۳	.....	.....	حاصل ضرب آمپر در ولتاژ است که میزان توان قوس جوش کاری بوده و عمق و پهنای جوش کاری را تعیین می‌کند.

قطب‌های مستقیم و معکوس در جوش کاری:

هر دو جریان AC و DC در جوش کاری با الکترود روپوش دار استفاده می‌شود. با این تفاوت که وقتی با جریان متناوب جوش کاری می‌کنیم، قطب مثبت و قطب منفی وجود ندارد و انبر جوش کاری به هر کدام از کابل‌های خروجی دستگاه جوش وصل شود، نتیجه کار یکسان خواهد بود. گرما در الکترود و کار به طور مساوی توزیع می‌شود. به دلیل این که در جریان متناوب در هر ثانیه ۵۰ بار جای قطب‌ها عوض می‌شود، قوس پایداری کمتری دارد و مواردی که ضرورت دارد با آمپر کمتر کار کنیم، جوش کاری مشکل‌تر می‌شود، مانند جوش کاری افقی، عمودی و سقفی و جوش کاری ورق‌های نازک‌تر. ولی در به‌کارگیری جریان مستقیم که توسط دستگاه رکتی‌فایر یا دینام جوش کاری تأمین می‌شود، انتخاب قطب در اختیار جوش کار است (شکل ۴).



شکل ۴ - قطب‌های مولد جریان

تجهیزات جوش کاری

دستگاه‌ها و ابزارهای مورد استفاده در جوش کاری برق در جدول زیر نمایش داده شده است:



جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد	تصویر
	فارسی	انگلیسی		
۱	ترانسفورماتور کاهنده	Step-down transformer	دستگاهی است که برای کاهش ولتاژ و آمپر جریان، در فرایند جوش کاری استفاده می‌شود.	
۲	دستگاه تولید جریان DC	.....	این دستگاه که نوعی ترانسفورماتور است، برای تولید جریان مستقیم در فرایند جوش کاری کاربرد دارد.	
۳	انبر الکتروود	Electrode Holders	این ابزار برای نگه‌داشتن الکتروود در هنگام جوش کاری استفاده می‌شود.	
۴	انبر اتصال	.....	از این ابزار برای متصل کردن یکی از قطب‌های جریان به استفاده می‌شود.	
۵	ماسک	.....	برای حفاظت چشم‌ها و صورت در حین جوش کاری استفاده می‌شود.	
۶	دستکش	.....	برای حفاظت دست‌ها از سوختگی و احتمالی استفاده می‌شود.	
۷	.....	.....	این قطعه در هنگام جوش کاری ذوب می‌گردد و باعث اتصال قطعات به همدیگر می‌شود.	

ترانسفورماتورهای جوش کاری (Welding Transformers):

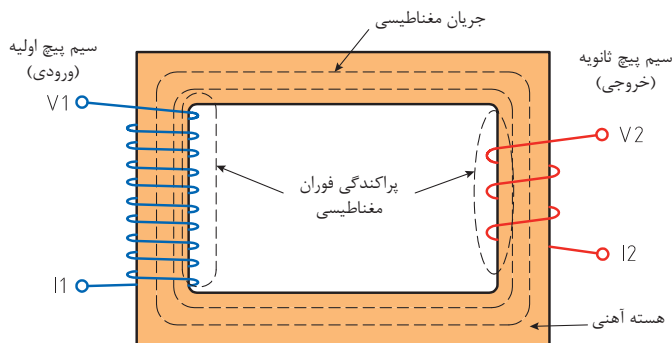
ترانسفورماتورهای جوش کاری مبدل جریان هستند؛ یعنی ولتاژ برق ورودی را که ۲۲۰ و ۳۸۰ ولت است، به برق ولتاژ پایین برای جوش کاری تبدیل می‌کنند. به این دستگاه‌ها ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ گویند که در شکل ۵ آورده شده و دارای قسمت‌های زیر است:



شکل ۵- نمایی از ترانسفورماتور

هسته آهنی: که از ورقه‌های نازک فولادی که درصد سیلیسیم آنها بیشتر از فولادهای معمولی استفاده شده است تا خاصیت آهنربایی را در خود ذخیره نکند. همچنین به دلیل لایه‌های نازک عایق که بین ورقه‌ها وجود دارد، از گرم شدن بیش از حد آنها جلوگیری می‌شود.

سیم پیچ‌ها: یکی سیم‌پیچ اولیه که از سیم عایق‌دار نازک با تعداد حلقه‌های زیاد روی هسته پیچیده شده است مطابق شکل ۶ به برق ورودی وصل می‌شود و حوزه مغناطیس متغیر یا میدان مغناطیسی در هسته ایجاد می‌کند؛ و دیگری سیم پیچ ثانویه است که دارای تعداد حلقه‌های کمتر و با قطر بیشتر است و میدان مغناطیسی از وسط آن عبور می‌کند.



شکل ۶- سیم‌پیچ با هسته آهنی

میدان مغناطیسی باعث می‌شود الکترون‌های آزاد سیم تحریک شود و جریان الکتریکی در سیم‌پیچ ثانویه به وجود آید که جریان القایی نام دارد که ولتاژ آن کمتر از ولتاژ اولیه است (ترانسفورماتور کاهنده). ولتاژ ثانویه با نسبت تعداد دورهای سیم‌پیچ اولیه (N_1) به تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه (N_2) ضریب تبدیل بستگی دارد و روابط زیر برقرار است:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

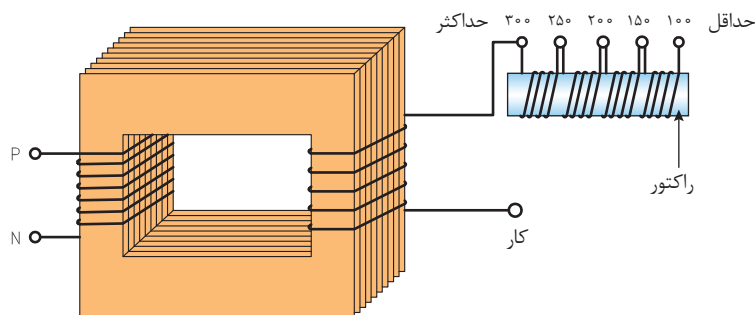
که در آن I_1 و V_1 شدت جریان و ولتاژ ورودی دستگاه و I_2 و V_2 شدت جریان و ولتاژ خروجی جوش کاری است. همچنین ترانسفورماتورها دارای یک کلید قطع و وصل در ورودی جریان و یک فن خنک‌کننده سیم‌پیچ‌ها هستند.

تغییر آمپر در ترانسفورماتور جوش کاری:

برای جوش کاری فلزات مختلف و اتصالات گوناگون با ضخامت‌های متفاوت ضرورت دارد که الکترودهای روپوش‌دار با جنس مغز فلزی و جنس روپوش و همچنین قطرهای متفاوت به راحتی قابل استفاده باشد؛ لذا باید آمپر جوش کاری قابل تنظیم باشد. پس لازم است روشی برای کم و زیاد کردن آمپر در دستگاه‌های جوش کاری تدارک شده باشد. در ترانسفورماتورهای جوش کاری به دو روش تغییر آمپر عملی می‌شود.

تغییر آمپر پله‌ای:

در این روش یک سر سیم‌پیچ ثانویه از طریق یک مبدل عبور داده می‌شود. در این مبدل همان طور که در شکل ملاحظه می‌شود، ترمینال‌های متعدد برای دریافت جریان جوش کاری وجود دارد (شکل ۷). هر چه تعداد دورهای سیم‌پیچ مبدل بیشتر در مدار باشد، تأثیر متقابل هسته بر عبور جریان بیشتر خواهد بود و شدت جریان کاهش می‌یابد و بر عکس، مثلاً در ترمینال حداکثر، چون جریان القایی (ثانویه) از سیم‌پیچ مبدل عبور نمی‌کند، شدت جریان بیشتری در اختیار جوش کار قرار می‌گیرد.

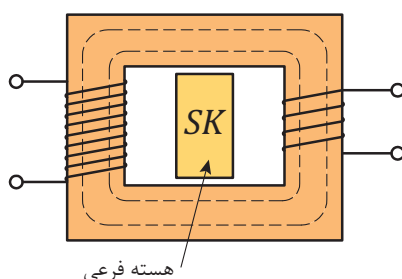


شکل ۷- سیم‌پیچ با تغییر آمپر پله‌ای

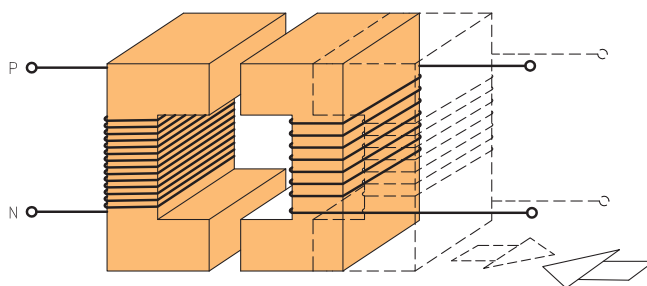
تغییر آمپر پیوسته:

در این روش از راه‌های مختلف در میزان میدان مغناطیسی که از وسط سیم‌پیچ ثانویه عبور می‌کند، تغییر به وجود می‌آورند.

الف) با قرار دادن هسته فرعی درون هسته اصلی، درصدی از خطوط حوزه مغناطیسی از هسته فرعی عبور می‌کند و از شدت میدان مغناطیسی در هسته اصلی کاسته می‌شود (شکل ۸).
 ب) کم و زیاد کردن دسته سیم‌پیچ‌های مدار ثانویه همراه با جابه‌جایی هسته فرعی.
 ج) ایجاد فاصله هوایی بین دو قسمت هسته به وسیله دور و نزدیک کردن یک قسمت هسته از قسمت دیگر آن (شکل ۹). با دور کردن دو قسمت هسته از هم، شدت جریان کم می‌شود و برعکس، با نزدیک کردن آنها به هم شدت جریان افزایش می‌یابد.



شکل ۸- تغییر آمپر با هسته فرعی



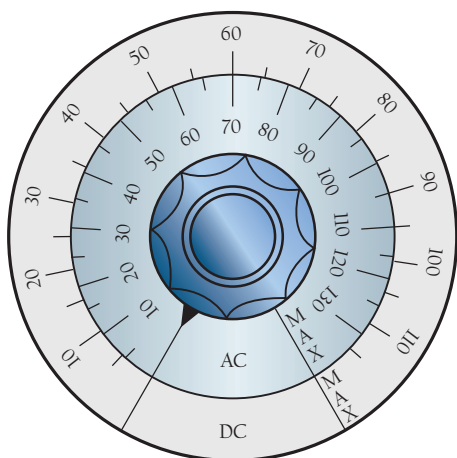
شکل ۹- تغییر آمپر با جابه‌جایی بخشی از هسته

رکتی‌فایر جوش‌کاری:

مبدل جریان است که جریان DC برای جوش‌کاری تأمین می‌کند و علاوه بر قسمت‌های مختلف یک ترانسفورماتور معمولی دارای یک قسمت یک‌سوساز هم است. یک‌سوکننده را می‌توان به شیر یک‌طرفه تشبیه کرد. جریان فقط در یک جهت می‌تواند از یک‌سوکننده عبور کند. اگر جریان ورودی تک‌فاز AC باشد، خروجی یک‌سوکننده جریان مستقیم بسیار موجی شکل خواهد بود. اما اگر جریان ورودی سه‌فاز به یک‌سوکننده وارد شود، چون هر فاز با فاز دیگر ۱۲۰ درجه اختلاف دارد جریان خروجی بسیار هموارتر خواهد بود. یک‌سوکننده‌ها چند نوع هستند؛ سیلیکونی، و سیلینیومی و لامپی، که اجازه می‌دهند الکترون‌ها از یک جهت عبور کنند ولی برگشت از این مسیر امکان‌پذیر نیست.

تغییر آمپر در رکتی‌فایرها:

در رکتی‌فایرهای امروزی به جای یک‌سوکننده معمولی از تریستور استفاده می‌شود. تریستور یک وسیله حالت جامد است که فقط اجازه عبور جریان در یک جهت را می‌دهد؛ یعنی مانند یک‌سوکننده معمولی عمل می‌کند، به علاوه می‌توان شدت جریان را با استفاده از سیگنال کنترل‌شونده از راه دور تغییر داد. نقطه ضعف اساسی



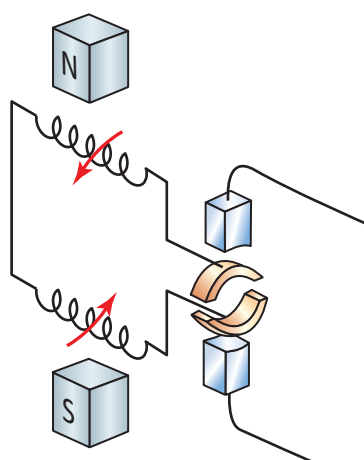
شکل ۱۰ - تغییر آمپر در رکتی فایر

تریستور وجود موج‌های چشمگیر در جریان خروجی است. این عیب توسط یک سلف در مدار کاهش می‌یابد. پس تغییر آمپر در رکتی فایرها به وسیله یک کلید گردشی است که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنیم. در دستگاه‌های جوشکاری که در سیستم‌های جوش کاری اتومات یا ربات کار می‌کند، از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود و مقدار عبور جریان به عنوان عکس العمل با یک سیگنال تنظیم می‌شود و دیگر موج‌های مزاحم در جریان خروجی کاهش می‌یابد. در این دستگاه‌ها برای بالا بردن ظرفیت خروجی جریان تعداد زیادی مثلاً ۱۰۰ تا ۱۵۰ عدد ترانزیستور به صورت موازی به هم بسته می‌شود.

ناگفته نماند دستگاه‌های امروزی با استفاده از افزایش فرکانس جریان (از ۵۰ بر ۲۵۰۰۰ هرتز) با فرکانس بالا ساخته شده‌اند که سبک وزن و کوچک هستند و به آنها اینورتور گویند.

ژنراتور (دینام) - مولدهای جریان جوش کاری:

همان طور که می‌دانیم اگر یک حلقه سیم، خطوط مغناطیسی موجود بین دو قطب آهن را قطع کند، در آن حلقه جریان الکتریکی برقرار می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ - نمای داخلی مولد برق

اگر دو سر سیم مذکور به کلکتور (جمع کننده) وصل شود، از طریق جاروبک یا ذغال می‌توان جریان الکتریکی را دریافت کرد.

حال چنانچه هر سر سیم به یک حلقه کلکتور مجزا وصل شود، جریان متناوب به وجود می‌آید و برعکس، در صورت استفاده از کلکتورهای دوتکه جریان ایجادشده جریان مستقیم می‌شود. این فرایند در دستگاهی انجام می‌شود که به آن ژنراتور می‌گویند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- ژنراتور

در صورت افزایش تعداد حلقه‌های کلاف و استفاده از ۴ آهن‌ربا و کلکتورهای چندپارچه می‌توانیم جریان مستقیم هموارتری را داشته باشیم.

چنانچه حرکت دورانی توسط یک الکتروموتور که با برق شهر کار می‌کند، تأمین شود، دستگاه را دینام جوش کارگاهی گویند و اگر حرکت دورانی توسط یک موتور احتراقی بنزین یا گازوئیل‌سوز تدارک شود، دستگاه را دینام جوش سیار گویند. دستگاه‌های دینام جوش امروزی، جریان بسیار هموار و پایدار دارند و هیچ‌گونه نوسان در جریان قوس ندارند؛ در نتیجه پایداری قوس الکتریکی کاملاً رضایت‌بخش است.

تغییر آمپر در دینام‌های جوش کاری:

در دستگاه‌های تولید جریان برق جوش کاری (دینام جوش کاری) با تغییر در جریان تحریک بالشتک‌های ایجاد حوزه مغناطیسی (ایجادکننده خطوط قوا یا فلولی مغناطیسی) شدت جریان را افزایش یا کاهش می‌دهند (شکل ۱۳).

در این دستگاه‌ها برای تغییر قطب، کلیدی روی دینام جوش تعبیه شده است که الکتروود را منفی یا مثبت می‌کند و به آن کلید تعیین قطب می‌گویند.



شکل ۱۳ - کلید تغییر قطب در دینام

دینام‌های جوش کاری کارگاهی با کلید ستاره، مثلث راه‌اندازی می‌شوند. با ستاره شروع به کار می‌کند، وقتی که دور دینام به ۷۵٪ رسید، آنگاه کلید در حالت مثلث قرار می‌گیرد. هیچ‌گاه نباید در حالت ستاره، عمل جوش کاری انجام شود (باید توجه داشت همه دستگاه‌ها به کلید ستاره مجهز نیستند).



نوع فعالیت: بررسی مولد جوش کاری شرح کار:

- ۱- نوع مولدهای جوش کاری موجود در کارگاه را تعیین کنید.
- ۲- تنظیمات مولدهای جریان موجود در کارگاه را بررسی کنید.
- ۳- بررسی نمایید تغییر آمپر در این مولدها از چه نوعی است.

ایمنی در جوش کاری

رعایت ایمنی در جوش کاری با توجه به مخاطرات زیادی که در این فعالیت از جمله خطر برق گرفتگی، سمی بودن گازهای حاصل و خطرات قوس الکتریکی وجود دارد، بسیار مهم و حیاتی است.

مخاطرات اصلی در جوش کاری با قوس الکتریکی عبارتند از:

- ۱- شوک الکتریکی
- ۲- تشعشع پرتوها
- ۳- استنشام دود و گاز
- ۴- پاشیدن جرقه از مذاب

شوک الکتریکی:

شوک الکتریکی زمانی حادث می شود که جریان الکتریسیته از مسیر قلب بگذرد و یک واکنش ماهیچه ای را باعث شود. به طور کلی عبور جریان بیشتر از یک میلی آمپر از بدن، باعث احساس یک شوک می شود. عبور جریان های بالاتر از ۲۵ میلی آمپر از بدن باعث از کار افتادن قلب می شود. جوش کار نباید با ولتاژی که بتواند جریانی بیشتر از یک میلی آمپر را از بدن عبور دهد، کار کند. برق جوش کاری دارای ولتاژ پایین است و از نظر برق گرفتگی هم کم خطر است ولی کابل های ورودی به دستگاه دارای ولتاژ بالا حداکثر تا ۴۱۵ ولت هستند که بسیار خطرناک اند و باید کاملاً محافظت شوند تا در تماس با اجسام داغ، تیز و برنده نباشند. ولتاژ مدار باز دستگاه های جوش کاری به طور معمول باید زیر ۹۰ ولت باشد. دستگاه های جوش کاری امروزی طوری طراحی شده اند که وقتی روشن می شوند، ابتدا ولتاژ کمی در دو سر کابل وجود دارد و موقع تماس الکتروود به کار ولتاژ مدار باز مناسب به طور اتومات جریان می یابد.

جدول ۱

نکات ایمنی در جوش کاری برق

۱	اتصال کابل تغذیه دستگاه و تابلو برق باید توسط کلید و فیوز مناسب انجام شده باشد.
۲	اطمینان حاصل کنید که کابل ورودی به دستگاه دارای عایق بندی خوب باشد و برای ولتاژ تا ۴۱۵ ولت مناسب باشد.
۳	مطمئن شوید که دستگاه به سامانه اتصال به زمین (ارت) مجهز باشد.
۴	هنگام کار با دستکش خشک کار کنید.

نکات ایمنی در جوش کاری برق

۵	هنگام جوش کاری از کفش های مناسب دارای کف عایق و یا از یک عایق زیر پا مانند تخته چوب استفاده کنید.
۶	توجه داشته باشید تجهیزات برق رسانی و سیم کشی برق قادر به عبور جریان لازم برای کار مورد نظر باشد.
۷	هنگام برق گرفتگی، به شخص برق گرفته دست نزنید و کلید اصلی برق ورودی را قطع کنید.
۸	وصل کردن کابل های جوش کاری باید هنگام خاموش بودن دستگاه صورت گیرد.
۹	تعویض الکتروود خصوصاً در ارتفاع باید با دست کش انجام شود.

تشعشع پرتوها:

قوس الکتریک دارای سه نوع اشعه است:

۱- اشعه قابل رؤیت (روشنایی) Visible Light (VL)

۲- اشعه ماوراء بنفش Ultra Violet (UV)

۳- اشعه مادون قرمز Infrared (IR)

نور مرئی قوس الکتریک بسیار شدید است و مانند نور شدید خورشید در روزهای برفی برای چشم ضرر دارد؛ بنابراین، باید از عینک دودی استفاده کرد تا درصد کمتری از آن به چشم برسد. اشعه ماوراء بنفش قابل رؤیت نیست چون دارای طول موج کمتر از 4000 \AA است و برای چشم و پوست و مو و مخاط تنفسی خطر دارد. عدسی چشم انسان در معرض اشعه ماوراء بنفش دچار برق زدگی می شود که دردناک است و باعث جاری شدن اشک چشم و عدم تحمل نور می گردد. اشعه مادون قرمز هم دارای طول موج بیشتر از 7000 \AA است که موجب آسیب رسیدن به پوست (مثل سوختگی صورت و گردن در کنار دریا) می شود و خطر آب مروارید در چشم را به دنبال دارد (شکل ۱۴)، علاوه بر جوش کاران بی توجه، افرادی هم که در مجاورت عملیات جوش کاری کار می کنند دچار مشکلات برق زدگی در چشم می شوند؛ لذا باید به افرادی که در محدوده قوس جوش کاری کار می کنند آگاهی داده شود تا با چشم غیر مسلح به قوس الکتریکی نگاه نکنند. انعکاس قوس از سطوح صیقلی و براق هم مخاطره آمیز است. جوش کاران باید از ماسک جوش کاری که دارای شیشه تار مناسب است، استفاده کنند و اطراف کار جوش کاری هم باید توسط پرده های برزنتی نسوز حفاظدار شود.



شکل ۱۴ - آب مروارید ناشی از اشعه مادون قرمز

تولید دود و گاز:

دمای زیاد قوس باعث سوختن روپوش الکتروود می شود که موجب تولید دود، گازهای مختلف و گرد و غبار و بخارهای فلزی در قوس و اطراف آن می گردد. این ذرات معلق و گازها برای مجاری تنفسی جوش کاران زیان بخش است که به ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد. البته حداکثر غلظت مجاز که جوش کار می تواند در معرض آن قرار گیرد، توسط سازمان های ذی ربط تعیین و اعلام می شود. عمده گازهایی که تولید می شوند، عبارتند از:

منواکسید کربن (CO):

از سوختن ناقص کربن و تجزیه ترکیب کربنی شکل می گیرد. گازی است بی رنگ و بی بو که از هوا سبک تر است و حداکثر میزان مجاز آن ۵۵-۵۰ میلی گرم در یک متر مکعب هوا است. در جوش کاری با الکتروود روپوش دار و از تجزیه گاز در جوشکاری با گاز محافظ CO_2 و همچنین موقع جوش کاری قطعات رنگ شده به وجود می آید. تنفس این گاز موجب سرگیجه، تهوع، استفراغ و تاری دید می شود.

گاز کربنیک (CO_2):

در جوش کاری SMAW (Shielded Metal Arc Welding) و GMAW (Gas Metal Arc Welding) روی فولادها با الکتروودهای روپوش دار از سوختن سلولز، گرافیت و از تجزیه کربنات کلسیم موجود در روپوش مقدار زیادی گاز CO_2 به عنوان گاز محافظ به وجود می آید که در جوش کاری با گاز CO_2 ناحیه قوس و اطراف آن را پوشش می دهد و باعث می شود که فضای تنفسی جوش کار اشغال شود و اکسیژن به شدت کاهش یابد. تراکم بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم در متر مکعب باعث مسمومیت می شود.

گازهای N_2O و N_2O_2 و NO:

از ترکیب اکسیژن با ازت هوا که در گرمای قوس به وجود می آید، به ویژه زمانی که با برش کاری پلاسمای هوا کار می کنیم، به مقدار زیاد تولید می شود. حداکثر مجاز این گازها ۹ میلی گرم در متر مکعب است و عملیات جوش کاری و برش کاری در فضاهای محدود بدون تهویه مناسب مخاطره آمیز است.

گاز اوزن (O_3):

گازی فعال است و باعث صدمه زدن به مجاری تنفسی می شود. اکسیژن هوا در مجاورت اشعه ماورای بنفش تبدیل به اوزن می شود. ناگفته نماند که از برخورد گاز اوزن به جسم جامد، واکنش فوق برگشت پذیر خواهد بود و خطر رفع می شود.

تحقیق کنید



خطراتی که گازهای ذکر شده دارند، بیابید.

بخارهای فلزی:

دمای قوس از دمای غلیان و جوشیدن فلزات بالاتر است؛ لذا در مرکز قوس، فلزات تبخیر شده و بخارهای فلزی تولید می شوند. مغز فلزی الکتروودها می توانند بخارات منگنز، مولیبدن، کروم، نیکل، آلومینیوم، مس، قلع و غیره تولید کنند. استنشاق بخارهای تازه تولید شده در قوس ممکن است منجر به عارضه ای به نام تب بخارهای فلزی

شود. بخارهای فلز روی که موقع جوش کاری لوله‌ها و ورق‌های گالوانیزه تولید می‌شود، یکی از شایع‌ترین موارد ابتلا به تب بخارهای فلزی است. نوشیدن شیر و آب میوه پس از عملیات جوش کاری برای رفع مشکلات تنفسی توصیه شده است.

کنترل و کاهش میزان آلودگی‌های گازی

سه روش برای این منظور به کار گرفته می‌شود:

- ۱- تهویه عمومی کارگاه با تهویه مناسب، تا همه کسانی را که در کارگاه جوش کاری کار می‌کنند، از آن بهره‌مند شوند.
- ۲- می‌توان به وسیله قرار دادن یک لوله از محل تشکیل (قوس الکتریکی)، دود و گازها را انتقال داد (تهویه موضعی) ۳- می‌توان هوای داخل ماسک جوش کاری را جابه‌جا کرد؛ یعنی هوای تازه از طریق لوله‌ها که به ماسک وصل است، جهت تنفس جوش کار به ماسک هدایت شود.

پاشش جرقه از مذاب:

جرقه‌هایی که از قوس پرتاب می‌شوند و همچنین جرقه‌های ناشی از سنگ سنباده دستی که زمان سنگ‌زنی تولید می‌شود، می‌تواند موجب سوختگی بدن جوش کار، و آسیب رسیدن به چشم افراد و یا آتش‌سوزی شود؛ لذا رعایت نکات ایمنی زیر ضروری است:

- ۱- از لباس کار نخی با جیب‌های درسته و شلوار کار با دمپای مناسب و پابند چرمی نسوز استفاده شود.
- ۲- از پوشیدن لباس کار چرب و کار در فضای آغشته به چربی و روغن و سایر مواد اشتعال‌زا خودداری شود.
- ۳- جوش کاری و برش کاری و سنگ‌زنی در جوار مخازن و انبار مواد سوختنی و محیط‌هایی که امکان نشت گاز سوختنی وجود دارد، باید تحت نظارت مسئول بهداشت و ایمنی کارگاه انجام شود.
- ۴- از پرتاب ته الکترود به اطراف خودداری کنید و آنها را در ظرف مخصوص بریزید.
- ۵- موقع پاک کردن شلاکه (گل جوش) از روی جوش (خط جوش) از عینک محافظ شیشه‌سفید استفاده کنید.
- ۶- موقع جوش کاری غیر از حالت سطحی از کلاه و شانه‌بند نسوز یا سربند چرمی نسوز مناسب استفاده کنید.

بحث کلاسی



تجهیزات ایمنی در برابر گاز و دود را که در کارگاه موجود است، ذکر کنید.

تحقیق کنید



خطرات دیگر ناشی از جوش کاری برق را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی



نوع فعالیت: ۱- بررسی مولد جوش کاری

شرح کار:

- ۱- نوع مولدهای جوش کاری موجود در کارگاه را تعیین کنید.
- ۲- تنظیمات مولدهای جریان موجود در کارگاه را بررسی کنید.
- ۳- بررسی نمایید تغییر آمپر در این مولدها از چه نوعی است.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	شناسایی تجهیزات جوش کاری برق	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: دستگاه جوش، انبر اتصال، کابل جوش، ماسک جوش کاری، دستکش جوش کاری، برس سیمی و چکش گل جوش	بالاتر از حد انتظار	۱- تجهیزات جوش کاری برق دستی را بشناسد. ۲- تجهیزات ایمنی جوش کاری را بشناسد. ۳- نکات ایمنی را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱- نکات ایمنی را بداند. ۲- تجهیزات ایمنی جوش کاری را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- تجهیزات ایمنی جوش کاری را بشناسد.	۱

ایجاد قوس الکتریکی و گرده جوش

شناسایی الکترودها

قطعه‌ای که با ذوب شدن باعث اتصال دو قطعه کار می شود الکتروود نام دارد. مشخصات درج شده بر روی الکترودها اطلاعاتی در مورد انتخاب الکتروود می دهند.

E601

نوع جوشکاری: برق E - گاز G - قدرت کششی (پوند بر اینچ مربع)
وضعیت جوش کاری:

الف (۱ = همه وضعیت‌ها، ب) ۲= افقی و تخت، پ) ۴ = عمودی

قطر الکتروود:

مناسب‌ترین قطر الکتروود، قطری است که الکتروود با استفاده از جریان و سرعت حرکت مناسب، در حداقل زمان، مکان مورد نظر را جوش کاری کند. ضخامت الکتروود انتخابی، تا حد زیادی به ضخامت موادی که جوش کاری می‌شوند وضعیت جوش کاری و نوع اتصال بستگی دارد. در جوش کاری مواد ضخیم‌تر و یا جوش کاری در شرایط مسطح، برای دستیابی به سرعت نفوذ بالاتر و زمان کمتر، از الکتروودهای با قطر بیشتر استفاده می‌شود. همواره باید از ضخیم‌ترین الکتروود ممکن که تأثیر منفی روی محدوده گرمای ورودی یا میزان رسوب جوش ندارد، استفاده شود. جوش‌هایی که از حد نیاز بزرگ‌تر باشند، هزینه‌های بیشتری در بردارند و حتی در برخی موارد باعث زیان می‌شوند. هرگونه تغییر ناگهانی در اندازه مقاطع مختلف یا در حالت

و شکل جوش، مانند آنچه هنگام جوش کاری بیش از اندازه، شکل می گیرد، می تواند باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش گردد. البته این امر واضح است که بهترین اندازه الکترود، اندازه ای است که هنگام استفاده از آن با سرعت و حرکت و جریان مناسب مکان مورد نظر در حداقل زمان، جوش کاری شود.

جهت گرفتن الکترود:

جهت گیری الکترود با در نظر داشتن وضعیت کار و پخ جوش، برای کنترل کیفیت جوش کاری بسیار مهم است. زاویه نامناسب الکترود می تواند باعث حبس سرباره، تخلخل و یا بریدگی کناره جوش شود. موقعیت مناسب الکترود، وابسته به نوع و اندازه الکترود، موقعیت جوش کاری و شکل هندسی اتصال است. یک جوش کار ماهر، به طور خودکار همه این عوامل را هنگام تعیین جهت گیری الکترود در نظر می گیرد. برای تعریف و تعیین جهت گیری الکترود از زاویه کار و زاویه حرکت استفاده می شود. زاویه حرکت، زاویه ای کمتر از ۹۰ درجه، بین سطح الکترود و سطح کار است. زاویه کار نیز زاویه ای است کمتر از ۹۰ درجه، بین یک خط عمود بر سطح قطعه کار اصلی و صفحه ای که توسط محور الکترود و محور جوش تعیین می گردد. هنگامی که الکترود در مسیر جوش کاری قرار می گیرد، از تکنیک جوش کاری پیش دستی استفاده می گردد. لذا به زاویه حرکت، زاویه فشار نیز گفته می شود. در تکنیک جوش کاری پس دستی، الکترود برخلاف مسیر جوش کاری حرکت می کند؛ لذا به زاویه حرکت در این حالت، زاویه کشیدن نیز گفته می شود.

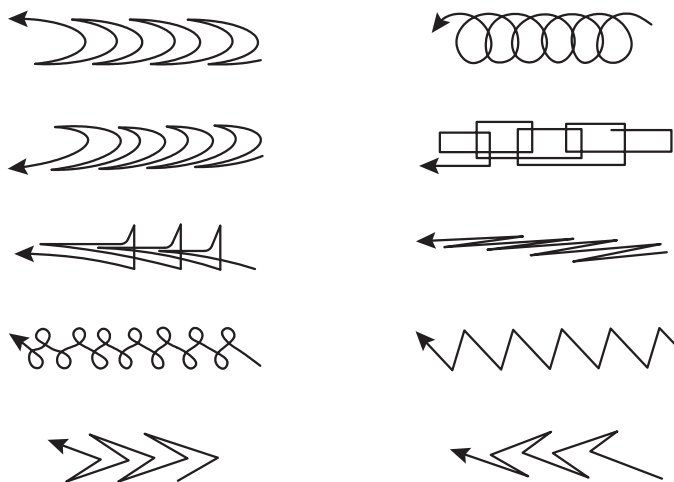
سرعت حرکت الکترود:

عبارت از سرعت حرکت الکترود در طول اتصال است. سرعت مناسب سرعتی است که در آن مهره های جوشی با طرح و ظاهر مناسب ایجاد شود. سرعت حرکت تحت تأثیر فاکتورهای زیادی قرار دارد. موارد زیر از آن جمله اند:

- ۱- قطبیت جریان جوش کاری
- ۲- وضعیت جوش کاری
- ۳- نرخ ذوب الکترود
- ۴- ضخامت فلز پایه
- ۵- شرایط سطحی فلز پایه
- ۶- نوع اتصال
- ۷- نصب اتصالات
- ۸- مهارت در به کار گیری الکترود
- ۹- شناسایی الکترود، جریان برق و قطب ها

حالات حرکت الکترود:

حرکت الکترود (شکل ۱۵) به عنوان تکنیکی برای جوش کاری، تعیین کننده کیفیت جوش است که انتخاب آن بیشتر به تجربه جوش کار وابسته است.



شکل ۱۵ - حالت‌های حرکت الکترون

کابل‌های جوش کاری

کابل‌های جوش کاری مدار جریان الکتریکی بین انبر الکتروگیر و اتصال به قطعه کار را تشکیل می‌دهند. به دلیل بالا بودن شدت جریان جوش کاری سطح مقطع کابل باید در حدی باشد که بتواند به راحتی شدت جریان‌های زیاد را از خود عبور دهد. انتخاب سیم مسی و یا آلومینیومی در کابل‌ها به دلیل هدایت الکتریکی خوب این دو فلز است. کابل‌ها باید انعطاف‌پذیر باشند و وقتی به انبر جوش کاری وصل می‌شوند، مانع حرکت‌های دست نشوند تا کار کردن با انبر راحت‌تر باشد؛ به همین منظور کابل‌ها را از سیم‌های رشته‌ای افشان انتخاب می‌کنند و روی آن یک لایه کاغذ کتان و سپس پلاستیک نرم می‌پوشانند. چند دسته از این گروه با هم در پوشش مناسب و ضدسایش قرار می‌گیرد تا آمپر زیادی از آن عبور کند و گرم نشود. قطر کابل‌ها با توجه به میزان آمپر و طول مسیر عبور جریان انتخاب می‌شود.

قوس الکتریکی (electric arc)



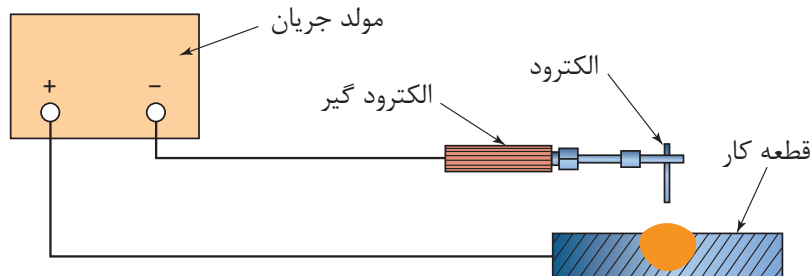
شکل ۱۶- قوس الکتریکی

قوس الکتریکی در اثر تخلیه بار الکتریکی در فاصله هوایی بین دو قطب جریان به وجود می‌آید که با نور و حرارت همراه است (شکل ۱۶). در حقیقت اگر دو قطب جریان یا الکتروود و قطعه کار را به هم تماس دهند و سپس در فاصله کمی از یکدیگر قرار گیرند، به خاطر فشار الکتریکی الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت پرش می‌کند و جرقه‌های اولیه ایجاد می‌شود. این جرقه‌ها موجب یونیزه شدن گاز بین دو قطب می‌شود. الکترون‌های جریان برق از فاصله هوایی بین آن دو قطب عبور می‌کنند. این عمل باعث گرم شدن نوک الکتروود می‌شود و الکترون‌های آزاد درون الکتروود میل به خروج پیدا می‌کنند. همچنین یون‌ها و الکترون‌ها سریعاً به طرف قطب‌های مخالف خود در قوس حرکت می‌کنند و با

برخورد الکترون‌ها به اتم‌های گاز موجود بین دو قطب جریان، موجب افزایش یونیزاسیون و پایداری قوس می‌گردد. البته برای ایجاد قوس ولتاژ بیشتری لازم است ولی ادامه قوس با ولتاژ کمتری عملی است.

روش‌های اتصال قطب‌ها:

۱- کابل انبر الکتروگیر را به قطب منفی دستگاه و کابل اتصال را به قطب مثبت دستگاه وصل کنیم.

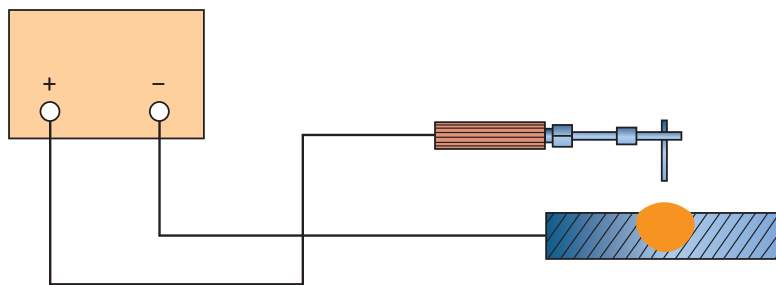


شکل ۱۷ - اتصال قطب‌ها در جوش کاری

این حالت را جوش کاری با قطب مستقیم (DC EN) (Direct current electrode negative) و یا (DCSP) (Direct current straight polarity) می‌گویند. جهت حرکت الکترون‌ها، از الکتروود به قطعه کار است و الکترون‌ها با سرعت زیاد به قطعه برخورد می‌کنند و به دلیل بمباران الکترونی گرمای زیادی در قطعه کار (قطب مثبت) به وجود می‌آید (شکل ۱۷). در جوش کاری قوس با الکتروود تنگستن الکتروود تنگستن به قطب منفی دستگاه وصل است و گرمای بیشتر در کار یعنی $\frac{2}{3}$ در قطعه کار و $\frac{1}{3}$ در الکتروود توزیع می‌شود و این امر از ذوب شدن الکتروود تنگستن جلوگیری می‌کند.

در جوش کاری با الکتروود روپوش‌دار هم گرما در قطب مثبت بیشتر از قطب منفی است، ولی به دلیل وجود روپوش و بخارها و گازهای حاصل از آن، گرما متعادل‌تر توزیع می‌شود.

۲- در به کارگیری قطب معکوس (DC RP) (Direct current reverse polarity) یا الکتروود مثبت (DC EP) (Direct current electrode positive) گرما بیشتر در الکتروود توزیع می‌شود؛ در نتیجه سرعت ذوب الکتروود بیشتر است (شکل ۱۸). همچنین آن دسته از الکتروودها هم که روپوش دیرذوب‌تر دارند، با این قطب جوشکاری می‌شوند. همانند الکتروود قلیایی در جوشکاری با این قطب (DC RP) عمل تمیزکاری قوس وجود دارد؛ یعنی چون الکترون‌ها از کار جدا شده و یون‌ها از الکتروود به کار برخورد می‌کنند، اکسیدهای فلزی در محل تشکیل قوس خرد شده و یا به صورت یک پارچه تشکیل نمی‌شوند و برای جوش کاری فلزاتی که اکسید دیرذوب و یک پارچه تشکیل می‌دهند، مثل آلومینیوم و منیزیم بسیار مناسب است.



شکل ۱۸ - جابه‌جایی قطب‌ها

نمایش فیلم



فیلم مربوط به فرایند جوش کاری را مشاهده کنید.

تحقیق کنید



روش‌های ایجاد قوس الکتریکی چیست؟

فعالیت
کارگاهی



نوع فعالیت: ۲- مقایسه تاثیر تغییرات آمپر و جابه‌جایی قطب‌ها بر وضعیت جوش
شرح کار:

۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

۳- قبل از شروع جوش کاری، نکات ایمنی را مرور کنید و در طول جوش کاری آنها را رعایت نمایید.

۴- بر روی پلیت شروع به جوش کاری نمایید و خطی ۵ سانتی ایجاد کنید.

۵- با جابه‌جایی قطب‌ها دوباره به همان اندازه جوش کاری کنید.

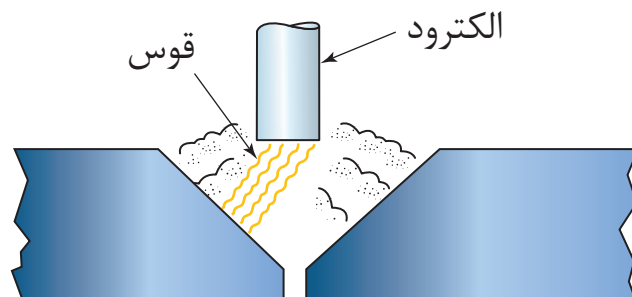
۶- دو مرحله قبل را با تغییر آمپر دوباره تکرار کنید.

۷- جوش‌ها را مقایسه کنید و اختلاف بین آنها را بدست آورید.

توجه: با توجه به این که در مراحل یادگیری هستید، احتمال چسبیدن الکترود به قطعه کار زیاد است. در این حالت بلافاصله با باز کردن دهانه انبر، الکترود را جدا کنید؛ در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.

وزش قوس (Arc blow)

در جوش کاری با جریان مستقیم به دلیل وجود میدان مغناطیسی در اطراف مسیر جریان (الکترود)، قوس الکتریکی به یک سمت منحرف می‌شود که به آن وزش قوس می‌گویند (شکل ۱۹). این عیب باعث ایراداتی در فرایند جوش کاری می‌گردد.



شکل ۱۹- وزش قوس



عیوبی که در اثر انحراف قوس الکتریکی در جوش کاری ایجاد می‌شود، چیست؟

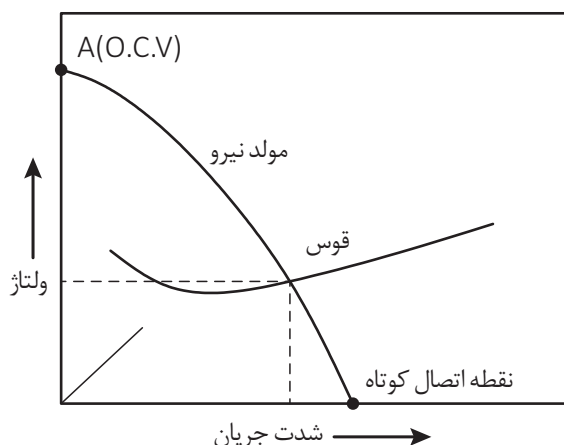


جدول زیر را کامل کنید

ردیف	روش‌های جلوگیری از وزش قوس
۱	دور کردن محل اتصال قطعه از محل جوش کاری
۲	کاهش آمپر جوش کاری
۳	به حداقل رساندن طول قوس
۴	
۵	
۶	

نمودار ولت آمپر قوس الکتریکی:

جوش کار هنگام استفاده از قوس، سرعت پیشروی را برای ایجاد جوش یکنواخت تنظیم می‌کند و نیاز به قوس الکتریکی با ولتاژ و شدت جریان ثابت دارد. چون ولتاژ و شدت جریان با هم ارتباط دارند، به ازای مقادیر مختلف جریان این رابطه به صورت یک منحنی شکل می‌گیرد که به منحنی قوس معروف است. اگر منحنی ولت آمپر با توجه به قانون اهم $V = IR$ ترسیم شود که در آن با افزایش جریان به صورت تابع خطی ولتاژ افزایش یابد، منحنی به شکل خط صاف درمی‌آید ولی شیب منحنی نمودار قوس الکتریکی تابعی از نوع فلز الکتروود و اتمسفر موجود در فضای گازی قوس الکتریکی است. اگر نمودار شدت جریان و ولتاژ خروجی دستگاه جوش کاری ترسیم شود، یعنی روی ستون عمودی ولتاژ مدار باز و ستون افقی شدت جریان‌های جوش کاری علامت‌گذاری شود، این منحنی با منحنی قوس در نقطه‌ای به هم می‌رسند که آن نقطه، شدت جریان و ولتاژ جوش کاری را نشان می‌دهد (شکل ۲۰). زمانی که شدت جریان حداکثر است، یعنی اتصال کوتاه بین الکتروود و کار برقرار شده است، ولتاژ بین الکتروود و قطعه کار به صفر نزدیک است. ادامه این اتصال کوتاه باعث سوختن دستگاه جوش کاری خواهد شد. زمانی که دستگاه روشن است و جوش کاری انجام نمی‌شود، ولتاژ حداکثر است که به ولتاژ مدار باز یا (O.C.V) معروف است.



شکل ۲۰- نمودار ولتاژ - شدت جریان

نوع فعالیت: ایجاد خال جوش

شرح کار:

۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

۳- بر روی پلیت شروع به جوش کاری کنید و خال جوش ایجاد نمایید.

توجه: با توجه به این که در مراحل یادگیری هستید، احتمال چسبیدن الکتروود به قطعه کار زیاد است. در این حالت بلافاصله با باز کردن دهنه انبر، الکتروود را جدا کنید در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.

فعالیت
کارگاهی

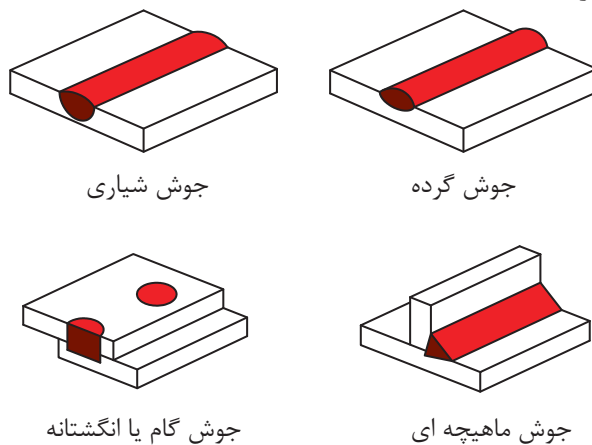


ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	ایجاد قوس الکتریکی و خال جوش	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: دستگاه جوش، انبر اتصال، کابل جوش، ماسک جوش کاری، دستکش جوش کاری، برس سیمی و چکش گل جوش	۱- بالاتر از حد انتظار	۱- الکتروودها را بشناسد. ۲- بتواند قوس الکتریکی ایجاد کند. ۳- خال جوش مطلوب ایجاد کند.	۳
			در حد انتظار	۱- بتواند قوس الکتریکی ایجاد کند. ۲- خال جوش مطلوب ایجاد کند.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- بتواند قوس الکتریکی ایجاد کند.	۱

جوش کاری انواع اتصالات

با توجه به تنوع اتصال قطعات جوش کاری و انواع مختلف جوش که برخی از متداول ترین آنها در اشکال ۲۱ تا ۲۳ نشان داده شده است، انتخاب هر کدام از انواع مذکور روی اجرای جوش کاری و احتمال به وجود آمدن عیوب در جوش تأثیرگذار است؛ لذا این متغیرها باید متناسب با نوع جنس قطعات، ضخامت آنها، شرایط اجرای جوش، نوع فرایند جوش کاری و غیره باشد.



شکل ۲۱- انواع جوش

وضعیت دو قطعه نسبت به هم		وضعیت دو قطعه نسبت به هم	
	صلیبی		لب به لب (سر به سر)
	موازی (پیشانی)		لب روی هم
			تی شکل
			لب گوشه ای (گوشه)
	شیب دار (مورب)		لب برگردان

شکل ۲۲- انواع اتصالات اصلی در جوش کاری

علائم و نشانه‌های اتصالات جوش کاری

نوع درز	نام	شکل نمادین	نمایش		نمای مجسم
			مقطع درز	فرم درز	
درز های لب به لب	درز نیم جناغی دم دار		قبل از جوش	بعد از جوش	
	درز نیم جناغی دم دار (دو سویه کند)				
	درز نیم لاله ای (یک سویه کند)				
	درز نیم لاله ای (دو سویه کند)				
درز های پیشانی	درز پیشانی تخت				
	درز پیشانی جناغی				
درز های گلوبی	درز گلوبی یا گوشه ای				
	درز گلوبی یا گوشه ای دو سویه				
	درز گلوبی یا گوشه ای بیرونی				
	درز نیم جناغی با ریشه باز				

نوع درز	نام	شکل نمادین	نمایش		نمای مجسم
			فرم درز	مقطع درز	
درز جفتی	درز لب برگردان				
	I- درز لب به لب یا سر به سر	||			
	V- درز جفتی	V			
	درز جفتی با ریشه باز				
	درز جفتی دو سویه تیز	X			
	درز جفتی دمدار	Y			
	درز جفتی دو سویه کند				
	درز ناودانی یا لاله ای یک سویه	U			
	درز ناودانی یا لاله ای دو سویه				
	درز نیم جفتی	V			
	درز نیم جفتی دو سویه تیز	K			



نوع فعالیت: ایجاد گرده جوش به طول ۱۰ سانتی متر
شرح کار:

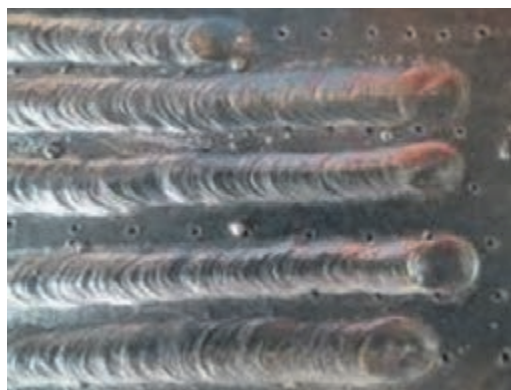
۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

۳- نکات ایمنی را رعایت کنید.

۳- یک پلیت را انتخاب کنید و سه خط گرده جوش به طول ۱۰ سانتی متر ایجاد نمایید.

توجه: با توجه به این که در مراحل یادگیری هستید، احتمال چسبیدن الکتروود به قطعه کار زیاد است. در این حالت، بلافاصله با باز کردن دهنه انبر، الکتروود را جدا کنید در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.



شکل ۲۴



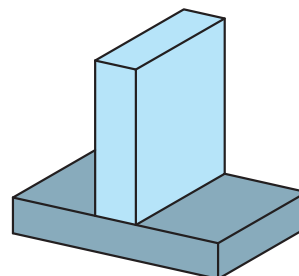
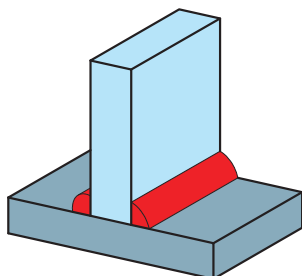
نوع فعالیت: جوش کاری سپری (جناغی) به صورت گوشه
شرح کار:

۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

۳- نکات ایمنی را رعایت کنید.

۳- دو پلیت را انتخاب کنید و به صورت گوشه جوش کاری نمایید.

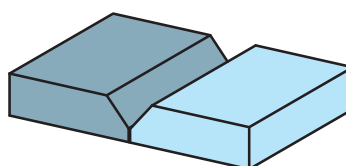
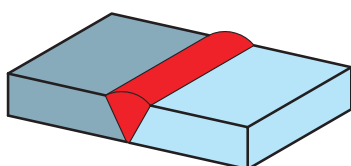


شکل ۲۵



نوع فعالیت: جوش کاری لب به لب به صورت شیاری
شرح کار:

- ۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.
- ۲- مولد جریان را تنظیم کنید.
- ۳- نکات ایمنی را رعایت کنید.

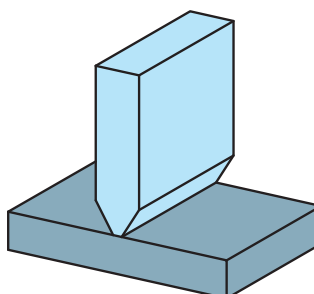
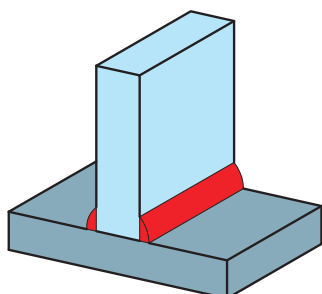


شکل ۲۶



نوع فعالیت: جوش کاری سپری (جناغی) به صورت شیاری
شرح کار:

- ۱- لوازم جوش کاری و ایمنی را آماده کنید.
- ۲- مولد جریان را تنظیم کنید.
- ۳- نکات ایمنی را رعایت کنید.
- ۳- دو پلیت را انتخاب کنید و پس از تبدیل یکی از آنها به شکل نوک تیز، به صورت سپری و جناغی جوش کاری نمایید.



شکل ۲۷

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	جوش کاری انواع اتصالات	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: دستگاه جوش، انبر اتصال، کابل جوش، ماسک جوش کاری، دستکش جوش کاری، برس سیمی و چکش گل جوش	۱- بتواند گرده جوش مناسب ایجاد کند. ۲- جوش سپری مناسب انجام دهد. ۳- جوش لب به لب شیاری مناسب انجام دهد.	۱- بتواند گرده جوش مناسب ایجاد کند. ۲- جوش سپری مناسب انجام دهد.	۳
			بالاتر از حد انتظار	۱- بتواند گرده جوش مناسب ایجاد کند. ۲- جوش سپری مناسب انجام دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- بتواند گرده جوش مناسب ایجاد کند.	۱

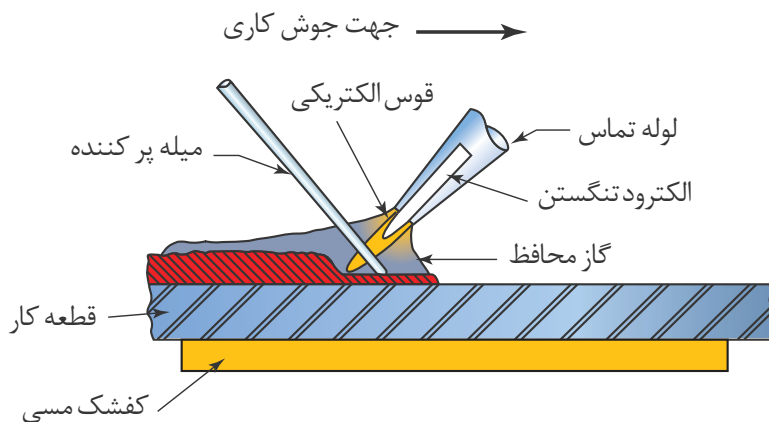
جوش کاری با گازهای محافظ (Gas Metal Arc Welding) GMAW

نوع دیگری از جوش کاری برق، جوش کاری با گازهای محافظ است که برای جوش دادن فلزات رنگین مثل آلومینیوم، مس، روی و غیره کاربرد دارد. جوش کاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکتروود مصرفی فرایند جوشکاری است که در آن، با ذوب کردن اتصال توسط قوس الکتریکی بین یک الکتروود یکسره فلزی پرکننده مصرف شدنی و قطعه کار و حفاظت توسط یک گاز (مثلاً گاز آرگون یا گاز کربنیک) و یا مخلوطی از گازها، احتمالاً محتوی یک گاز خنثی، یا مخلوطی از یک گاز و یک سرپاره و بدون کاربرد فشار صورت می‌گیرد و دارای دو نوع زیر است:

جوش کاری تیگ (آرگون) (Tungsten Inert Gas) TIG

در جوش آرگون یا تیگ برای ایجاد قوس جوش کاری از الکتروود تنگستن استفاده می‌شود که این الکتروود برخلاف دیگر فرایندهای جوش کاری حین عملیات جوش کاری مصرف نمی‌شود (شکل ۲۸). حین جوش کاری گاز خنثی هوا را از ناحیه جوش کاری بیرون می‌راند و از اکسید شدن الکتروود جلوگیری می‌کند. در جوش-کاری تیگ الکتروود فقط برای ایجاد قوس به کار می‌رود و خود الکتروود در جوش مصرف نمی‌شود؛ در حالی که در جوش قوس فلزی الکتروود در جوش مصرف می‌شود. در این نوع جوش کاری از سیم جوش به عنوان فلز پرکننده استفاده می‌شود و سیم جوش شبیه جوش کاری با اشعه اکسی استیلن در جوش تغذیه می‌شود. آرک یا هلی ولد نیز به دلیل معروفیت نام این سازندگان در خصوص ماشین‌های جوش تیگ باعث شده بعضاً این نوع جوش کاری با نام سازندگان هم شناخته شود. نام جدید این فرایند G.T.A.W و نام آلمانی آن ویگ است. همان‌طور که از نام این فرایند پیداست، گاز محافظ آرگون است که ترکیب این گاز با هلیوم بیشتر کاربرد دارد. دلیل استفاده از هلیوم این است که باعث افزایش توان قوس می‌شود و به همین دلیل سرعت جوش-کاری را می‌توان بالا برد و همین‌طور باعث خروج بهتر گازها از محدوده جوش می‌شود.

- کاربرد این جوش عموماً در جوش کاری موارد زیر است:
- ۱- فلزات رنگین از قبیل آلومینیوم، نیکل، مس و برنج (مس و روی)
 - ۲- جوش کاری پاس ریشه در لوله ها و مخازن
 - ۳- ورق های نازک (زیر ۱ میلی متر)



شکل ۲۸- نمای جوش تیگ

مزایای جوش تیگ:

- ۱- به دلیل اینکه تزریق فلز پرکننده از خارج قوس صورت می گیرد، اغتشاش در جریان قوس پدید نمی آید؛ در نتیجه کیفیت فلز جوش بالاتر است.
- ۲- به دلیل نبود سرباره و دود و جرقه، منطقه قوس و حوضچه مذاب به وضوح قابل رؤیت است.
- ۳- امکان جوش کاری فلزات رنگین و ورق های نازک با دقت بسیار زیاد.

تحقیق کنید

معایب جوش کاری تیگ چیست؟



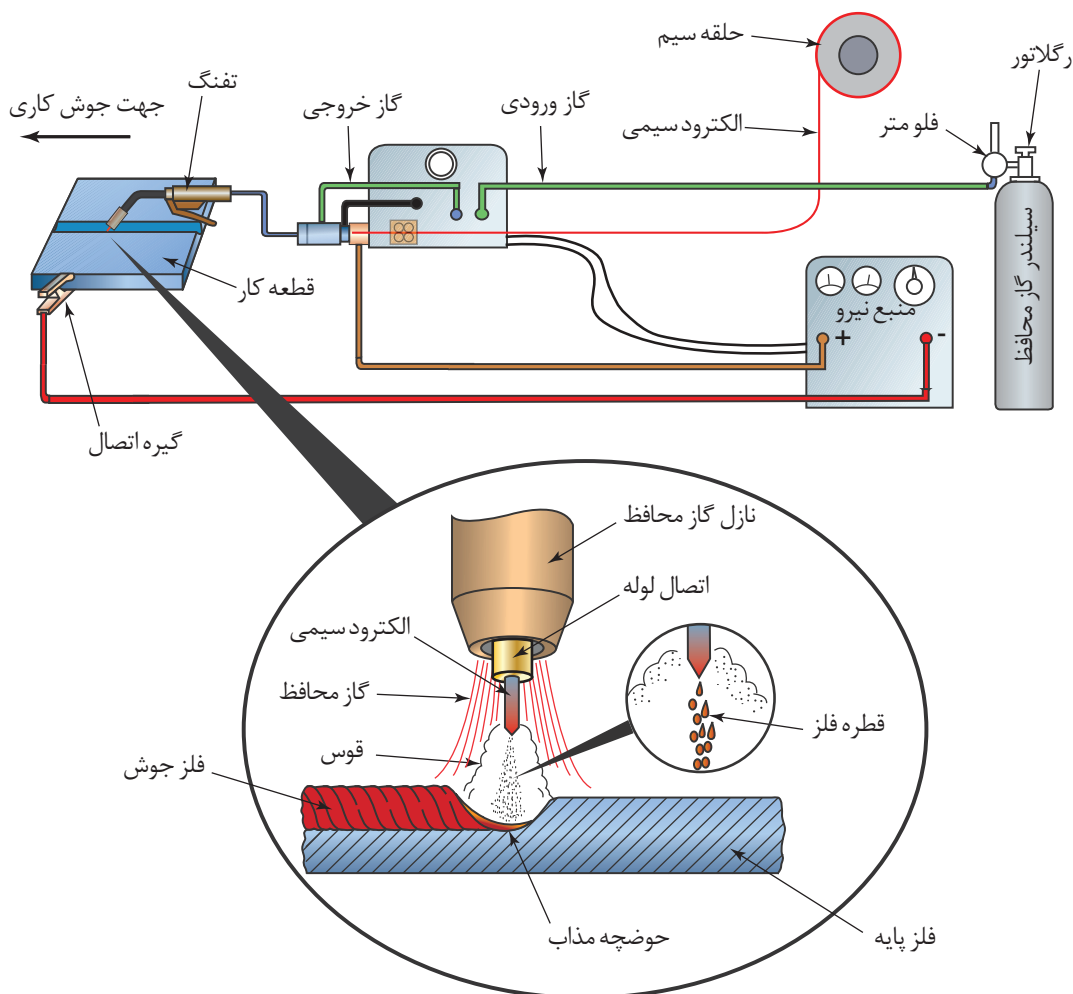
جوش کاری میگ (Metal Inert Gas) MIG و مگ (Metal Active Gas) MAG

در جوشکاری میگ تغذیه الکترود مداوم است و الکترود (سیم جوش) لخت می باشد. این فرایند جوش کاری را می توان با ماشین نیمه خودکار یا روش های خودکار انجام داد. جوش کاری مگ، همانند فرایند میگ است؛ با این تفاوت که در این روش برای حفاظت از جوش و منطقه مجاور، از گازهای فعال مثل CO_2 استفاده می شود؛ به همین دلیل به آن جوش کاری CO_2 نیز می گویند که برای اتصال فلزات آهنی استفاده می شود. گاهی اوقات با اضافه کردن درصدی اکسیژن در گاز محافظ، برای جوش کاری فولادهای معمولی (فولاد ساده کربنی) به کار می رود، زیرا اضافه کردن مقدار کمی اکسیژن به گاز محافظ باعث

آرام تر و محوری شدن قطرات مذاب می شود و در نتیجه حوضچه جوش روان به وجود می آید و پهنای جوش مسطح تر و صاف تر به دست می آید. البته لازم است که به خاطر این مقدار اکسیژن اضافی، عناصر اکسیژن زدا در الکتروود استفاده شود تا فلز جوش از نظر متالورژیکی دچار مشکل نگردد.

فرایند جوش کاری میگ:

در فرایند میگ برای محافظت از فلز جوش و مذاب معمولاً از گازهای آرگون و هلیوم و یا مخلوطی از این گازها و گازهای بی اثر (Inert) و غیره استفاده می شود. فرایند جوش کاری میگ برای جوش کاری فلزاتی مانند فولاد زنگ نزن، آلومینیوم، نیکل و مس استفاده می شود نمونه ای از دستگاه مخصوص این جوش کاری در شکل ۲۹ نشان داده شده است.



شکل ۲۹- نمای جوش کاری میگ



سیستم جوش کاری میگ را تشریح کنید.



شکل ۳۰ - دستگاه میگ

مزایای جوش کاری میگ:

- فرایند این جوش کاری نسبت به دیگر فرایندها همانند SMAW مزایای زیادی دارد که به شرح زیر است:
- ۱- این فرایند به گونه‌ای است که می‌تواند در مورد بیشتر فلزات مغناطیسی به کار رود.
- ۲- اتوماسیون یا رباتیک کردن این فرایند به دلیل پیوسته بودن الکتروود و طول قوس ثابت، آسان است.
- ۳- تمرکز قوس الکتریکی به دلیل نسبت بالای توان بر سطح، زیاد است؛ بنابراین امکان جوش کاری ورق‌های نازک و حالت‌های غیرتخت راحت‌تر است و پیچیدگی و تابیدگی کمتر و سرعت و نفوذ بیشتر خواهد بود.
- ۴- در این فرایند میزان جرقه نسبتاً کم است.
- ۵- سیم جوش به طور مستمر تغذیه می‌گردد؛ بنابراین زمان برای تعویض الکتروود صرف نمی‌شود.
- ۶- این فرایند می‌تواند به راحتی در تمام وضعیت‌ها استفاده شود.
- ۷- حوضچه مذاب و قوس الکتریکی به راحتی قابل مشاهده است.
- ۸- سرباره حذف می‌شود یا بسیار نازک است.
- ۹- از الکتروود با قطر نسبتاً کم استفاده می‌شود که باعث چگالی جریان بالاتری می‌گردد.
- ۱۰- درصد بالایی از الکتروود یا سیم جوش در منطقه اتصال، رسوب می‌کند.
- ۱۱- سرعت انتقال و میزان رسوب بالاتری نسبت به نوع جوش کاری دستی تیگ دارد.
- ۱۲- عمق نفوذ جوش، بیشتر از فرایند SMAW است؛ در نتیجه اجازه می‌دهد که جوش کوچکتر با استحکام مورد نظر به وجود آید.



معایب جوش کاری میگ را شرح دهید.



در مورد انواع دیگر جوش کاری های برق تحقیق کنید.



نوع فعالیت: بررسی مولد جوش کاری با گاز محافظ
شرح کار:

- ۱- نوع مولدهای موجود در کارگاه را تعیین کنید.
- ۲- تنظیمات مولدهای جریان موجود در کارگاه را بررسی کنید.

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها، دآوری، نمره دهی)	نمره
۴	جوش کاری با گازهای محافظ	مکان: جوش کاری کارگاه ابزار: دستگاه جوش کاری تیگ و میگ	بالاتر از حد انتظار	۱- دستگاه جوش کاری میگ را بشناسد. ۲- دستگاه جوش کاری تیگ را بشناسد. ۳- مزایا و معایب جوش کاری میگ و تیگ را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱- دستگاه جوش کاری میگ را بشناسد. ۲- دستگاه جوش کاری تیگ را بشناسد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- مزایا و معایب جوش کاری میگ و تیگ را بداند.	۱

ارزشیابی شایستگی جوش کاری برق

شرح کار:

شناسایی تجهیزات جوش کاری برق

ایجاد قوس الکتریکی

جوش کاری انواع اتصالات

جوش کاری با گاز محافظ

استاندارد عملکرد:

هنرجویان با جریان مورد استفاده در جوش کاری، ایجاد قوس الکتریکی، روش های مختلف جوش کاری برق آشنا می شوند و نحوه جوش کاری پلیت ها با روش های مختلف را می آموزند.

شاخص ها:

- تنظیم دستگاه جوش کاری و استفاده صحیح از آن
- جوش کاری پلیت ها به روش های مختلف و با رعایت کامل نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: پلیت، دستگاه جوش کاری، الکتروود و تجهیزات ایمنی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	جوش کاری برق دستی	۲	
۲	ایجاد قوس الکتریکی و گرده جوش	۱	
۳	جوش کاری انواع اتصالات	۱	
۴	جوش کاری با گاز محافظ	۱	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و ...	۲	
	میانگین نمرات		*

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



پودمان ۴

جوش کاری گاز



واحد یادگیری ۴

جوش کاری گاز

آیا تاکنون پی برده‌اید

- گاز استیلن و اکسیژن در صنعت چگونه تولید می‌شود؟
- جوش کاری گاز به چه روش‌هایی انجام می‌گیرد؟
- آیا می‌توان دو ورق نازک را بدون نیاز به الکترود، با جوش کاری گاز به هم متصل کرد؟
- آیا در جوش کاری گاز با مفتول می‌توان دو قطعه غیرهم‌جنس را به هم جوش داد؟
- در جوش کاری گاز نیازی به برق نیست؟

استاندارد عملکرد

پس از به پایان رساندن این واحد یادگیری، هنرجویان روش تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را فرامی‌گیرند و می‌توانند جوش کاری گاز اکسی استیلن با دو روش بدون مفتول و با مفتول را با رعایت تمامی نکات ایمنی انجام دهند.

شناسایی و راه اندازی دستگاه جوش گاز (اکسی استیلن)

حرارت لازم برای ذوب لبه قطعات جوش کاری را می توان از سوختن گاز تأمین کرد؛ که به این روش اصطلاحاً جوش کاری گاز می گویند.

در این نوع جوش کاری به گازهای زیر نیاز داریم:

الف) گاز قابل احتراق (ب) اکسیژن عامل احتراق

گاز قابل احتراق

گازهای مختلفی در جوش کاری به عنوان گاز مشتعل شونده استفاده می شوند که مهم ترین آنها عبارتند از:

۱- هیدروژن H_2

۲- پروپان C_3H_8

۳- استیلن C_2H_2

۴- گاز مپ Mapp

۵- گازهای طبیعی - شهری

گازهای فوق می توانند به عنوان گاز سوختن در جوش کاری استفاده شوند. هر کدام از آنها ویژگی هایی دارند و حرارت حاصل از احتراق آنها با هم فرق دارد.

در این میان استیلن بهترین گاز از نظر حرارتی است و جوش کاری اکسی استیلن متداول ترین و عمومی ترین روش جوش کاری گاز در ایران است.

استیلن C_2H_2

گاز استیلن هیدروکربوری است که ۹۲/۳ درصد کربن و ۷/۷ درصد هیدروژن دارد.

استیلن گازی است بی رنگ، بی طعم و دارای بویی شبیه بوی سیر است. در اغلب مایعات به نسبت های مختلف حل می شود.

بهترین حلال آن مایع استون است که می تواند در حرارت ۱۵ درجه سانتی گراد و فشار معمولی، ۲۵ حجم استیلن را در خود حل کند. هر لیتر این گاز ۱/۱۶ گرم وزن دارد. چنانچه گاز استیلن حتی به صورت خالص تا

دو کیلوگرم بر سانتی متر مربع فشرده شود، خودبه خود تجزیه و منفجر می شود.

مخلوط استیلن با هوا یا اکسیژن قابلیت انفجار دارد.

قابلیت انفجار دارند حتی بدون استفاده از شعله و جرقه

۱- مخلوط ۲/۳ درصد استیلن با ۹۷/۳ درصد هوا

۲- مخلوط ۸۲ درصد استیلن با ۱۸ درصد هوا

۳- مخلوط ۹۳ درصد استیلن با ۷ درصد اکسیژن

۴- استیلن خالص با فشار اتمسفر



در صنعت برای ممانعت از خطر انفجار استیلن، آن را در مایع استون حل می‌کنند و به صورت مایع در کپسول نگهداری می‌کنند.

وقتی استیلن به صورت واحدهای کوچک محلول درآید، می‌توان آن را تحت فشار قرار داد و مقدار بیشتری گاز را در یک مخزن ذخیره کرد.



جای خالی را پر کنید.
هنگام سوختن استیلن با اکسیژن خالص حرارتی معادل درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود. با این درجه حرارت اکثر فلزات و آلیاژهای صنعتی را می‌توان ذوب کرد.

طرز تهیه استیلن:

در صنعت از ترکیب سنگ کاربید با آب، گاز استیلن تولید می‌شود. این فعل و انفعال سریع و گرم‌زا است (شکل ۱).

ترکیب کاربید یا کربور کلسیم (CaC_2) با آب در دستگاهی به نام مولد استیلن صورت می‌گیرد. این دستگاه انواع مختلف دارد. در بازار به مولدهای استیلن، دیگ استیلن هم می‌گویند.



شکل ۱

طرز تهیه کاربید:

برای تهیه کاربید، آهک پخته یا آهک زنده (CaO) را با زغال کک به قطعات کوچک خرد می‌کنند و در کوره‌های الکتریکی با ظرفیت ۳۵ مگاوات که حجمی معادل ۱۲۰ متر مکعب دارند، تا ۳۰۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند. در عمل هیچ‌گاه نباید درجه حرارت کوره از ۱۶۳۰ درجه سانتی‌گراد کمتر شود، چون کاربید به مواد اولیه تجزیه می‌شود.

در هر ساعت مقداری کاربید مذاب از مجرای تخلیه وارد استوانه‌ای می‌شود و منجمد می‌گردد. این استوانه‌ها دوجداره‌اند و با آب که در اطراف آن جریان دارد، سرد می‌شوند. محصول دیگر کوره گاز منواکسید کربن (CO) است که می‌توان از آن در صنعت استفاده کرد.



جوش کاری گاز

کاربید حاصل را در آسیاب خرد و دانه‌بندی می‌کنند و با ابعاد مشخص در بشکه‌ها یا ظرف‌های سربسته به وزن ۷۵ کیلوگرم، که دارای ۷۰ کیلوگرم کاربید خالص است، به بازار عرضه می‌کنند (شکل ۲).



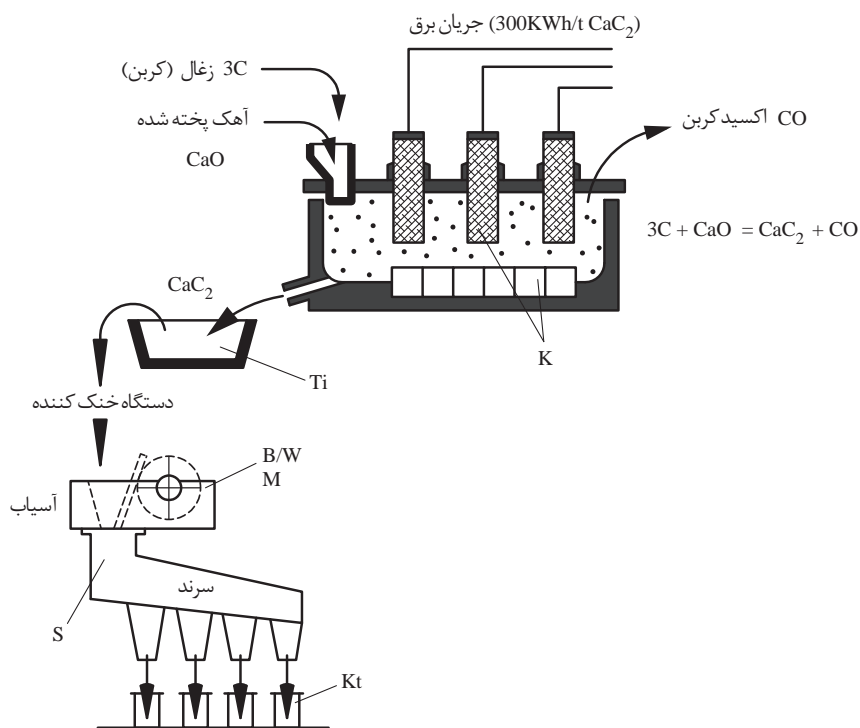
شکل ۲

تحقیق کنید دلیل استفاده از ظرف‌های سربسته و بدون منفذ برای نگهداری کاربید چیست؟

تحقیق کنید



کاربید علاوه بر مصارف جوش کاری در صنایع پتروشیمی نیز به کار می‌رود.



شکل ۳- مراحل تولید کاربید

نکات ایمنی



ایمنی نگهداری کاربرید:

- ۱ بشکه کاربرید را در محل خشک و با تهویه کامل انبار کنید.
- ۲ موقع باز کردن در بشکه‌های کاربرید باید مراقب بود، چون همیشه مقداری گاز در داخل آنها جمع می‌شود و در صورت بی‌احتیاطی انفجار رخ می‌دهد.
- ۳ برای نگهداری کاربرید می‌توان آن را در نفت سفید غوطه‌ور کرد تا از ترکیب شدن با بخار آب موجود در هوا مصون بماند.
- ۴ هیچ گاه نباید از کاربرید به عنوان وسیله بازی استفاده شود، چون فوق‌العاده خطرناک است.
- ۵ برای خاموش کردن آتش‌سوزی گاز استیلن متصاعدشده از کاربرید نباید از آب و فوم استفاده کرد.

بحث کلاسی



در شکل ۴ چه اشکالاتی در نحوه چیدمان و نگهداری بشکه‌ها می‌توان یافت؟



شکل ۴

خواص حرارتی گازها:

ویژگی حرارتی گازهای قابل احتراق از قبیل ارزش حرارتی، حداکثر حرارت شعله، و نسبت مخلوط گاز با اکسیژن در جوش کاری گاز همیشه مورد توجه و دقت است تا بهره‌گیری کامل از گازها امکان‌پذیر شود.

ارزش حرارتی:

مقدار گرمایی که یک واحد حجم گاز سوختنی هنگام احتراق کامل در شرایط متعارفی تولید می‌کند، ارزش حرارتی آن گاز نامیده می‌شود. واحد ارزش حرارتی کیلوکالری در متر مکعب و بی‌تی‌یو در فوت مکعب است.

تحقیق کنید



در مورد واحدهای کالری (Cal) و BTU تحقیق کنید.

بحث کلاسی



یک BTU چند کالری است؟

درجه حرارت شعله:

بیشترین گرمای حاصل از شعله هر گاز در موقع سوختن کامل، حداکثر درجه حرارت احتراق آن گاز نامیده می‌شود و بر حسب درجه سانتی گراد یا فارنهایت بیان می‌شود.

فرمول تبدیل درجه سانتی گراد به درجه فارنهایت و بالعکس را بیابید و محاسبه کنید که ۴۰ درجه فارنهایت چند درجه سانتی گراد است.

کار در کلاس



نسبت مخلوط با اکسیژن:

نسبت مخلوط مناسب اکسیژن با گاز سوختی زمانی است که احتراق کامل بیشترین راندمان حرارتی را دارد. خصوصیات حرارتی گازهای مورد مصرف در جوش کاری گاز در جدول ۱ آمده است.

هنگام ایجاد شعله مناسب جوش کاری توسط گازهای سوختی دو مخروط درون شعله تشکیل می‌شود که به مخروط بیرونی، مخروط اولیه و به مخروط داخلی، مخروط ثانویه می‌گویند. با توجه به این موضوع، جدول ۱ را کامل کنید

کار در کلاس



جدول ۱

گاز سوختنی	درجه حرارت شعله C°	ارزش حرارتی مخروط اولیه شعله Kcal/m³	ارزش حرارتی مخروط ثانویه شعله Kcal/m³	ارزش حرارتی کل شعله Kcal/m³
استیلن	۳۰۸۷	۴۵۱۰	.....	۱۳۰۹۰
مپ	۲۹۲۷	.....	۱۶۸۲۰	۲۱۴۲۰
گاز طبیعی	۲۵۳۸	۹۸	۸۸۱۰	.....
پروپان	۲۵۲۶	۲۲۷۰	.....	۲۲۲۴۰
پروپیلن	۲۸۶۷	.....	۱۷۴۷۰	۲۱۱۱۰

عامل احتراق:

از گازهای موجود در هوا فقط اکسیژن عامل سوختن است و سایر گازها در احتراق نقشی ندارند.

استفاده از هوای فشرده به عنوان عامل احتراق چه تأثیری در جوش کاری گاز دارد؟

تحقیق کنید



در گذشته هوای فشرده در جوش کاری استفاده می‌شد، ولی امروزه فقط در بعضی از انواع برش کاری کاربرد دارد. در جدول ۲ اکسیژن و هوای فشرده در تولید گرما مقایسه شده‌اند.

جدول ۲

ردیف	گاز سوختنی	عامل سوختن	درجه حرارت به سانتی‌گراد
۱	استیلن	اکسیژن	۳۱۰۰-۳۲۰۰
۲	استیلن	هوا	۲۴۵۸
۳	پروپان	اکسیژن	۲۵۲۵
۴	پروپان	هوا	۱۷۵۰
۵	گاز زغال	اکسیژن	۲۲۰۰
۶	گاز زغال	هوا	۱۸۷۰

اکسیژن

اکسیژن گازی است بی‌بو، بی‌رنگ، بی‌طعم و یکی از فراوان‌ترین عناصر موجود در طبیعت است. وزن هر متر مکعب اکسیژن در دمای صفر درجه و فشار یک اتمسفر ۱/۴۳ کیلوگرم است. اکسیژن در ۱۸۲/۹۶- درجه سانتی‌گراد به حالت مایع درمی‌آید و در ۲۱۸/۴- درجه سانتی‌گراد منجمد می‌شود.

اکسیژن خود نمی‌سوزد ولی برای هر احتراق و اشتعالی لازم است. همچنین به مقدار کم در آب حل می‌شود و موجودات دریایی از اکسیژن محلول در آب استفاده می‌کنند.

طرز تهیه اکسیژن:

اکسیژن در صنعت از دو راه تهیه می‌شود:

۱- تجزیه الکتریکی آب

۲- جداسازی از هوا

در کشورهایی که برق ارزان در اختیار است، از راه تجزیه الکتریکی آب، اکسیژن و هیدروژن به دست می‌آورند.

جداسازی اکسیژن از هوا:

امروزه برای تهیه اکسیژن در مقیاس وسیع، از هوای مایع استفاده می‌شود. مراحل تولید اکسیژن از هوای مایع در جدول ۳ توضیح داده شده است.

جدول ۳- مراحل تولید اکسیژن از هوای مایع

ردیف	مراحل
۱	جدا کردن ناخالصی‌ها شامل بخار آب، گرد و غبار و کربن دی اکسید
۲	فشردن و متراکم کردن هوا از ۶ تا ۲۰۰ اتمسفر که بستگی به دستگاه سردکننده دارد.
۳	سرد کردن هوای فشرده تا به مایع تبدیل شود.
۴	کم کردن فشار یا گرم کردن هوای مایع تا اینکه ازت از هوای مایع جدا شود (ازت در فشار یک اتمسفر و دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد از هوای مایع جدا می‌شود).
۵	اکسیژن باقی‌مانده دارای خلوص ۹۸/۱۵ درصد است که می‌توان آن را به صورت مایع در کپسول‌های مخصوص ذخیره کرد و یا با کاهش فشار یا گرم کردن به گاز اکسیژن تبدیل کرد.

اکسیژن مایع نسبت به گاز اکسیژن حجم کمتری را اشغال می‌کند و کارخانه‌ها و مؤسسه‌های صنعتی که مصرف اکسیژن آنها زیاد است، از نظر حمل و نقل و نگهداری مقرون به صرفه‌تر است که اکسیژن را به صورت مایع خریداری کنند.

جاهای خالی را پر کنید.

هر لیتر اکسیژن مایع به لیتر گاز اکسیژن درجه سانتی‌گراد تبدیل می‌شود.

کار در کلاس



شکل ۵- دستگاه اکسیژن‌ساز ساخت یک شرکت ایرانی

دستگاه‌ها و تجهیزات جوش گاز

در بحث‌های قبلی اطلاعاتی در مورد گازهای سوختنی مورد مصرف در جوش کاری و خواص حرارتی و کاربرد آنها ارائه شد و دانستیم که برای رسیدن به حداکثر راندمان و درجه حرارت کافی لازم است که گاز اکسیژن را به عنوان عامل احتراق با یک گاز قابل احتراق، با نسبت معین مخلوط و مشتعل کنیم و با استفاده از حرارت حاصل از سوخت، لبه‌های قطعات جوش‌دانی و مفتول پرکننده درز را ذوب کنیم تا مذاب قطعات در هم بیامیزد و پس از انجماد، قطعات به هم اتصال یابند.

انجام عملیات فوق مستلزم به‌کارگیری دستگاه‌ها و وسایلی است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

مولد استیلن (دیگ استیلن):

برای ترکیب سنگ کربید با آب به منظور تولید گاز استیلن و ذخیره آن جهت مصرف، از دستگاهی به نام مولد استیلن استفاده می‌کنیم.

مولدها از نظر نحوه رسیدن آب به کربید به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- سقوطی

۲- ریزشی

۳- تماسی

مولدها از لحاظ تولید فشار در داخل مولد نیز به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- فشار ضعیف تا ۰/۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع

- ۲- فشار متوسط تا ۵/۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع
- ۳- فشار قوی از ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به بالا

تحقیق کنید



دربارهٔ مولد ریزشی که یکی از متداول ترین مولدها در ایران است، تحقیق کنید.

شیر یک طرفهٔ شعله گیر:

خروج گاز از مولد یا از خط لوله و قبل از ورود به شیلنگ های لاستیکی اجباراً از شیر یک طرفه شعله گیر را طی می کند. این امر موجب می شود که از برگشت اکسیژن (در اثر نقص فنی یا بدکار کردن مشعل) به داخل مولدها و یا مسیر لولهٔ استیلن ممانعت شود. در اصطلاح، برگشت اکسیژن را پس زدن شعله می گویند. از طرف دیگر چنانچه شیلنگ ها آتش بگیرند، از رسیدن شعله و آتش به مولد و یا خط لولهٔ استیلن جلوگیری می شود (شکل ۶).



شکل ۶

نمایش فیلم



فیلم آموزشی دربارهٔ نحوهٔ عملکرد شیر یک طرفه شعله گیر را مشاهده کنید.

نکات ایمنی



نکات ایمنی در مولدها:

- ۱ مقدار آب داخل مولد استاندارد باشد.
- ۲ اندازهٔ قطعات کاربرد از روی مشخصات مولد انتخاب شود.
- ۳ باید به طرز کار مولد آشنایی کامل داشت و بعد از آن استفاده کرد.
- ۴ مولد استیلن باید از یخ زدن مصون باشد.
- ۵ از سالم بودن شیر یک طرفه شعله گیر باید اطمینان کامل داشته باشیم.
- ۶ در موقع شارژ مولد قبل از تولید گاز باید تمام دریچه ها و قسمت هایی که باز و بسته کرده ایم، دقیق و اصولی محکم بسته شده باشند.
- ۷ تمام دستورالعمل های ایمنی و بهره برداری توصیه شده توسط کارخانه سازنده دقیقاً باید رعایت شود.



کپسول استیلن:

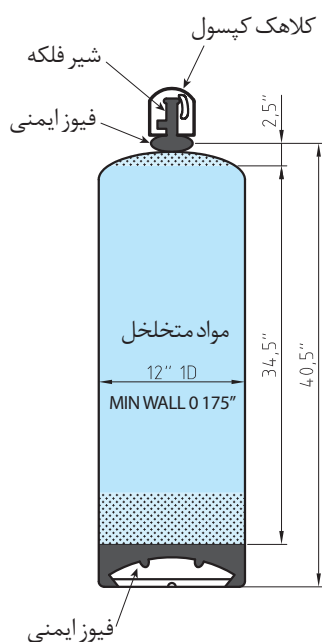
کپسول استیلن از فولاد مقاوم ساخته شده است و نسبت به کپسول اکسیژن، قطر بیشتر و ارتفاع کمتری دارد. در موقع ساخت کپسول‌های استیلن آن را از ماده مخصوصی پرمی‌کنند و تا 300° درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند تا این ماده به صورت جسم متخلخل فضای داخل کپسول را اشغال کند. سپس با توجه به ظرفیت کپسول مقداری مایع استون در کپسول می‌ریزند و در آخرین مرحله، شیر فلکه را به کپسول می‌بندند و به گاز وصل می‌کنند تا پر شود. تدابیر فوق به منظور ذخیره‌سازی گاز استیلن در یک کپسول است. چنان چه قبلاً اشاره شد، استون در سطح بزرگی پخش می‌شود و گاز استیلن با وسعت بیشتری در استون حل می‌گردد و در موقع مصرف راحت‌تر از آن جدا می‌شود. علاوه بر آن وضعیت داخل کپسول موجب می‌شود استیلن به واحدهای کوچک تبدیل شود و خطر انفجار خودبه‌خود و با تجزیه استیلن منتفی گردد (شکل ۷).

شکل ۷- کپسول برش خورده استیلن

جاهای خالی را پر کنید.

کپسول‌های معمولی استیلن محتوی مکعب استیلن است که با فشار کیلو گرم بر سانتی‌متر مربع در استون حل می‌شود. در این فشار هر لیتر استون قادر است ۳۷۵ لیتر گاز استیلن را در خود حل کند.

کار در کلاس



شکل ۸- کپسول استیلن



شکل ۹- کپسول استیلن

با یک محاسبه ساده معلوم می‌شود که کپسول استیلن با این ظرفیت دارای تقریباً ۱۰ لیتر استون است.

چون استیلن به آرامی از استون جدا می‌شود، نباید کپسول استیلن در هر ساعت بیشتر از یک چهارم ظرفیت کل کپسول گاز به مصرف برساند؛ در غیر این صورت استون همراه با گاز استیلن خارج می‌شود و در کار مشکلاتی ایجاد می‌کند.

در صورت نیاز بیشتر به گاز باید از چند کپسول یا مجموعه کپسول‌هایی که به هم مرتبط شده‌اند، استفاده کرد.

کپسول‌های استیلن معمولاً زردرنگ یا ارغوانی هستند و به وسیله مهره چپ‌گرد به رگولاتور وصل می‌شوند.

اصولاً کپسول‌های محتوی گاز قابل اشتعال در محل اتصال به رگولاتور دارای پیچ چپ‌گرد هستند.

پست مرکزی استیلن:

در کارگاه‌هایی که مصرف استیلن‌های آنها زیاد است، غالباً چند کپسول استیلن را به نام پست مرکزی مجتمع می‌کنند و به وسیله لوله‌های فولادی آنها را به هم وصل می‌کنند و به شبکه لوله‌کشی استیلن مرتبط می‌شوند. در این پست‌ها همانند پست مرکزی اکسیژن، دو سری کپسول تدارک شده است و همیشه یک سری در حال بهره‌برداری و یک سری آماده به کار نگه داشته می‌شوند تا وقفه‌ای در جریان استیلن رخ ندهد (شکل ۱۰).

البته می‌توان به جای کپسول‌ها از یک مولد استیلن بزرگ فشار قوی استفاده کرد که معمولاً از نوع سقوطی هستند و طوری طراحی شده است که به طور دائم گاز تولید کند و به سیستم لوله‌کشی استیلن هدایت شود.

بحث کلاسی



لوله‌های فولادی حاوی استیلن در پست مرکزی استیلن چه رنگی است؟



شکل ۱۰



- ۱ استیلن گاز قابل احتراق است و باید نکات ایمنی گاز های مشتعل شونده در مورد آنها رعایت شود؛
- ۲ کپسول های استیلن باید در حالت ایستاده در محلی که کاملاً تهویه می شود، انبار شوند.
- ۳ در موقع کار باید به دیوار یا محل مناسب دیگر یا در مجموعه کپسول ها بسته شده باشد.
- ۴ چنانچه در اثر برودت شیر فلکه یخ بزند، باید با آب گرم (نه با آب جوش) آن را گرم کنیم.
- ۵ همیشه باید در حال ایستاده استفاده شود؛ در غیر این صورت، استون به رگولاتور آسیب می رساند.
- ۶ هرگز نباید از لوله های مسی برای انتقال گاز استیلن استفاده شود.

کپسول های اکسیژن:

اکسیژن را در استوانه های فولادی مخصوص بسیار مقاوم به بازار عرضه می کنند که به کپسول اکسیژن موسوم اند (شکل ۱۱).



جاهای خالی را پر کنید.

کپسول های اکسیژن استوانه های فولادی هستند که مقاومت آن کیلوگرم در میلی متر مربع با فشار کیلوگرم بر سانتی متر مربع معادل بار یا در حدود پوند در اینچ مربع در حرارت معادل متراکم کپسول ها بدون درز ساخته می شوند. قطر داخلی آن میلی متر و ضخامت جداره آن میلی متر است.

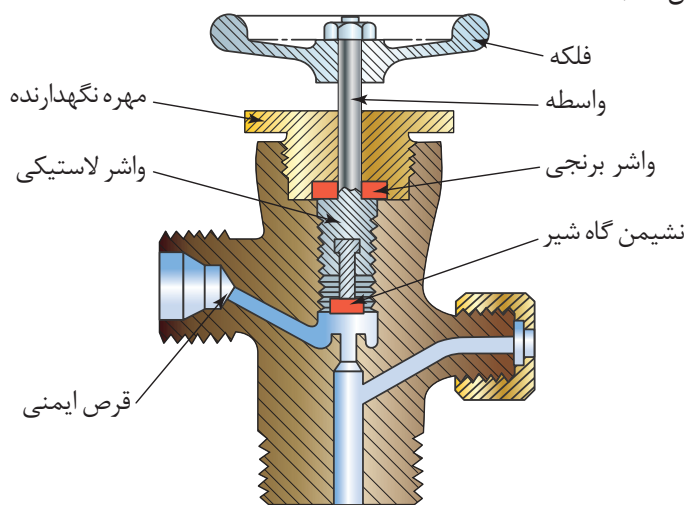
کپسول های اکسیژن در سه اندازه مختلف ساخته می شوند:

- ۱- اندازه بزرگ با ظرفیت ۶۸۰۰_۶۳۰۰ لیتر
- ۲- اندازه متوسط با ظرفیت ۳۴۰۰_۳۱۰۰ لیتر
- ۳- اندازه کوچک با ظرفیت ۲۲۰۰_۱۶۰۰ لیتر



شکل ۱۱

هر کپسول اکسیژن یک شیر فلکه برنجی برای پر کردن و خروج اکسیژن دارد که به وسیله یک کلاهک فولادی محافظت می‌شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

این کلاهک گنبدی شکل روی رینگ سر کپسول پیچ می‌شود. کلاهک به جز مواردی که کپسول در حال استفاده است باید روی کپسول بسته باشد تا آسیبی به شیر فلکه خروجی کپسول نرسد. در قسمت کف بعضی از کپسول‌ها پایه چهارگوش یا گودی تعبیه شده است تا روی زمین راحت استقرار یابد. کپسول‌های اکسیژن معمولاً به رنگ آبی عرضه می‌شوند.

نکات ایمنی



نکات ایمنی نگهداری کپسول اکسیژن:

- ۱ کپسول اکسیژن باید از آلودگی مواد روغنی و چرب مصون باشد. هرگز کپسول‌های اکسیژن را نزدیک روغن گریس و سایر مواد چرب انبار نکنید.
- ۲ با دست و یا آچار روغنی نباید با کپسول اکسیژن کار کرد.
- ۳ هرگز از اکسیژن برای دمیدن در خط لوله و پاک کردن غبار از لباس‌ها یا برای بالا بردن فشار مخزن‌ها استفاده نکنید.
- ۴ کپسول‌های اکسیژن باید به دیوار یا محل مناسب دیگر به طور قائم مهار شده و یا در پست اکسیژن و یا در چرخ مخصوص حمل و نقل قرار داشته باشد.

پست مرکزی اکسیژن:

غالباً چند کپسول اکسیژن را در یک محل به نام پست مرکزی اکسیژن جمع می‌کنند و به وسیله لوله‌های فولادی به هم وصل می‌کنند. دو سری کپسول وجود دارد که در هر نوبت یک سری از کپسول‌ها استفاده می‌شوند و سری دیگر، به عنوان ذخیره آماده مصرف هستند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

زمانی که کپسول‌های سری اول خالی شد، شیر فلکه مخصوص این سری را می‌بندند و بلافاصله شیر فلکه دوم را باز می‌کنند تا جریان اکسیژن برقرار شود و وقفه‌ای در کار به وجود نیاید. به جای کپسول‌های خالی سری اول، کپسول‌های پر به سیستم لوله‌کشی وصل و آماده مصرف می‌شوند.

بحث کلاسی



لوله‌های حاوی اکسیژن در پست مرکزی اکسیژن چه رنگی است؟

ممکن است به جای چند کپسول گاز، یک مخزن گاز مایع به عنوان پست مرکزی اکسیژن مورد استفاده شود. در این وضعیت، اکسیژن مایع به وسیله گرمکن‌های مخصوص که با آب گرم یا برق کار می‌کنند، از حالت مایع به گاز تبدیل می‌شود و به سیستم لوله‌کشی اکسیژن ارتباط می‌یابد و از حالت مایع به گاز تبدیل شده و به سیستم لوله‌کشی هدایت می‌شود.

اکسیژن مایع از کارخانه تولید اکسیژن به وسیله تانکرهای مخصوصی به پست مرکزی اکسیژن ارسال می‌گردد.

دستگاه تقلیل فشار:

چون اکثر گازها در کپسول با فشار زیادی ذخیره می‌شود و مصرف گاز در جوش کاری با این فشار عملی نیست، لازم است با استفاده از دستگاهی به نام رگولاتور فشار گاز را تقلیل دهیم و تنظیم کنیم تا جریان گاز به طور یکنواخت به سمت مشعل جوش کاری هدایت شود و علاوه بر آن با توجه به نوع کار، فشار گاز را به دلخواه تنظیم کنیم.

این دستگاه‌ها معمولاً به طور مستقیم به کپسول‌ها متصل می‌شوند. همچنین به خطوط انتقال گاز قبل از شیلنگ‌های لاستیکی نصب می‌شوند تا فشار گاز را تنظیم و آماده مصرف کنند. دستگاه‌های تقلیل‌دهنده لازم است که فشار گاز را کاهش دهند و تنظیم کنند و در اثنای مصرف این فشار را ثابت نگه دارند. این عمل ممکن است در فشارسنج‌های یک مرحله‌ای صورت پذیرد و یا در دو مرحله فشار گاز کاهش یابد و تنظیم شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ - دستگاه تقلیل فشار دو مرحله‌ای کپسول اکسیژن

در مرحله اول فشار تقلیل پیدا می‌کند (مثلاً از ۱۵۰ اتمسفر به ۱۵ اتمسفر) و در مرحله دوم با پیچ تنظیم فشار گاز مورد نیاز برای کار تأمین می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دستگاه مذکور دارای دو فشارسنج (مانومتر) است که یکی فشار گاز داخل کپسول و دیگری فشار تنظیم‌شده (فشار گاز مصرفی) را نشان می‌دهد. همچنین دارای یک سوپاپ اطمینان و یک شیر خروجی است.

بیشتر بدانید

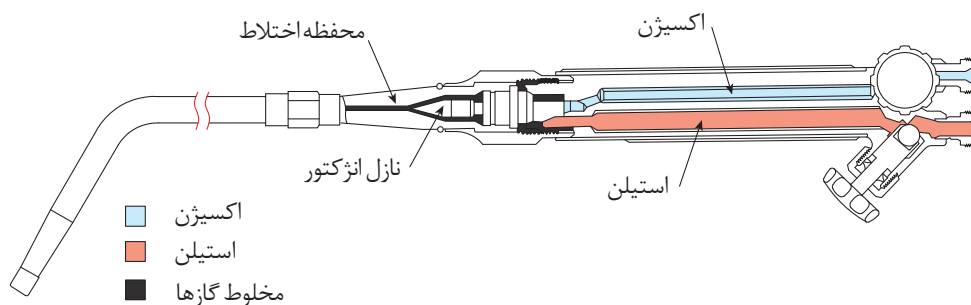


مهرة اتصال مانومتر گاز استیلن چپ گرد است. برای شناسایی مهره‌های چپ گرد، نشانه یا یک شیار کوچک بر مهره توسط کارخانه سازنده ایجاد شده است.

شکل ۱۵

مشعل‌های جوش کاری:

مشعل جوش کاری وسیله‌ای برای مخلوط کردن گاز قابل احتراق با اکسیژن به میزان دقیق و معین است که با سرعت از دهانه مشعل خارج می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

مشعل جوش کاری از قسمت‌های مختلف تشکیل می‌شود:

۱- دسته مشعل

۲- شیر تنظیم گاز

۳- لوله اختلاط

۴- پستانک

مشعل‌های جوش کاری اقسام مختلف دارند. معروف‌ترین آنها عبارتند از:

■ فشار قوی

■ فشار ضعیف (انژکتوری)

مشعل‌های فشار قوی:

در این مشعل‌ها گاز سوختنی و اکسیژن با فشار مساوی به محفظه اختلاط وارد می‌شوند و با هم مخلوط می‌شوند. از این مشعل‌ها در کارگاه‌هایی که استیلن در مولدهایی فشار قوی تولید می‌شود یا از کپسول گرفته می‌شود، می‌توان استفاده کرد.

مشعل‌های فشار ضعیف (انژکتوری):

در این مشعل‌ها اختلاط گاز سوختنی و اکسیژن به وسیله انژکتور انجام می‌گیرد. انژکتور سوراخ ریزی دارد که اطراف آن روزنه‌ای به شکل تاج دایره تعبیه شده است اکسیژن با فشار ۱ تا ۳ اتمسفر از سوراخ انژکتور خارج می‌شود و گاز سوختنی را از روزنه اطراف آن با خود درون محفظه اختلاط می‌کشد. در این محل گاز سوختنی و اکسیژن به نسبت معینی مخلوط می‌گردد و از پستانک مشعل خارج می‌شود. برای ایجاد شعله با ظرفیت‌های حرارتی متفاوت سر مشعل (لوله اختلاط+پستانک) را عوض می‌کنند.

سر مشعل‌های جوش کاری:

برای جوش کاری فلزات با ضخامت‌های گوناگون به وسیله شعله گاز سر مشعل‌های مختلفی که قطر سوراخ‌های آنها متفاوت است، ساخته شده‌اند. این اندازه معمولاً روی خود سر مشعل نوشته شده است.

تحقیق کنید



تحقیق کنید اعداد نوشته‌شده بر روی مشعل‌ها چه چیزی را نشان می‌دهد.

امروزه جعبه مشعل‌ها معدودی سر مشعل دارند و اغلب سه‌تایی هستند (کوچک، متوسط و بزرگ) (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

مشعل برش کاری:

دارای ساختمان مشابه مشعل جوش کاری است و فقط یک شیر اکسیژن اضافی دارد که معمولاً با اهرم باز و بسته می‌شود و از مسیر جداگانه به مرکز سر مشعل می‌رسد و به محل برش دمیده می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

روش کار بدین نحو است که اول شعله خنثی به وسیله مشعل برش تنظیم می‌گردد و سپس اهرم اکسیژن اضافی باز می‌شود. اگر مخروط اول شعله تغییر طول نداد، شعله تنظیم است؛ در غیر این صورت، با کم و زیاد کردن اکسیژن، شعله تنظیم می‌شود. آن گاه با شعله روی نقطه‌ای که می‌خواهند برش را شروع کنند، حرارت می‌دهند. پس از اینکه قطعه به درجه حرارت مطلوب رسید، اهرم اکسیژن اضافی را باز می‌کنند تا با قسمت گرم‌شده کار ترکیب شود و با ایجاد گرما و حرارت آن را اکسید و از محل دور کند و قطعه مورد نظر بریده شود. سپس آرام آرام مشعل را در جهت خطی که می‌خواهند ببرند، به جلو می‌برند تا برش تکمیل گردد. ممکن است مشعل برش به دستگاه‌های اتوماتیک متصل شود که ضمن تنظیم فاصله و زاویه مشعل با کار و با سرعت پیشروی مناسب در مسیر خط برش حرکت کند و قطعات ضخیم را به راحتی برش دهد.



شکل ۱۹ - مشعل برش کاری

شیلنگ‌های حامل گاز:

برای انتقال اکسیژن و گاز سوختنی به مشعل لازم است که از شیلنگ‌های لاستیکی مخصوصی استفاده شود. این شیلنگ‌ها دارای دو قطر استاندارد $\frac{5}{11}$ اینچ و $\frac{9}{16}$ اینچ هستند. شیلنگ‌های گاز در ایران با رنگ آبی یا سبز و شیلنگ‌های حامل استیلین با رنگ قرمز یا قهوه‌ای مشخص شده‌اند.

نکات ایمنی



نکات ایمنی در نصب شیلنگ گاز:

اتصال شیلنگ‌ها روی مشعل یا دستگاه تقلیل فشار یا دستگاه‌های دیگر باید به کمک بست‌های ثابت مناسب و قابل تنظیم و صد درصد مطمئن صورت گیرد. هرگز نباید از مفتول آهنی برای محکم کردن آن استفاده کرد، زیرا باعث بریدگی شیلنگ‌ها می‌شود. برای کنترل نشت گاز از محل اتصال‌ها هرگز نباید از شعله استفاده کرد، بلکه باید با آب و صابون و یا فروبردن محل اتصال در ظرف آب نشتی گاز را بررسی کرد.



شکل ۲۰- بست فلزی

فندک یا آتش‌زنه:

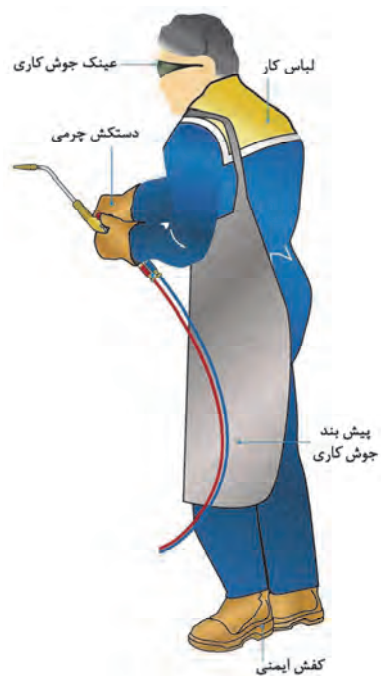
برای روشن کردن مشعل باید از فندک مخصوص استفاده شود. از روشن کردن مشعل با کبریت خودداری کنید، چون ممکن است باعث سوختگی دست و یا آتش‌سوزی شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

تجهیزات فردی:

تجهیزات فردی شامل لباس کار، شلوار کار، پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، کفش چرمی، پابند و عینک جوش کاری و کلاه ایمنی است (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

لباس کار جوش کار: موقع جوش کاری با شعله اکسی استلین باید روپوش و پیش بند با لباس کار پوشید، چون جرقه ها و ذرات فلزی مذاب در موقع کار به سمت جوش کار پرتاب می شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

در موقع جوش کاری از پوشیدن لباس های پشمی و نایلونی خودداری کنید.

نکته ایمنی



عینک جوش کاری:

شعله اکسی استیلین نور زیادی دارد و اگر بدون عینک مخصوص جوش کاری به آن نگاه کنیم، چشم دچار آسیب می‌شود. شیشه‌های عینک باید به قدر کافی تیره باشد. اصولاً این نوع شیشه‌ها از صفر تا چهارده شماره گذاری شده‌اند. در جدول ۴ نمره شیشه عینک و ماسک جوش کاری برای کارهای مختلف درج شده است و برای انتخاب شیشه عینک و ماسک باید مورد توجه باشد.



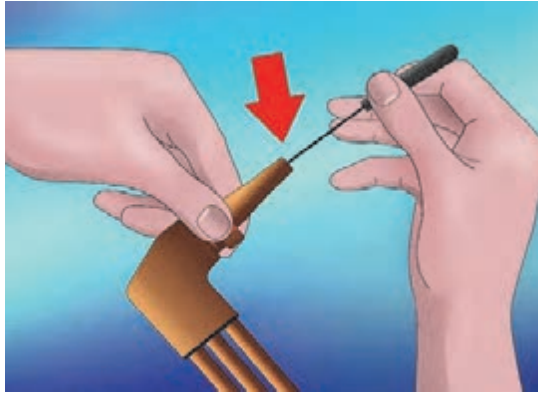
شکل ۲۴

جدول ۴

درصد اشعه‌های عبوری از شیشه			موارد استفاده	نمره شیشه
ماوراء بنفش	مادون قرمز	نور مرئی غیر مضر		
۱/۰۷۵ %	۸۷ %	۲۸ %	انعکاس نور شدید و گرمای قطعات	نمره ۲
۱/۰۳۵ %	۴۳ %	۱۶ %	لحیم نرم با شعله	نمره ۳
۰/۰۹۷ %	۰ %	۶/۵ %	لحیم سخت با شعله استیلین	نمره ۴
۰/۰۴۶ %	۰ %	۲ %	جوش کاری و برش کاری سبک استیلین	نمره ۵
۰ %	۰ %	۰/۸ %	استاندارد جوش کاری اکسی استیلین	نمره ۶
۰ %	۰ %	۰/۲۵ %	جوش کاری سنگین - برش کاری و جوش کاری برق تا ۷۵ آمپر	نمره ۸
۰ %	۰ %	۰/۰۱۴ %	جوش کاری و برش کاری برق بین ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر	نمره ۱۰
۰ %	۰ %	۰/۰۰۲ %	جوش کاری و برش کاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	نمره ۱۲
۰ %	۰ %	۰/۰۰۰۳ %	جوش کاری و برش کاری با الکتروود کربنی	نمره ۱۴

سوزن یا سوهان سر مشعل:

در موقع تنظیم شعله مشاهده می‌شود که شعله دو شاخه یا چند شاخه شده و یا طول شعله کوتاه است و خوب تنظیم نمی‌شود. دلیل آن وجود دوده و یا اکسیدهای درون سوراخ سر مشعل است که موقع کار به نازل چسبیده است. در این حالت لازم است سوراخ پستانک یا سوزن مناسب تمیز شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵

ایمنی در جوش کاری گاز

یکی از موضوعات مهم در جوش کاری که به ویژه مسئولان یک کارگاه جوش کاری باید دقیقاً به آن توجه کنند، نکات و دستورهای ایمنی است. حوادث و وقایع ناگواری که حین جوش کاری یا برش کاری اتفاق می‌افتد، دو دلیل عمده دارد:

- ۱- نداشتن دانش کافی نسبت به نکات ایمنی و بهداشتی
- ۲- سهل انگاری و بی توجهی نسبت به رعایت نکات ایمنی.

نکته ایمنی



هرگز با وسیله‌ای که روش کار آن را نمی‌دانید و آموزش آن را ندیده‌اید، کار نکنید.

- در جوش کاری گاز گرما به وسیله یک عمل شیمیایی تولید می‌شود و خطرات زیر را به دنبال دارد:
- ۱- هوای محیط صرف سوختن گازها در مخروط خارجی شعله می‌شود.
 - ۲- در نتیجه سوختن استیلن دی اکسید کربن به فضای جوش کاری می‌دهد.
 - ۳- اکسید ازت تشکیل می‌گردد و فضا را آلوده می‌کند.

نکته ایمنی



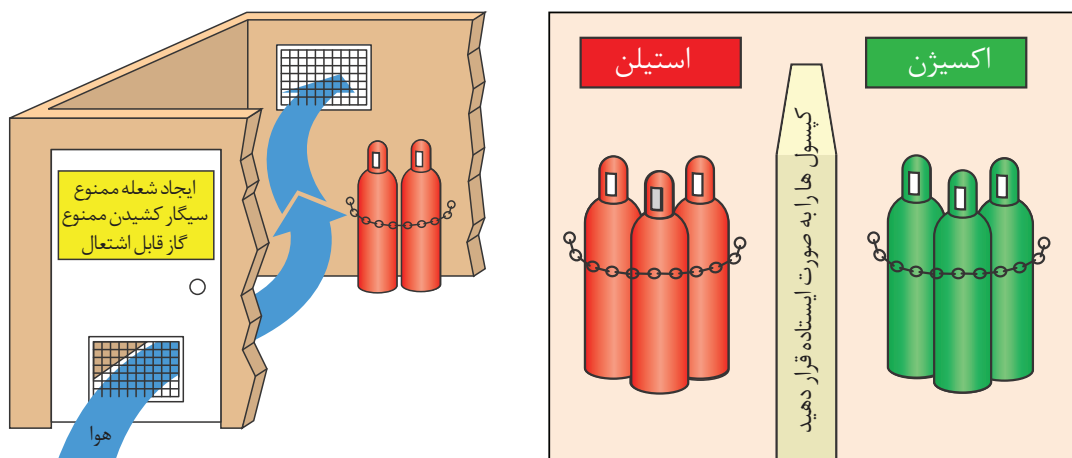
تهویه فضاهای بسته در هنگام جوش کاری بسیار ضروری است.

مکان‌هایی مانند مخازن و اتاقک‌ها در فرایند جوش کاری نیازمند تهویه مناسب هستند (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

- نور خروجی از شعله اکسی استیلن خیلی کمتر از قوس الکتریکی است. میزان نورهای ماوراءبنفش، مادون قرمز نیز نسبتاً کم است و نیازی به محافظت از صورت نیست.
- موقع استفاده از گازهای فشرده و قابل احتراق در جوش کاری رعایت نکات زیر الزامی است:
- ۱- هوای محل نگهداری کپسول‌های گاز باید تهویه شود.
 - ۲- کپسول‌هایی که در فضای باز قرار دارند باید از برف و یخ و تابش مستقیم آفتاب محافظت شوند.
 - ۳- روشنایی محل نگهداری کپسول‌های گاز باید به وسیله لامپ‌های ضدانفجار و کلیدهای برق استاندارد تأمین شود.
 - ۴- کپسول‌ها را دور از مواد سوختنی و وسایل ایجاد حرارت قرار دهید.
 - ۵- کپسول‌ها و مولدهای استیلن و ظروف حاوی کاربید را از جرقه و شعله جوش کاری و برش کاری دور نگه دارید.
 - ۶- در حمل کپسول‌ها دقت کنید. چنانچه در اثر بی احتیاطی به شیر فلکه آسیب برسد، گاز به سرعت از دهانه خارج می‌شود و کپسول مانند جت عمل می‌کند و خطرات زیادی به بار می‌آورد.
 - ۷- هیچ وقت کپسول‌های گاز را حتی زمان خالی بودن، بر روی زمین نگذرانید.
 - ۸- کپسول‌های گاز را در حالت ایستاده به صورت ایمن مهار کنید.



شکل ۲۷



شکل ۲۸

آماده سازی دستگاه برای جوش کاری

یک واحد جوش کاری گاز دارای تجهیزات زیر است:

- ۱- کپسول گاز
- ۲- مشعل جوش کاری
- ۳- تجهیزات فردی جوش کار
- ۴- کپسول اکسیژن
- ۵- دستگاه تقلیل و تنظیم فشار گاز
- ۶- شیلنگ ها



شکل ۲۹- یک واحد جوش کاری گاز

تجهیزات فوق می تواند در محل مناسبی استقرار یابد و یا روی اربابۀ دستی چرخ دار قرار گیرد.

در برخی کارگاه ها برای جوش کاری، گاز استیلن و اکسیژن توسط سامانه لوله کشی ثابت و از جنس فلز به محل کار می رسد و دستگاه های تقلیل فشار به لوله ها و یا سیلندرها وصل شده و فشار گاز در آنها به وسیله جوش کار تنظیم می گردد.

نصب و راه اندازی دستگاه جوش گاز:

قبل از شروع به جوش کاری لازم است دستگاه آماده به کار شود. در آماده سازی دستگاه های جوش گاز باید نکات ایمنی با دقت رعایت شود تا انفجار و حادثۀ ناگواری رخ ندهد.

مراحل انجام کار به شرح زیر است:

- ۱- رگولاتور اکسیژن را به کپسول اکسیژن و رگولاتور استیلن را به کپسول استیلن با آچار مناسب وصل کنید (شکل ۳۰).



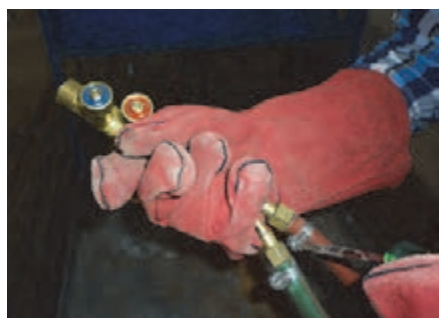
شکل ۳۰

۲- شیلنگ‌ها را با بست مخصوص به رگولاتور وصل کنید
(شکل ۳۱).



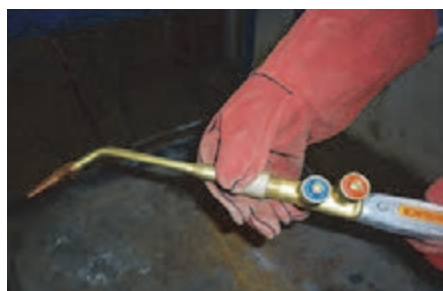
شکل ۳۱

۳- سر دیگر شیلنگ‌ها را با بست مخصوص به مشعل وصل کنید (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

۴- پستانک یا نازل مناسب را روی مشعل سوار کنید. دقت کنید جهت نازل و حالت شیرها به طرز صحیح قرار گیرند (شکل ۳۳).



شکل ۳۳

۵- شیرهای مشعل را کاملاً ببندید.
۶- پیچ تنظیم فشار رگولاتورها را شل کنید.
۷- شیر خروجی کپسول اکسیژن را به آرامی باز کنید
(شکل ۳۴).



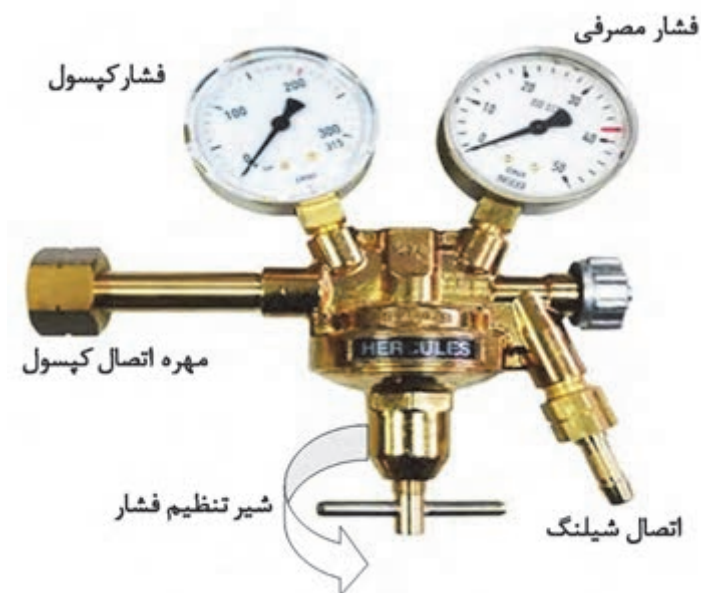
شکل ۳۴

۸- فشارسنج اول نشان دهنده فشار درون کپسول است و فشارسنج دوم، فشار درون شیلنگ را نشان می دهد. به وسیله شیر تنظیم فشار (رگلاتور) فشار درون شیلنگ اکسیژن را تنظیم کنید (شکل ۳۵).



شکل ۳۵

۹- به آرامی و فقط نیم تا یک دور شیر خروجی سیلندر استیلن را باز کنید.
۱۰- فشارسنج اول نشان دهنده فشار درون کپسول است و فشارسنج دوم، فشار درون شیلنگ را نشان می دهد. به وسیله شیر تنظیم فشار (رگلاتور) فشار درون شیلنگ استیلن را تنظیم کنید (شکل ۳۶).



شکل ۳۶



هنرجویان دستگاه جوش کاری گاز را برای جوش کاری آماده کنند.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: کپسول اکسیژن، کپسول استیلن، رگلاتور، وسایل ایمنی جوش کاری	بالاتر از حد انتظار	۱- شیوه تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را بدانند. ۲- وسایل و لوازم جوش کاری گاز را بشناسند. ۳- دستگاه جوش کاری گاز را برای جوش کاری آماده سازند. ۴- نکات ایمنی قبل و در حین جوش کاری را بدانند و رعایت کنند.	۳
			در حد انتظار	۱- شیوه تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را بدانند. ۲- وسایل و لوازم جوش کاری گاز را بشناسند. ۳- نکات ایمنی قبل و در حین جوش کاری را بدانند و رعایت کنند.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- وسایل و لوازم جوش کاری گاز را بشناسند. ۲- نکات ایمنی قبل و در حین جوش کاری را بدانند و رعایت کنند.	۱

جوش کاری گاز بدون مفتول

روشن کردن مشعل جوش کاری (تنظیم شعله)

موقع روشن کردن مشعل باید اطمینان داشته باشیم که گاز اکسیژن و استیلن برای مصرف آماده‌اند. برای این منظور شیر اکسیژن مشعل را باز می‌کنیم و با استفاده از پیچ تنظیم فشار اکسیژن را بین یک تا سه بار (Bar) تنظیم می‌کنیم، بعد به آرامی شیر اکسیژن را می‌بندیم. به همین صورت در مورد استیلن عمل می‌کنیم و فشار استیلن را بین یک دهم تا یک بار تنظیم می‌کنیم.

حال با اعتماد اقدام به روشن کردن مشعل می‌کنیم. اول شیر استیلن را باز می‌کنیم و فندک می‌زنیم. گاز استیلن با شعله زرد رنگی همراه با دود و دوده می‌سوزد. در اینجا گاز استیلن برای سوختن از اکسیژن هوا استفاده می‌کند.

حال به آرامی شیر اکسیژن را باز می‌کنیم. شعله به رنگ زرد روشن تبدیل می‌شود. بسته به مقدار اکسیژن سه نوع شعله به شرح زیر خواهیم داشت:

شعله احیاکننده:

در صورتی که مقدار گاز اکسیژن از گاز استیلن کمتر باشد، شعله به سه قسمت کاملاً مجزا دیده خواهد شد که به آن شعله احیاکننده گویند.

این‌گونه سوختن گاز را احتراق ناقص گویند که راندمان حرارتی آن کم است و برای جوش کاری فولادهای معمولی مناسب نیست. ممکن است برای گرم کردن و جوش کاری فلزاتی که زود اکسید می‌شوند، به کار رود (شکل ۳۷).

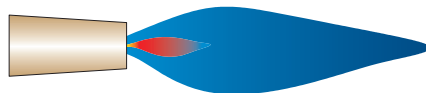


شکل ۳۷

شعله خنثی:

اگر به شعله احیا آرام آرام اکسیژن اضافه کنیم یا گاز استیلن را کم کنیم، قسمت وسطی شعله (مخروط وسطی) کوتاه و کوتاه‌تر می‌شود و بالاخره از بین می‌رود. درست زمانی که شعله دو قسمتی می‌شود، شعله خنثی تشکیل شده است. در این حالت هر دو گاز به نسبت مساوی تنظیم شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، احتراق کامل است و برای سوختن یک حجم استیلن به طور کامل $\frac{2}{5}$ حجم اکسیژن لازم است که یک حجم به صورت مخلوط با استیلن از مشعل خارج می‌گردد و مابقی از هوا تأمین می‌شود.

گازهای حاصل از سوخت، دی‌اکسید کربن و بخار آب دیگر هیچ میلی به ترکیب با اکسیژن ندارند؛ به همین دلیل شعله را خنثی گویند. این شعله حرارت بالاتری دارد و برای جوشکاری فولادها مناسب است. البته باید دقت کرد که شعله درست تنظیم شود و اکسیژن اضافی نداشته باشد. برای این منظور همیشه اول باید شعله احیا را که دارای سه قسمت است، به وجود بیاوریم، سپس آن را به شعله خنثی تبدیل می‌کنیم (شکل ۳۸).



شکل ۳۸

شعله اکسیدکننده:

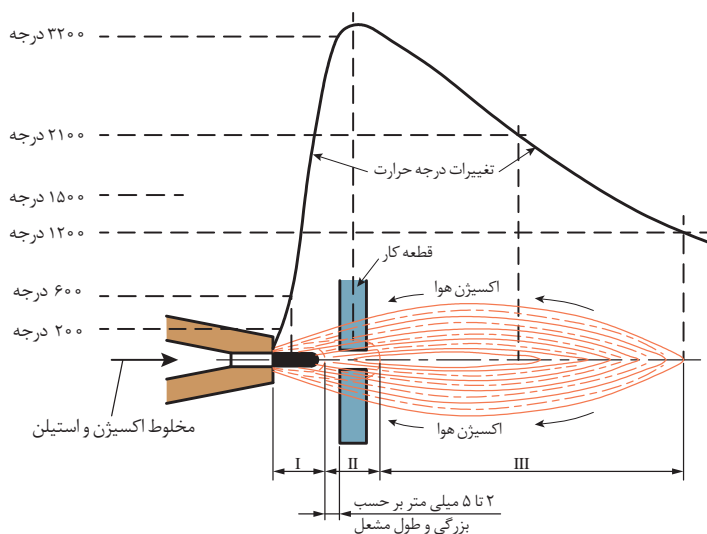
چنانچه به شعله خنثی باز هم اکسیژن بدهیم، به عبارت دیگر مقدار اکسیژن بیشتر از گاز استیلن باشد، شعله حاصل اکسیدکننده است.

در این شعله مخروط اولی باریک و کوتاه می‌گردد و مخروط خارجی هم کوتاه می‌شود و صدای شعله بیشتر از حالت خنثی است (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

چنانچه با این شعله روی ورق‌های فولادی جوش کاری کنیم، به دلیل اکسیده شدن فولاد، جرقه‌هایی به اطراف پراکنده می‌شود و جوش حاصل شکننده می‌شود. این شعله در مواردی که بخواهیم روی ورق‌های نازک سوراخ ایجاد کنیم، ممکن است به کار رود و در جوش کاری به ندرت کاربرد دارد. بیشترین درجه حرارت شعله به فاصله ۳ تا ۵ میلی‌متری مخروط اول است. نقاط نزدیک‌تر به مشعل و نقاط دورتر از این فاصله درجه حرارت کمتری دارند (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

ذوب سطحی

جوش بدون مفتول که روی اوراق فلزی تا ضخامت ۲ میلی‌متری اجرا می‌شود، باید طوری صورت گیرد که سطح جوش کاملاً صاف و به اندازه کمی گود باشد. به همین نسبت سمت دیگر کار گردهای جوش به عرض کمتر

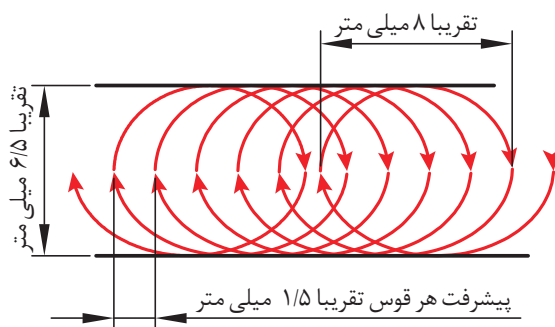
از روی جوش به صورت یکنواخت به وجود می‌آیند. به نحوی که اگر جوش صاف کاری شود، هیچ‌گونه برآمدگی یا فرورفتگی در طرفین کار باقی نمی‌ماند. برای انجام ذوب سطحی لازم است که قدرت مشعل متناسب با ضخامت ورق باشد. معمولاً برای هر میلی‌متر ضخامت ورق باید ۱۰۰ لیتر در ساعت استیلن مصرف شود. با استفاده از جدول ۵ می‌توان با توجه به ضخامت ورق نوع پسانک مورد استفاده مقدار مصرف هر گاز و سرعت جوش کاری را تعیین کرد.

جدول ۵

ضخامت ورق میلی‌متر	پسانک مورد استفاده	زمان برای یک متر بر حسب دقیقه	سرعت (متر بر ساعت)	گاز لازم برای یک متر جوش	
				استیلن به لیتر	اکسیژن به لیتر
۰/۸	۷۰	$2\frac{1}{2}$	۲۴	۳	۳/۶
۱	۱۰۰	۳	۲۰	۵	۶
۱/۲	۱۰۰	$3\frac{3}{4}$	۱۶	۷/۵	۹
۱/۵	۱۴۰	$4\frac{1}{3}$	۱۴	۱۱	۱۳
۲	۲۰۰	۵	۱۲	۱۸	۴۲

زاویه و حرکت مشعل در اجرای ذوب سطحی:

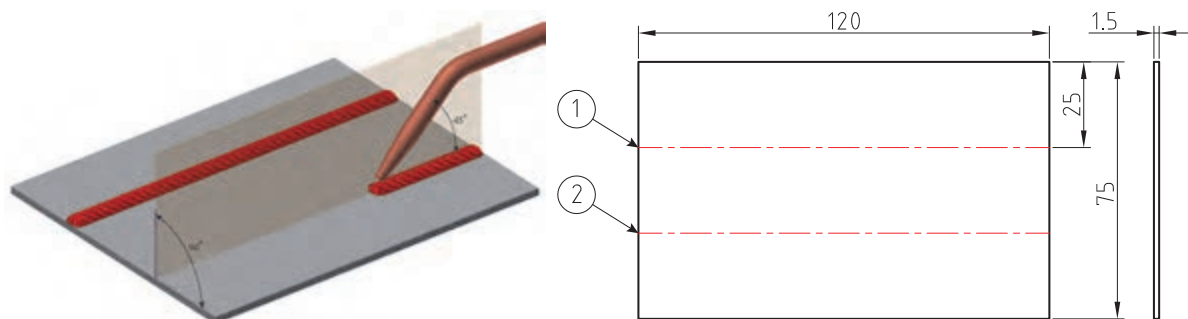
زاویه مشعل نسبت به سطح کار هنگام شروع و تشکیل حوضچه مذاب در حدود ۶۰ تا ۷۰ درجه و در موقع ذوب سطحی حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه است. شعله پشت مذاب با حرکت نوسانی مطابق شکل ۴۱ حرکت می‌نماید و موج‌های صاف روی کار ایجاد می‌کند و فرورفتگی‌ای که قبلاً اشاره شد، ایجاد می‌شود. روش ذوب بدون مفتول روی ورق‌های نازک فولادی کاملاً رضایت بخش است؛ به طوری که ناحیه جوش دارای استحکامی برابر با ۸۰ الی ۹۵ درصد ورق اصلی است. سرعت جوش کاری از روش‌های دیگر بیشتر و تغییر شکل‌هایی که روی ورق‌ها ایجاد می‌شود، بسیار کمتر خواهد بود. این روش علاوه بر حالت لب به لب، بر روی لبه‌های برگشته استفاده می‌شود.



شکل ۴۱



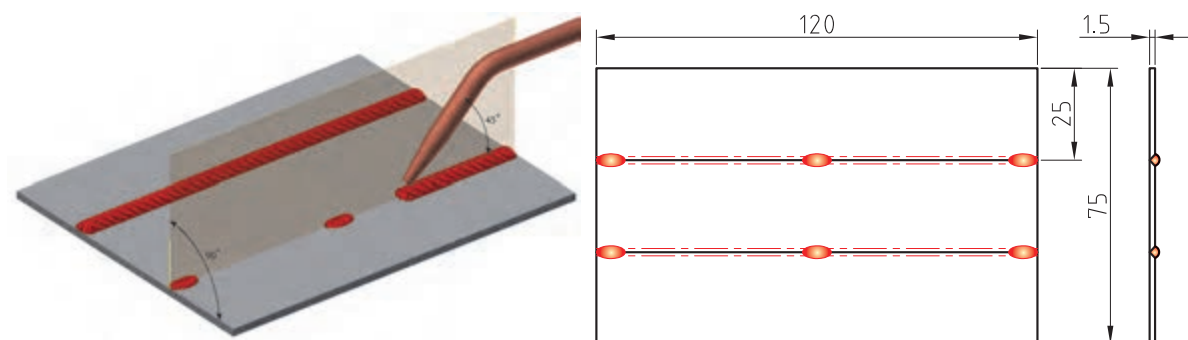
سه ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۷۵ \times ۱/۵$ میلی‌متر ببرید و شکل ۴۲ را بر آن پیاده نمایید و جوش کاری کنید.



شکل ۴۲



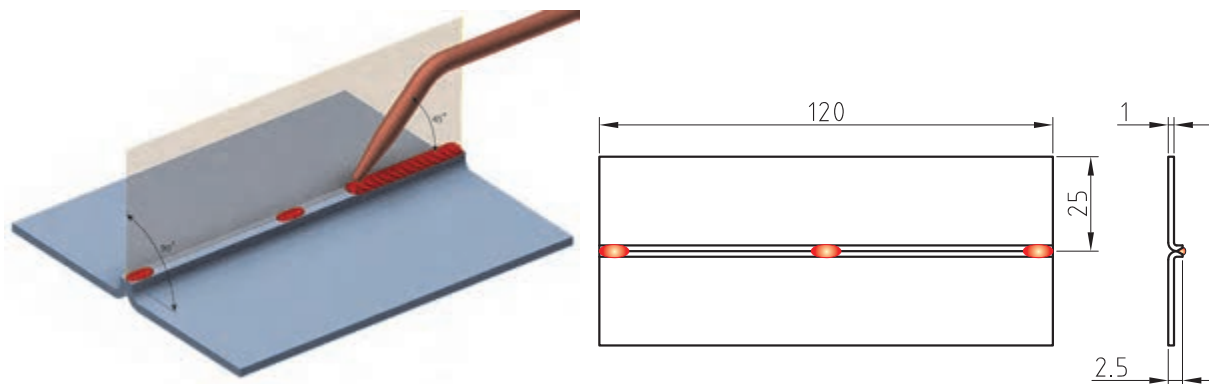
شش ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۷۵ \times ۱/۵$ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۴۳ خال جوش بزنید و سپس دو طرف را جوش کاری کنید.



شکل ۴۳



چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد $120 \times 25 \times 1$ میلی‌متر مطابق شکل ۴۴ ببرید و لبه‌های آنها را به اندازه $1/5$ میلی‌متر با زاویه 90° درجه خم بزنید. سپس لبه‌ها را جوش کاری کنید

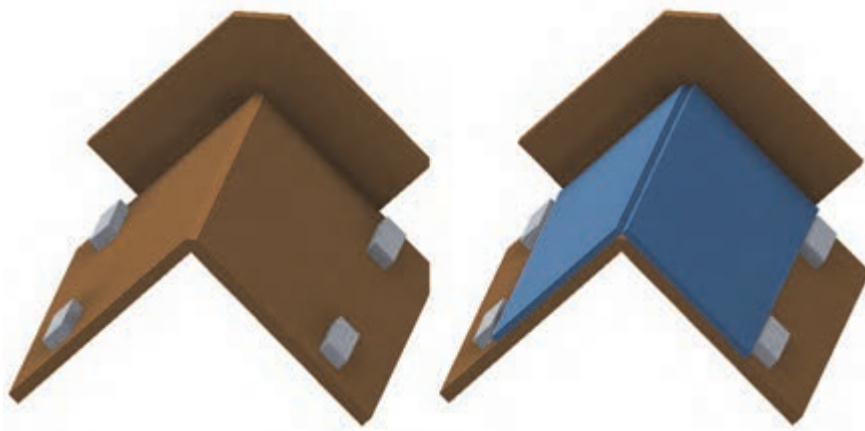


شکل ۴۴

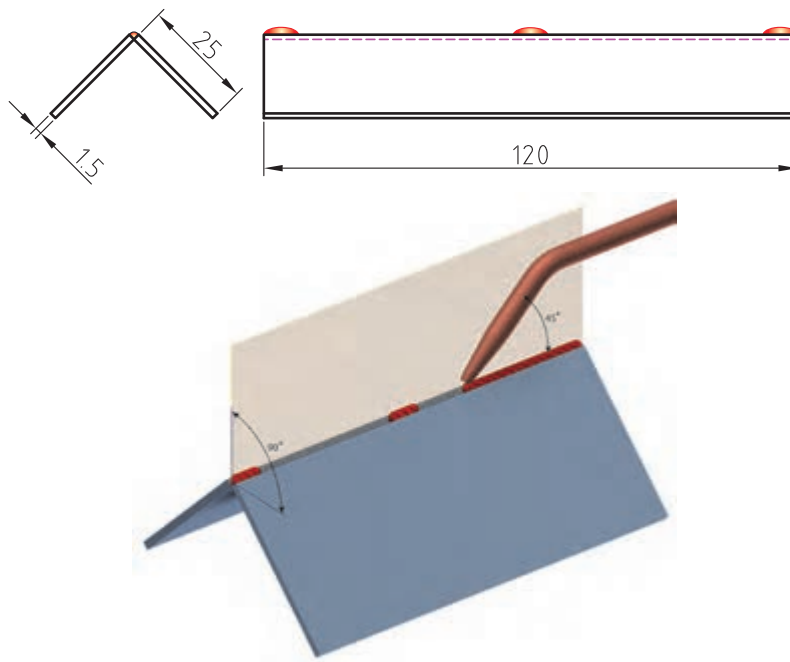
جوش زاویه خارجی (بدون مفتول)

جوش زاویه خارجی بدون مفتول برای ورق‌های تا ضخامت دو میلی‌متری معمول است. در این روش مانند ذوب سطحی عمل می‌شود؛ منتهی قدرت مشعل ۲۵ درصد کمتر از حالت ذوب سطحی است و برای هر میلی‌متر ضخامت، ۷۵ لیتر استیلن در ساعت در نظر گرفته می‌شود.

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد $120 \times 25 \times 1/5$ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۴۶ به کمک محکم‌کننده شکل ۴۵ خال جوش بزنید و سپس جوش کاری کنید.



شکل ۴۵- نوعی فیکسچر برای ثابت نگهداشتن زاویه



شکل ۴۶

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	جوش کاری گاز بدون مفتول	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: واحد جوش کاری گاز، وسایل ایمنی فردی و قطعه کار	بالاتر از حد انتظار	۱- انواع شعله را بشناسد. ۲- بتواند خط جوش ایجاد کند. ۳- جوش لب‌به‌لب را انجام دهد. ۴- جوش گوشه را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- انواع شعله را بشناسد. ۲- بتواند خط جوش ایجاد کند. ۳- جوش لب‌به‌لب را انجام دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- انواع شعله را بشناسد. ۲- بتواند خط جوش ایجاد کند.	۱

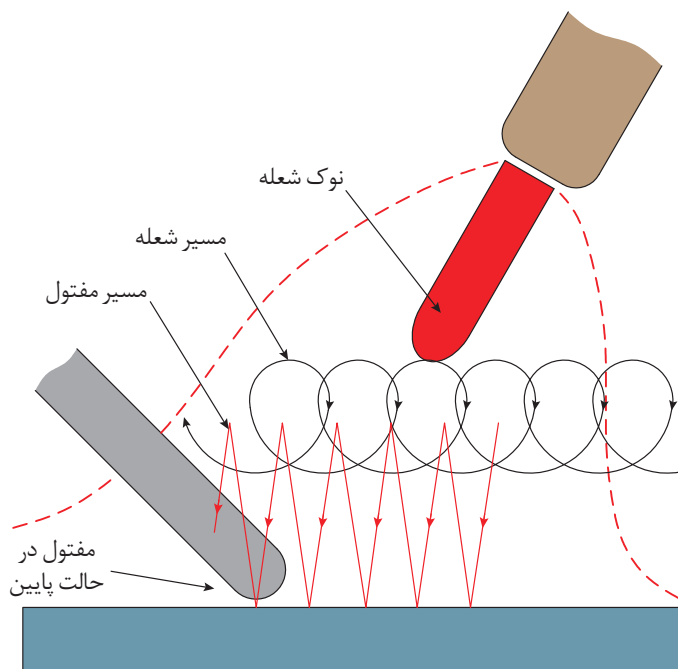
جوش کاری گاز با مفتول مسی (مسوار)

جوش گاز روی ورق های نازک فولادی به ضخامت ۲ میلی متر

در این روش جوش کاری با یک دست مشعل را می گیرند و حوضچه مذاب تشکیل می گردد و با دست دیگر مفتول به حوضچه مذاب هدایت می کنند. جنس مفتول مسوار از فولاد کم کربن است که لایه نازکی از مس روی آن را پوشانده است.

ایجاد گرده جوش روی ورق فولاد کم کربن با ضخامت ۱/۵ میلی متر

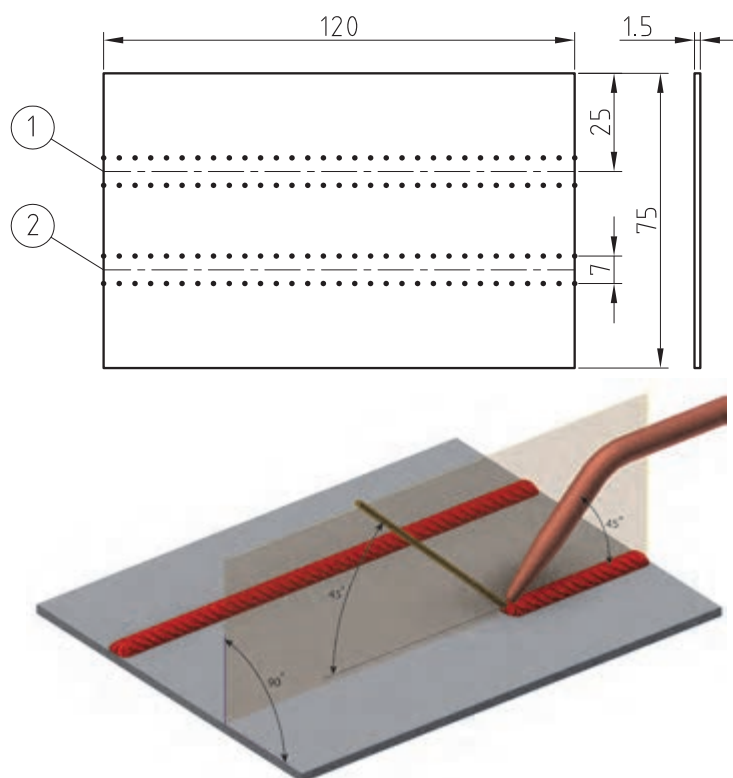
با استفاده از مفتول پرکننده می توان گرده جوش کاملاً صاف و یکنواخت به دست آورد. یاد گرفتن این روش خیلی آسان است. سرعت این نوع جوش کاری از جوش کاری بدون مفتول کندتر است و مصرف گاز بیشتر از حالت قبلی است. در شکل ۴۷ مشاهده می شود که مشعل حرکت دورانی دارد و مفتول مسوار حرکت نوسانی وقتی که بالا می آید به نوک مخروط نزدیک می شود و در موقع پایین آمدن وارد حوضچه مذاب می شود. با این عمل هر بار مقداری از مفتول ذوب و به حوضچه مذاب اضافه می شود و گرده جوش تشکیل می دهد.



شکل ۴۷



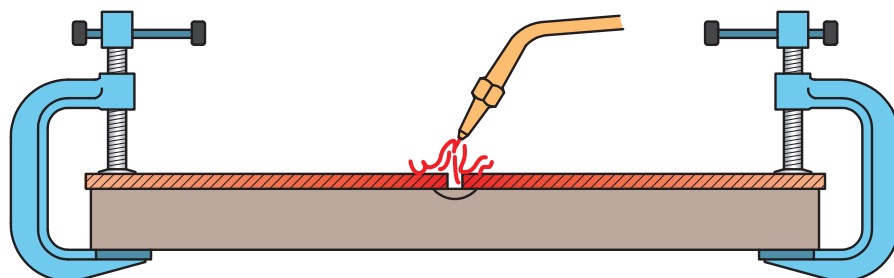
سه ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۷۵ \times ۱/۵$ میلی‌متر ببرید و شکل ۴۸ را بر آن پیاده نمایید و جوش کاری کنید.



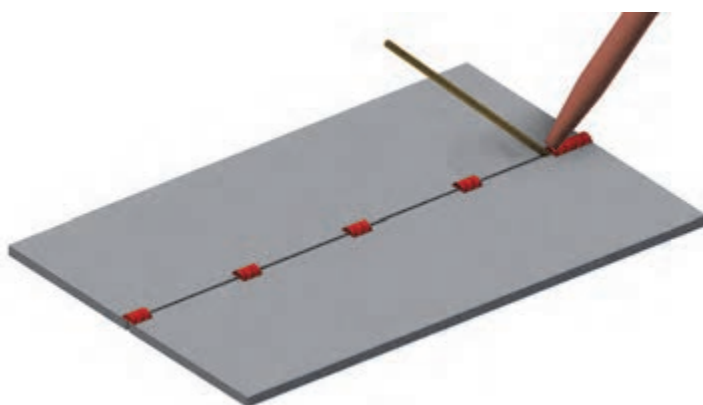
شکل ۴۸

خال جوش زدن قطعات

برای ثابت کردن قطعات جوش کاری، بهترین وسیله خال جوش زدن است که به فواصل معینی انجام می‌شود. این فواصل با توجه به ضخامت قطعات تعیین می‌شود که برای جوش کاری سطحی به صورت زیر اقدام می‌گردد: در ورق‌ها با ضخامت کمتر از ۵ میلی‌متر فاصله خال جوش‌ها ۳۰ برابر ضخامت ورق است و در ورق‌های با ضخامت بیش از ۵ میلی‌متر فاصله خال جوش‌ها ۲۰ برابر ضخامت آنهاست. در ضمن قطعاتی که دارای پخ ۷ شکل هستند، از پشت خال جوش می‌شوند. خال جوش معمولاً از وسط کار شروع می‌شود و به طور متناوب یکی چپ و بعدی راست، با فاصله تعیین شده، خال جوش زده می‌شود؛ به نحوی که همیشه شعله متوجه قسمت‌های خال جوش نخورده کار باشد. البته بدون خال جوش زدن و با استفاده از وسایل نگهدارنده و محکم‌کننده (فیکسچر) می‌توان قطعات را به هم جوش داد (شکل‌های ۴۹ و ۵۰).



شکل ۴۹



شکل ۵۰

جوش لب به لب در حالت سطحی

ورق هایی که ضخامت آنها از ۰/۷۵ تا ۳ میلی متر است، بدون پخ زدن در حالت سطحی جوش کاری می شوند. روش کار بدین صورت است که قطعات را به هم خال جوش می زنند و در محل مناسب برای جوش کاری قرار می دهند. در این نوع جوش کاری، شعله به طرف قسمت جوش نخورده کار متمایل است و مفتول در جلوی شعله از راست به چپ با سرعت یکنواخت پیشروی می کند. شعله و مفتول در صفحه ای عمود بر خط جوش قرار می گیرند. زاویه بین مفتول و شعله ۹۰ درجه است و زاویه مشعل و مفتول نسبت به کار هر کدام ۴۵ درجه است (برای افراد چپ دست جوش کاری از چپ به راست با همین زوایا معمول است). قدرت شعله با توجه به ضخامت قطعه تغییر می کند. برای هر میلی متر ضخامت ورق مشعل با میزان مصرف هر میلی متر ۱۰۰ لیتر در ساعت استیلین در نظر گرفته می شود. قطر مفتول جوش نیز یک میلی متر بیش از نصف ضخامت ورق انتخاب می شود.

$$D = \frac{e}{2} + 1 \text{ mm}$$

در این فرمول D قطر مفتول پرکننده درز بر حسب میلی متر و e ضخامت ورق بر حسب میلی متر است.

برای جوش کاری ورق با ضخامت ۲/۵ میلی متر باید قطر مفتول چقدر باشد؟

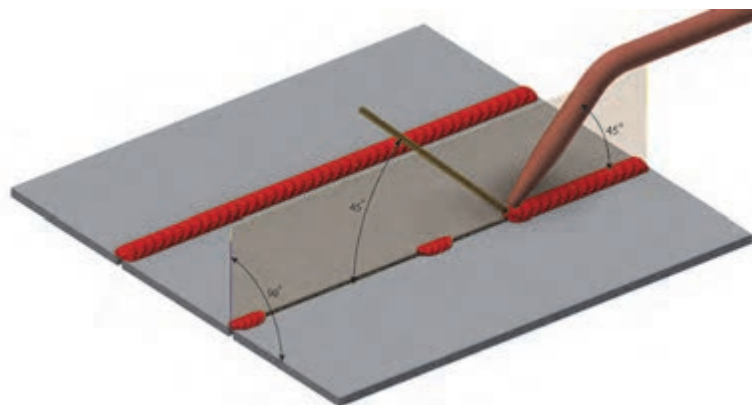
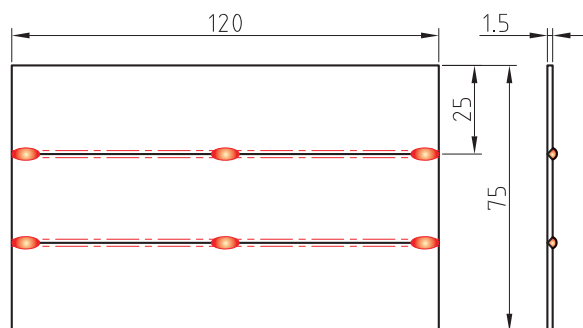


جدول ۶- تعیین پارامترها در جوش کاری لب به لب در حالت سطحی

ضخامت ورق به میلی متر	شماره پستانک	قطر مفتول به میلی متر	زمان برای یک متر بر حسب دقیقه	سرعت (متر بر ساعت)	مواد لازم برای یک متر جوش		
					استیلن به لیتر	اکسیژن به لیتر	مفتول به گرم
۱	۱۰۰	۲	۵	۱۲	۸/۵	۱۰	۲۰
۱/۵	۱۴۰	۲	۷/۵	۸	۱۹	۲۲	۳۵
۲	۲۰۰	۳	۱۰	۶	۳۵	۴۲	۵۰
۲/۵	۲۵۰	۳	۱۲	۴/۷	۴۸	۵۷	۶۵
۳	۳۱۵	۳	۱۵	۴	۷۵	۹۰	۹۰

شش ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۱/۵$ میلی متر ببرید و مطابق شکل ۵۱ خال جوش بزنید، سپس دو طرف را جوش کاری کنید.

فعالیت کارگاهی



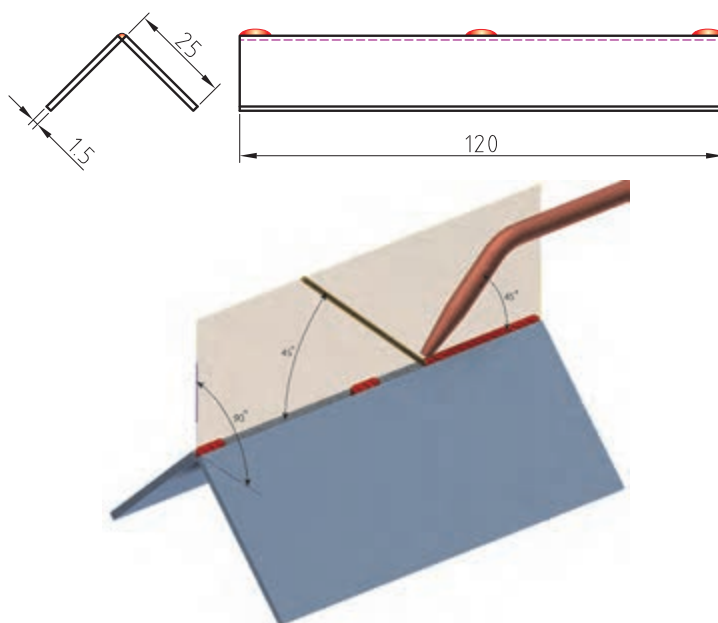
شکل ۵۱

جدول ۷ - قطر مفتول و دیگر پارامترهای جوش کاری زاویه ای

مواد لازم برای یک متر جوش			سرعت (متر بر ساعت)	زمان برای یک متر بر حسب دقیقه	قطر مفتول به میلی متر	پستتاک مورد لزوم	ضخامت ورق به میلی متر
مفتول به گرم	اکسیژن به لیتر	استیلن به لیتر					
۱۵	۷	۶	۱۲	۵	۱/۵	۷۰	۱
۳۰	۲۴	۲۰	۷/۵	۸	۲	۱۴۰	۲
۶۰	۵۴	۴۵	۵	۱۲	۳	۲۰۰	۳
۱۰۰	۹۶	۸۰	۳/۷۵	۱۶	۳	۳۱۵	۴
۱۶۰	۱۵۰	۱۲۵	۳	۲۰	۴	۴۰۰	۵
۲۵۰	۲۴۰	۲۰۰	۲/۵	۲۴	۴	۵۰۰	۶
۴۰۰	۳۸۰	۳۲۰	۱/۸۵	۳۲	۴	۶۳۰	۸
۷۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۱/۵	۴۰	۵	۸۰۰	۱۰

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۲$ میلی متر ببرید و مطابق شکل ۵۲ خال جوش بزنید، سپس جوش کاری کنید.

فعالیت
کارگاهی



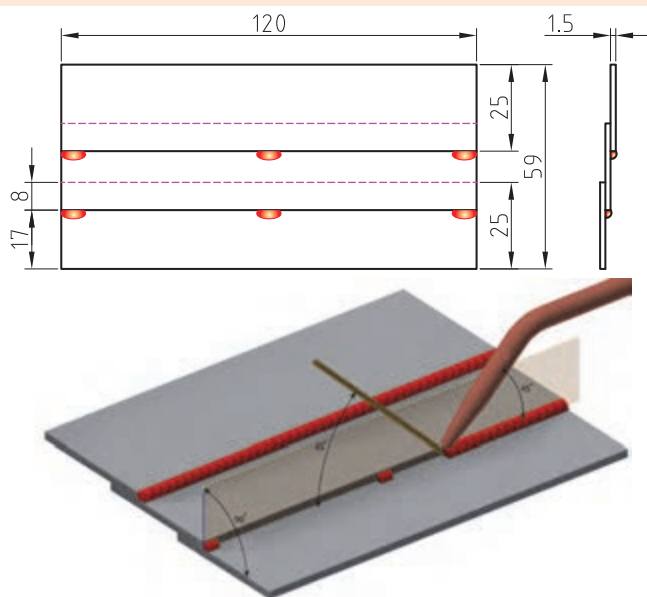
شکل ۵۲



جوش کاری لب روی هم

در جوش کاری حالت سطحی، معمولاً درز جوش به شکل لب به لب، لب روی هم، گونیایی یا سپری است. در جوش کاری لب روی هم، لبه قطعات باید کاملاً صاف باشد تا لبه ها کنار هم قرار گیرد و بین آنها فاصله ایجاد نشود. ورق هایی تا ضخامت ۳ میلی متر را می توان با این روش جوش کاری کرد. اندازه پستانک و سایر پارامترها مانند جوش لب به لب است.

شش قطعه از ورق فولادی به ابعاد $120 \times 25 \times 1.5$ میلی متر ببرید و مطابق شکل ۵۳ خال جوش بزنید، سپس جوش کاری کنید.



شکل ۵۳

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۳	جوش کاری گاز با مفتول مسوار	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: واحد جوش کاری گاز، مفتول مسوار و وسایل ایمنی فردی و قطعه کار	بالاتر از حد انتظار	۱- جوش لب به لب را انجام دهد. ۲- جوش گوشه را انجام دهد. ۳- جوش لب روی هم را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- جوش لب به لب را انجام دهد. ۲- جوش گوشه را انجام دهد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- جوش لب به لب را انجام دهد.	۱

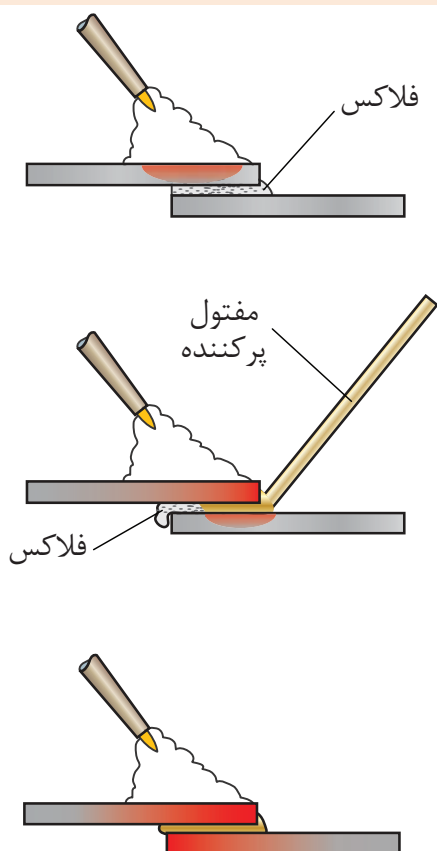
جوش کاری گاز با مفتول برنجی

جوش زرد برای اتصال فلزات مشابه و یا غیرهم جنس به کار می رود و روشی است مابین جوش کاری و لحیم کاری سخت. مقاومت این جوش از لحیم سخت بیشتر است و با شعله گاز و در حرارتی حدود ۸۸۰ الی ۹۵۰ درجه سانتی گراد اجرا می شود؛ بدین طریق که سطح لبه های مورد اتصال حرارت داده شده است (تا درجه حرارت ذوب مفتول و پایین تر از نقطه ذوب قطعه کار) سپس با حضور فلاکس مفتول که غالباً آلیاژهای مس (برنج و برنز) هستند، ذوب در محل درز رسوب داده می شود (شکل ۵۴).

بحث کلاسی



تفاوت جوش زرد با روش های دیگر جوش کاری در چیست؟



شکل ۵۴- مراحل مختلف جوش با مفتول برنجی

مفتول های جوش برنج

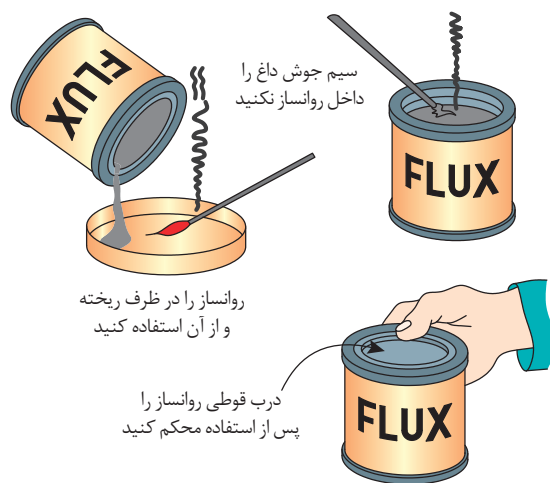
چندین نوع مفتول جوش برنج موجود است که مشهورترین آنها برنج است، متشکل از ۶۰ درصد مس و ۴۰ درصد روی است که برای افزایش برخی خواص فیزیکی و شیمیایی آن عناصری از قبیل سیلیسیم، قلع، منگنز، آهن و نیکل به آن افزوده می شود.

جدول ۸- مفتول‌های برنجی

درجه ذوب °f	درجه ذوب °C	استحکام کششی		درصد عناصر آلیاژی					مشخصات مفتول استاندارد AWS
		ksi	MPa	Ni	Fe	Sn	Zn	Cu	
۱۶۵۰	۹۰۰	۴۰	۲۷۵	-	-	۱	۳۹	۶۰	RBcuzn-A
۱۶۳۰	۸۹۰	۵۰	۳۴۴	۰/۵	۱	۱	۳۷/۵	۶۰	RBcuzn-B
۱۶۳۰	۸۹۰	۵۰	۳۴۴	-	۱	۱	۳۸	۶۰	RBcuzn-C
۱۷۱۵	۹۳۵	۶۰	۴۱۳	۱۰	-	-	۴۰	۵۰	RBcuzn-D

فلاکس‌ها و روان‌سازهای جوش زرد

اغلب فلزها در درجات حرارت نزدیک ذوب آمادگی اکسید شدن را دارند. برای جلوگیری از اکسیداسیون و همچنین برای تمیز کردن شیمیایی سطح فلز و روان کردن فلز (تسهیل در جاری شدن مذاب بر روی قطعه کار) موقع جوش برنج از فلاکس استفاده می‌شود که به آنها روان‌ساز یا تنه کار هم گفته می‌شود. روان‌سازها به اشکال مختلف (پودر، خمیر، و گاز) ساخته می‌شوند که معمول‌ترین آنها به صورت پودر است. نکاتی که در هنگام استفاده از روان‌سازهای پودری باید رعایت شود، در شکل ۵۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵۵

برای رساندن فلاکس به موضع اتصال راه‌های مختلفی وجود دارد:

الف) گرم کردن مفتول جوش و فروبردن آن به داخل فلاکس. در این حالت مقداری روان‌ساز به مفتول می‌چسبد و در هنگام جوش کاری به موضع اتصال منتقل می‌شود.

ب) استفاده از مفتول‌های جوش برنجی پوشش‌دار شبیه الکتروود روپوش‌دار برق.

پ) اضافه کردن پودر یا مایع بر روی مسیر اتصال.

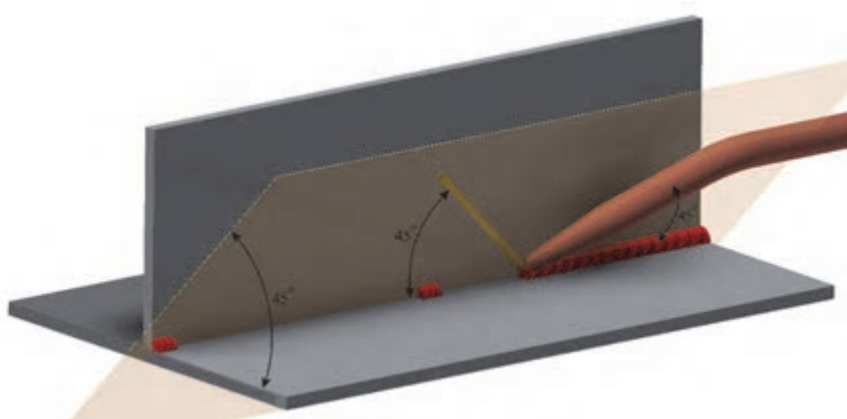
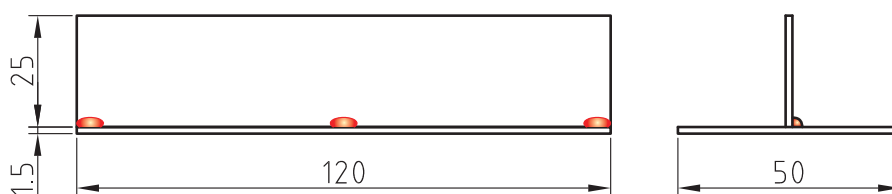
ت) اتصال تنه کار به موضع جوش همراه با گازهای مصرفی.

جوش کاری گاز

ورق‌های فولادی کم‌کربن قابلیت خوبی برای جوش برنج دارند. برای جوش لب‌به‌لب و یا جوش لب روی هم به ازای هر میلی‌متر قطعه ۵۰ تا ۶۰ لیتر استیلین و برای جوش زاویه داخلی ۷۵ الی ۸۰ لیتر استیلین در ساعت باید به مصرف برسد. در جوش زرد قطر مفتول $3/4$ ضخامت قطعه کار در نظر گرفته می‌شود. جوش برنج به دلیل پایین بون درجه حرارت جوش کاری در ورق‌ها و لوله‌های گالوانیزه به طور گسترده کاربرد دارد. چون فلز روی که به عنوان روکش ورق‌های گالوانیزه به کار رفته است، در برابر حرارت کمتر اکسید می‌شود و مقاومت در مقابل خوردگی آن حفظ می‌گردد. جوش برنج در جوش کاری چدن و قطعات مسی و لوله‌های مسی به راحتی مورد استفاده است.

دو قطعه از ورق فولاد کم‌کربن با ابعاد $120 \times 25 \times 1.5$ و $120 \times 25 \times 1.5$ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۶ خال‌جوش بزنید، سپس جوش کاری کنید.

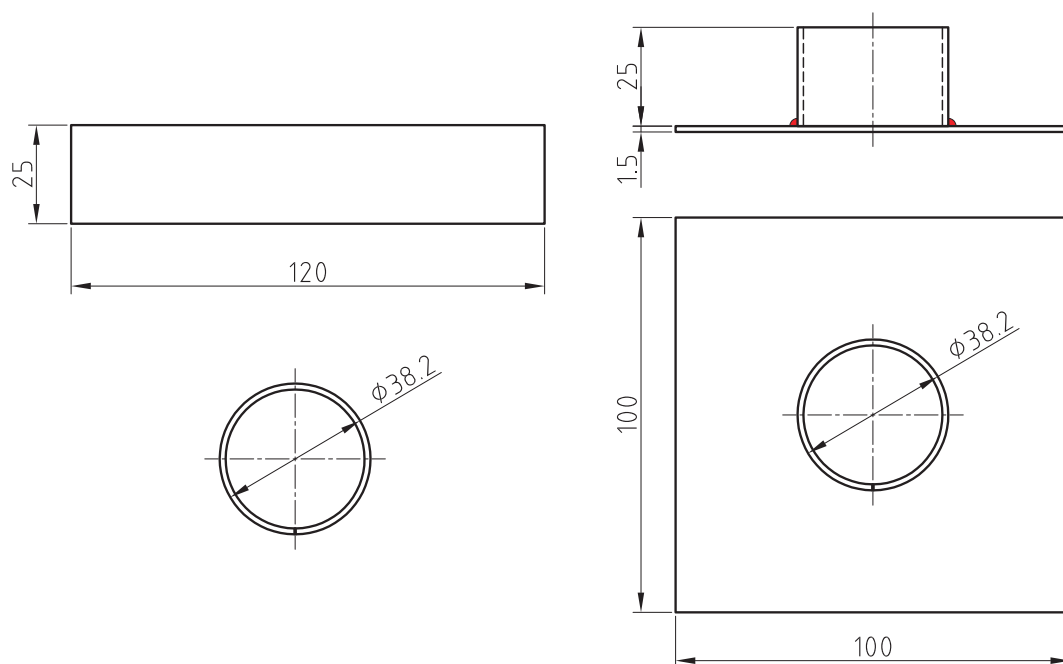
فعالیت
کارگاهی



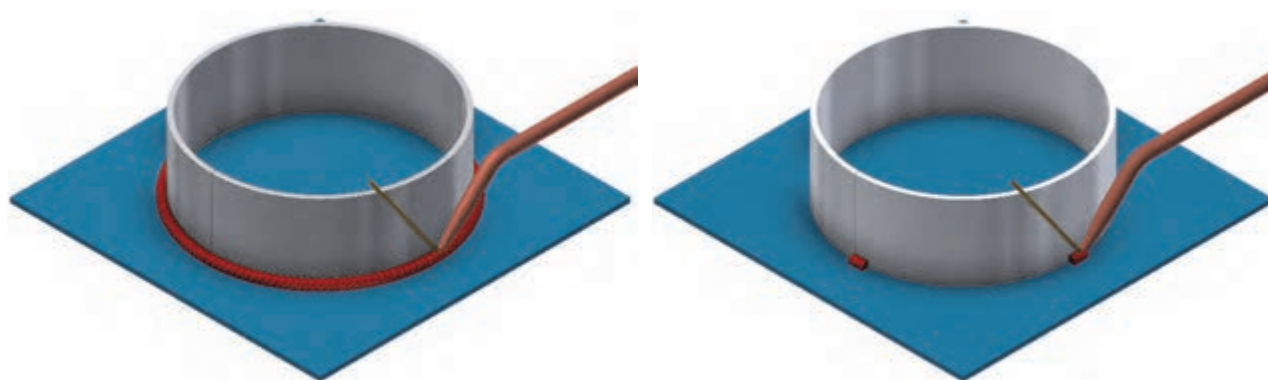
شکل ۵۶



دو قطعه از ورق فولاد با ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۱/۵$ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۷ به وسیله لبه گرد سندان به صورت استوانه درآورید و لبه‌های آن را با جوش ذوبی متصل کنید. سپس دو قطعه ورق به ابعاد $۱۰۰ \times ۱۰۰ \times ۱/۵$ ببرید و مطابق شکل ۵۸ با مفتول برنجی به استوانه با جوش دهید.



شکل ۵۷



شکل ۵۸

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۴	جوش کاری گاز با مفتول برنجی	مکان: کارگاه جوش کاری ابزار: واحد جوش کاری گاز، مفتول برنجی و وسایل ایمنی فردی و قطعه کار	بالاتر از حد انتظار	۱- جوش سپری را انجام دهد. ۲- تولید کردن لوله با ورق توسط جوش ذوبی ۳- جوش سپری لوله را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- جوش سپری را انجام دهد. ۲- تولید کردن لوله با ورق توسط جوش ذوبی	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- جوش سپری را انجام دهد.	۱

ارزشیابی برش کاری ورق فلزی

شرح کار:

شناسایی و راه اندازی دستگاه جوش گاز
جوش کاری گاز بدون مفتول
جوش کاری گاز با مفتول مسوار
جوش کاری گاز با مفتول برنجی

استاندارد عملکرد:

هنرجویان روش تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را فرامی گیرند و می توانند جوش کاری گاز اکسی استیلن را با دوروش بدون مفتول و با مفتول با رعایت تمامی نکات ایمنی انجام دهند.

شاخص ها:

- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ زدگی باشد
- برش قطعه کار طبق نقشه و نشانه گذاری لازم
- جوش کاری قطعه کار با رعایت نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: وسایل انتقال نقشه بر روی ورق، واحد جوش کاری گاز، وسایل ایمنی فردی، مفتول مسوار، مفتول برنج.

معیار شایستگی:

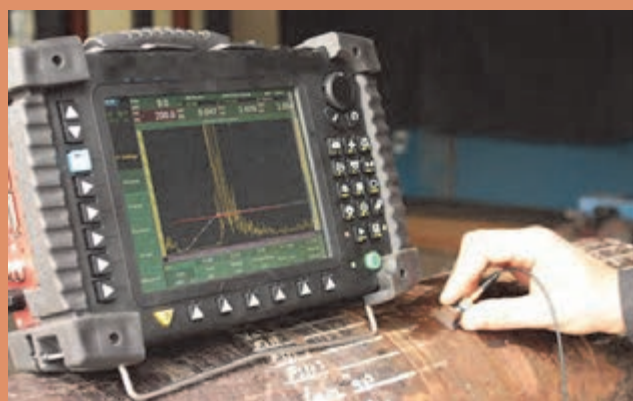
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی و راه اندازی دستگاه جوش گاز	۲	
۲	جوش کاری گاز بدون مفتول	۱	
۳	جوش کاری گاز با مفتول مسوار	۱	
۴	جوش کاری گاز با مفتول برنجی	۱	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی، و ...		۲	
۱- رعایت نکات ایمنی قبل و حین جوش کاری			
۲- تمیز کاری محل جوش کاری			
۳- رعایت نکات زیست محیطی و جمع آوری دورریزها			
میانگین نمرات			*

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



پودمان ۵

بازرسی جوش



واحد یادگیری ۵

بازرسی جوش

آیا تاکنون پی برده‌اید

- جوش نیز می‌تواند دارای عیب باشد؟
- چه روش‌هایی برای پیش‌گیری از عیوب جوش وجود دارند؟
- برای تشخیص عیوب جوش از چه روش‌هایی استفاده می‌شود؟

استاندارد عملکرد

پس از به پایان رساندن این واحد یادگیری، هنرجویان می‌توانند عیوب جوش را شناسایی کنند، راه‌های پیش‌گیری از بعضی عیوب جوش را به طور عملی انجام دهند و پس از جوش‌کاری تست چشمی و تست مایع نافذ را انجام دهند و با روش‌های انجام دیگر تست‌های جوش آشنا شوند.

شناسایی عیوب جوش

ساختار منطقه جوش

متداول ترین انواع جوش ها، جوش ذوبی است که دارای ۳ قسمت کاملاً مجزا به شرح زیر است:

- ۱- حوضچه مذاب
- ۲- منطقه تحت تأثیر حرارت (HAZ) یا تفتیده
- ۳- فلز مبنا (فلز مورد جوش کاری)

جدول زیر را کامل کنید.

کار در کلاس



ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	حوضچه مذاب	
۲	منطقه تحت تأثیر حرارت (تفتیده)	
۳	فلز مبنا	

فلز جوش که از انجماد حوضچه مذاب به دست آمده است تحت تأثیر گرما و نرخ سرد شدن، دچار تغییرات ساختاری اتمی و امتزاجی زیر می شود:

- تغییر خصوصیات مکانیکی
- افزایش تردی فلز جوش
- افزایش حساسیت در مقابل ترک خوردگی
- کاهش مقاومت در برابر خوردگی و زنگ زدگی

شدت این تغییرات و تأثیرات به نوع فرایند جوش کاری وابسته است.

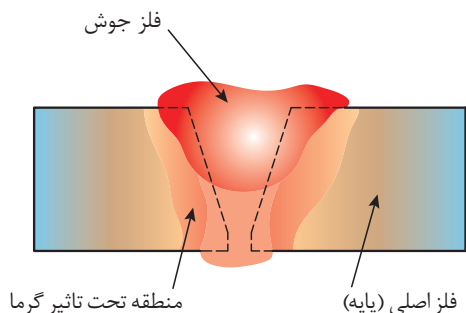
نکته



قسمت های مختلف منطقه جوش شده

قسمت های مختلف منطقه جوش شده مطابق (شکل ۱) عبارتند از:

- ۱ فلز جوش
- ۲ منطقه تحت تأثیر حرارت-HAZ
- ۳ فلز اصلی (فلز پایه)



شکل ۱

فلز جوش:

فلز جوش، آلیاژی از مذاب لبه‌ها و مذاب فلز پرکننده درز خواهد بود؛ مثلاً زمانی که یک الکتروود نیکلی برای جوشکاری چدن خاکستری به کار می‌رود، آلیاژ از فلز نیکل و فلز آهن و کربن خواهد بود که دارای ساختار FCC است و جذب آهن‌ربا نمی‌شود.

منطقه تحت تأثیر حرارت (HAZ):

منطقه کنار فلز جوش که جزء فلز پایه است و ذوب نمی‌شود، ولی در اثر گرما تغییر ساختار داده است.

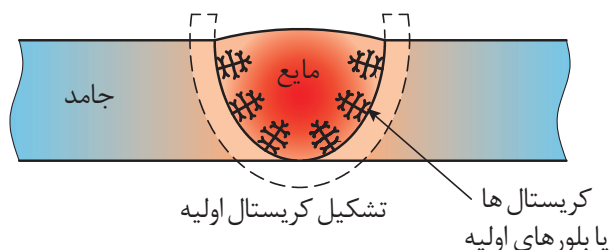
فلز پایه:

که تغییر ساختاری در آن ایجاد نمی‌شود، ولی در اثر انبساط و انقباض ناشی از حرارت، تنش در آن پدیدار شده است.

چگونگی انجماد حوضچه مذاب:

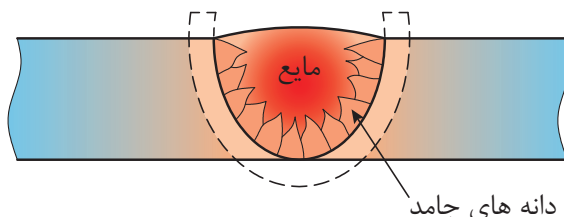
می‌دانیم اتم‌های فلزی بی‌نظم و آمورف (بی‌شکل) هستند، ولی در اثر سرد شدن اتم‌ها با نظم خاص و تکرار شونده منجمد می‌شوند؛ یعنی ساختار کریستالی دارند.

انجماد با ایجاد هسته‌های کوچک جامدی شروع می‌شود (که به این عمل جوانه‌زنی می‌گویند). به (شکل ۲) توجه کنید که در یک حوضچه مذاب، بلورهای جامد چگونه و از چه منطقه‌ای شکل گرفته‌اند (جوانه‌ها از جامد ایجاد می‌شوند و رشد می‌کنند).



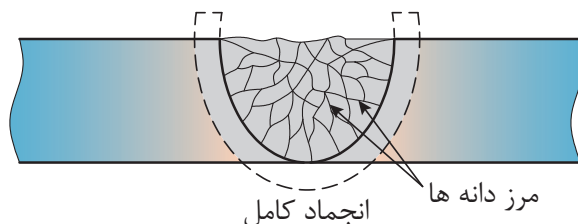
شکل ۲

پس از شکل‌گیری هسته‌های اولیه جامد، اتم‌های دیگری به هسته اضافه می‌شوند و رشد می‌کنند و بزرگ می‌شوند تا به ذرات جامد بزرگ‌تر تبدیل شوند که دانه یا بلور (کریستال) نامیده می‌شود (شکل ۳).



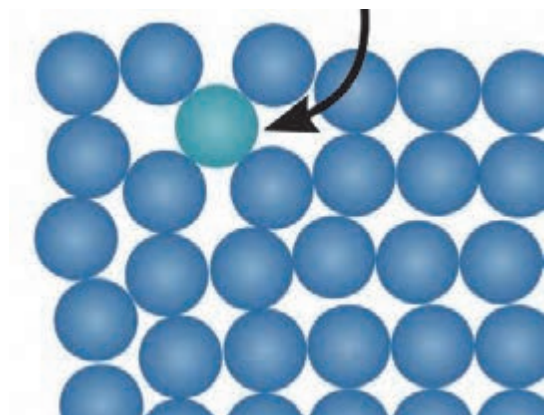
شکل ۳

با پیشرفت جامد بلورها یا دانه به هم می‌رسند و مرز نامنظمی درست می‌کنند که به آن مرز دانه گویند که با میکروسکوپ قابل رؤیت هستند در شکل ۴ انجماد کامل را ملاحظه کنید.

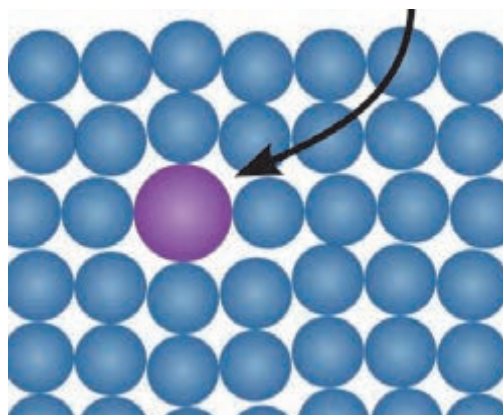


شکل ۴

در مرکز فلز جوش به دلیل سرعت بالای انجماد، دانه‌ها رشد کمتری دارند و دانه‌های ریزتر می‌گیرند. وقتی عنصری به یک فلز خالص اضافه شود و آلیاژی تشکیل دهند، اتم عنصر جدید به دو صورت جانشینی مستقیم و بین‌نشینی در شبکه قرار می‌گیرد.



شکل ۶



شکل ۵

درباره جانشینی مستقیم و بین‌نشینی در فلزات تحقیق کنید.

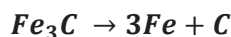
تحقیق کنید



چگونگی سخت شدن فولاد با عملیات حرارتی:

فولاد ساده کربنی آلیاژی است از آهن و کربن که افزایش درصد کربن به استحکام و سختی فولاد می‌افزاید و عملیات حرارتی هم می‌تواند فولاد را سخت کند. هم اکنون کربن در فولاد به دو صورت وجود دارد: الف) کربن در فولاد به صورت اتمی و بین‌نشین که کمتر به این حالت یافت می‌شود.

ب) ترکیب کربن با آهن، به نام کاربید آهن که در درجه حرارت محیط در فولاد به صورت Fe_3C وجود دارد و مقدار آن به درصد کربن در فولاد بستگی دارد. حرارت دادن فولاد در دمای بیش از 723° باعث می شود که کاربید آهن Fe_3C تجزیه گردد و به کربن و اتم آهن تبدیل شود.



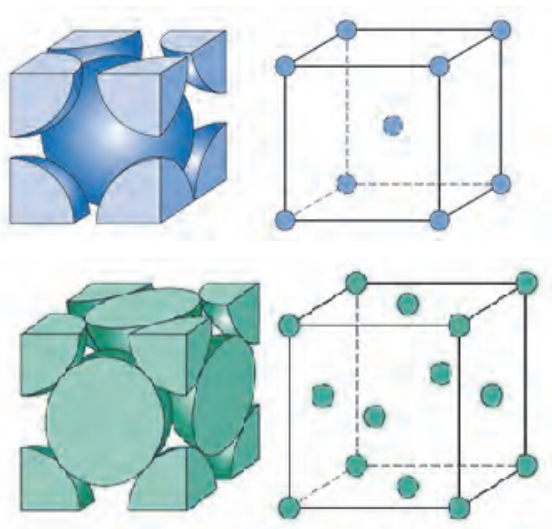
در شرایط فوق وقتی فولاد، گرم می شود، از شبکه BCC به FCC هم تغییر شبکه می دهد. پس دو اتفاق با هم افتاده است، هم اتم های کربن آزاد شده اند و هم شبکه اتمی FCC تشکیل شده است که به دلیل حجم بزرگتر فضای خالی این شبکه می تواند مقدار بیشتری اتم کربن به صورت بین نشین در بین اتم های خود جای دهد.

حال برای سرد کردن دو حالت در نظر می گیریم:

الف) سردکاری آرام (تعادلی)

ب) سردکاری تند (سریع)

اگر فولاد گرمادیده و سرخ شده را (به وسیله آب یا هوای فشرده) سریع سرد می کنیم اتم های کربن بین نشین در شبکه FCC فرصت پیدا نمی کنند تغییر وضعیت دهند و به کاربید آهن Fe_3C تبدیل شوند؛ در حالی که تبدیل شبکه از FCC به BCC الزامی و حتمی است. سرعت سرد شدن باعث می شود مقدار زیادی اتم کربن به صورت فشرده درون شبکه BCC باقی بماند و شبکه به شکل مکعب مستطیل می شود؛ لذا سختی زیاد می شود و فولاد حاصل شده شکننده تر است. شکل ۷ شبکه BCC و FCC را نشان می دهد.



شبکه BCC

شبکه FCC

شکل ۷

بر عکس، اگر فولاد گرمادیده و سرخ شده آرام سرد شود، سخت و شکننده نمی شود، زیرا زمان لازم برای تشکیل مجدد Fe_3C وجود دارد.

حرارت حاصل از جوش کاری می تواند تغییرات فوق را در منطقه ذوب و HAZ ایجاد کند. به علاوه گرما جوش کاری باعث انقباض و انقباض می شود و تنش های زیادی تولید می کند که این عوامل باید تحت کنترل باشد تا جوش با کیفیت مطلوب به دست آید.

تحقیق کنید



درباره شبکه کریستالی FCC و BCC تحقیق کنید.

اشکالات و عیوب جوش

اجرای عملیات جوش کاری با کیفیت صد درصد و ایده آل و ایجاد یک اتصال بدون عیب به ندرت ممکن است. و به طور معمول جوش کاری ها دارای معایب و ناپیوستگی هایی هر چند کوچک هستند. ناپیوستگی هایی که مورد پذیرش استاندارد مرجع قرار گیرد، عیب محسوب نمی شود. استانداردها با در نظر گرفتن مؤلفه هایی مثل کیفیت، قابل اعتماد بودن از نظر تأمین نیازهای طراحی همراه با صرفه اقتصادی، محدوده پذیرش عیب را در جوش برای کاربردهای مختلف مشخص کرده اند. ولی جوش کاران بدون در نظر گرفتن این ملاحظات، همواره باید خود را به اجرای جوش کاری بدون عیب و نقص موظف بدانند و دائماً تحت کنترل و بازرسی باشند و تشویق و ترغیب شوند. جوش هایی که ناپیوستگی در خارج از محدوده مجاز استاندارد داشته باشد، عیب دار به حساب می آید و بدون ملاحظات اقتصادی و سایر مسائل پروژه باید طبق دستورالعمل های تعمیراتی و با روش های اجرایی مورد تأیید، تخریب و دوباره جوش کاری شود. درخصوص ناپیوستگی ها در جوش ملاحظات زیر در قراردادهای پیمان های اجرای یک پروژه دیده می شود. روش های بازدید عیب یابی، روش های بازرسی های مخرب (DT) و غیرمخرب (NDT) خواهد بود. تهیه دستورالعمل تعمیر جوش کاری نیز براساس معیارهای پذیرفتن استاندارد مرجع و توافق قراردادی و اقتصادی در قراردادهای گنجانده می شود.

عیوب متداول در جوش کاری:

۱- عیوب ظاهری جوش

۲- عیوب داخلی جوش

عیوب ظاهری جوش:

الف) عیوب ابعادی

ب) ناپیوستگی ظاهری

الف) عیوب ابعادی

۱- عیوب ابعادی در اتصال سپری (Fillet)

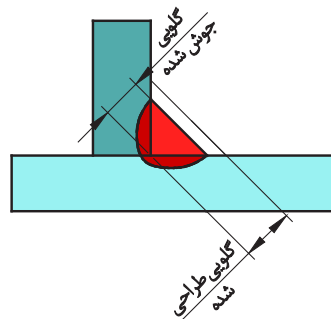
۲- عیوب ابعادی در اتصال سر به سر (Butt)

عیوب ابعادی در اتصال سپری:

ساق ناکافی (z):

در اتصالات سپری چنانچه در wps اجرایی قید نشده باشد، معمولاً میزان ساق جوش مورد نیاز $\frac{1}{4}$ ضخامت نازکترین قطعه در نظر گرفته می‌شود. چنانچه ساق جوش مورد نظر از حد مشخص شده کمتر باشد، عیب تلقی می‌شوند و باید ترمیم گردد (شکل ۸).

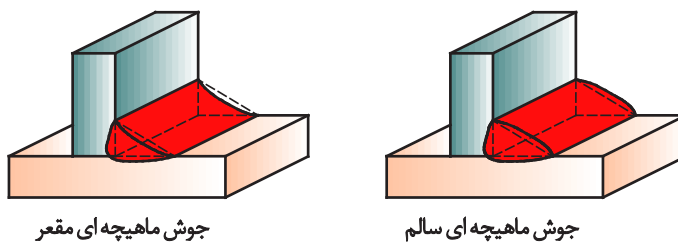
نکته مهم این است که جوش سپری (Fillet) در هر شرایطی باید دارای ساق‌هایی برابر بر روی دو بال و جان قطعه باشد؛ مگر طبق دستور طراح.



شکل ۸

گلویی ناکافی (تقعر گرده جوش):

بهترین شرایط برای جوش Fillet، داشتن سطح جوش صاف و تخت است. در این جوش چنانچه در wps اجرایی مورد خاصی قید نشده باشد، معمولاً میزان این گلویی $0/7$ ضخامت نازکترین قطعه مورد نظر گرفته می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹

وجود جوش گوشه با ابعاد کمتر از این حد تقعر گرده جوش تلقی می‌گردد.

تحدب گرده جوش:

چنانچه ابعاد گلویی جوش Fillet از حد مورد انتظار ($0/7t$) بیشتر باشد، با ثابت ماندن ساق جوش مناسب، عیب تلقی می‌گردد، زیرا گرده جوش اضافی نه تنها در استحکام جوش نقشی ایفا نمی‌کند، بلکه از آنجایی که می‌تواند زوایایی تیز در کناره جوش ایجاد کند، می‌تواند باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش در قطعه گردد. میزان انحراف عیوب ابعادی از حد مجاز را می‌توان پس از رؤیت با استفاده از گیج‌های ویژه اندازه‌گیری و ثبت کرد.

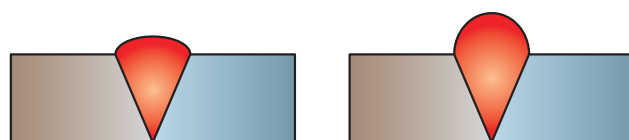


WPS چیست و چه کاربردی در جوش کاری دارد.

عیوب ابعادی در جوش سر به سر (Butt):

تحدب گرده جوش (Convexity):

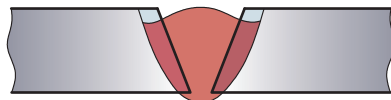
بیشترین حد برآمدگی گرده جوش برای اتصالات لب به لب (Butt) حدود سه میلی متر است و بیش از آن مجاز نیست و عیب تلقی می گردد، زیرا باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش در اتصال می گردد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

تقعر گرده جوش (عدم پرشدگی) (Concavity):

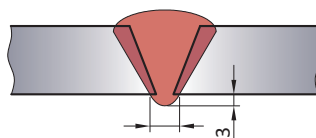
حداقل میزان پرشدگی در جوش های Butt باید در حد ضخامت قطعه باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

تحدب ریشه جوش (نفوذ اضافی) (Excess Penetration):

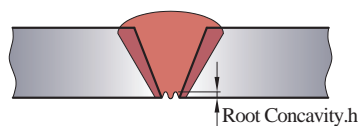
حداکثر میزان بیرون زدگی نفوذ جوش از پشت قطعه ۳ میلی متر است بیرون زدگی بیش از این حد مجاز نیست و به عنوان عیب نفوذ اضافی تلقی می گردد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

تقعر ریشه جوش (Root Concavity):

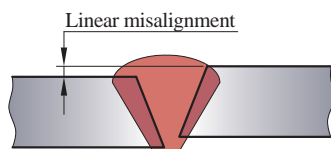
نفوذ جوش باید به انتهای لبه قطعه در پشت کار برسد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

نا هم ترازی (Mismatch)(Liner Misalignment):

اگر در این اتصال Butt دو جزء اتصال در یک راستا نباشند، این عیب ایجاد می گردد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴



شکل ۱۵ - وسیله ای برای تشخیص نا هم ترازی (HI-LO GAUGE)

کار عملی



قطعه کاری را که جوش شیاری (سر به سر) داده اید، بررسی کنید. چه عیوب ابعادی در آن قابل مشاهده است.

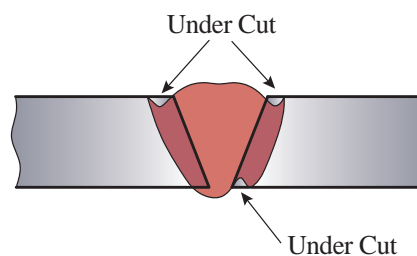
ب- ناپیوستگی ظاهری:

کناره (Under Cut):

پرنشستن حوضچه مذاب در کناره های جوش و همچنین خوردگی کناره جوش روی قطعات اتصال را کناره جوش می گویند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

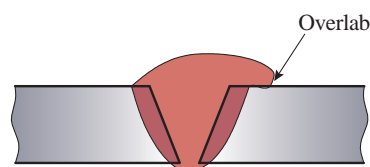




برای رفع عیب کناره چه کاری باید انجام داد؟

سررفتگی جوش (Over Lap):

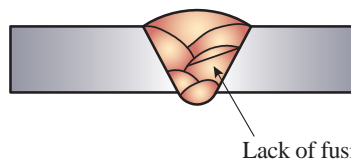
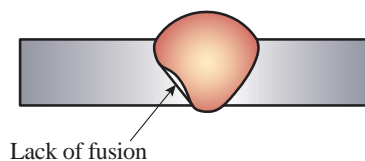
این عیب، پرشدگی بیش از اندازه مجاز است و زمانی اتفاق می‌افتد که فلز جوش رسوب داده شده بیشتر از ظرفیت اتصال باشد و فلز پرکننده بدون ذوب کردن قطعه آن را بپوشاند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

ذوب ناقص (Lof) Lack of Fusion:

حوضچه مذاب در هر مرحله باید با دیواره قطعات مورد اتصال و جوش پاس‌های قبلی به طور کامل اقدام گردد؛ در غیر این صورت، باعث ایجاد عیبی به اسم ذوب ناقص (LOF) می‌گردد. این عیب گاهی ممکن است در سطوح زیرین قطعه اتفاق بیفتد و قابل مشاهده نباشد (شکل ۱۸).



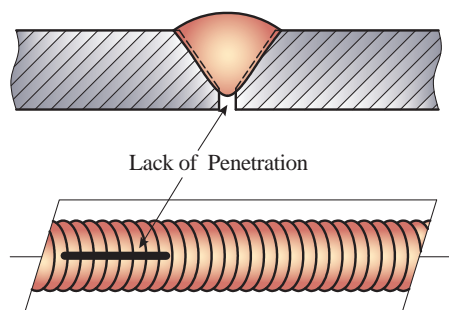
شکل ۱۸

نفوذ ناقص (Lop) Lack of Penetration:

این عیب در صورتی جزء عیوب ظاهری تلقی می‌گردد که به دو طرف قطعه دسترسی باشد؛ در غیر این صورت، این عیب جزء عیوب داخلی در نظر گرفته می‌شود. جوش ذوبی در صورتی نفوذ کامل است که دو لبه اتصال از سطح بالا (ظاهری) تا سطح پایینی به طور کامل ذوب شود و در هم آمیزد. این عیب در دو حالت بررسی می‌شود.

الف: نفوذ ناقص در اتصالات شیار یک طرفه:

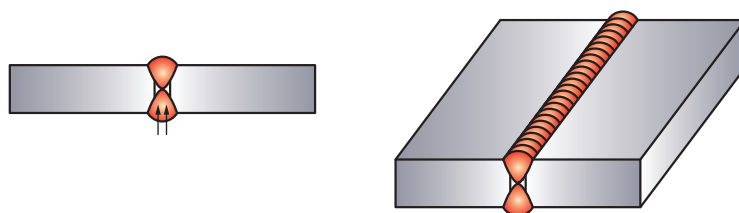
جوش ذوبی باید در پشت قطعه اتصال یا هم سطح در قطعه باشد (در استفاده از پشت بند) و یا از پشت کار بیرون بزند (نهایتاً به اندازه ۳ میلی متر) و در غیر این صورت نفوذ ناقص است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

ب) نفوذ ناقص در اتصالات شیار دو طرفه:

در این گونه اتصالات پاشنه کار و ریشه اتصال در مرکز ضخامت قطعه واقع می گردد که باید توسط جوش ذوبی به طور کامل ذوب و پر گردد. اگر این شرایط ایجاد نشود، عیب در نظر گرفته می شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰

لکه قوس (Stray Arcing):

در اثر برخورد نوک الکترود به اطراف درز جوش و قطعه در هنگام شروع جوش کاری ایجاد می شود (شکل ۲۱).



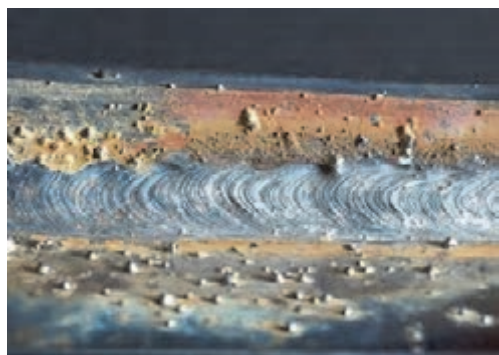
شکل ۲۱



شکل ۲۲

چاله جوش (Black Point):

این عیب در نقاط انتهایی خط جوش دیده می شود که عبارت است از پر نشدن انتهای جوش و می تواند محل مناسبی برای بروز عیوب خطرناکی نظیر ترک باشد (شکل ۲۲).



شکل ۲۳

پاشش و جرقه (Spatter):

اگر در هنگام جوش کاری پارامترهای اساسی جوش رعایت نشود، جرقه و پاشش های ایجاد شده از حد طبیعی بزرگتر می شود؛ که در نتیجه به سطح قطعه و جوش می چسبد و بر روی کار باقی می ماند. این نقاط می توانند محل مناسبی برای جوانه زنی ترک ها و شکست قطعه باشند (شکل ۲۳).

قطعه کاری را که جوش شیار (سر به سر) و سپری داده اید، بررسی کنید. چه عیوب ناپیوستگی ظاهری در آنها قابل مشاهده است.

کار عملی



عیوب داخلی جوش

تخلخل (Porosity):

این عیب در اثر حبس شدن گاز در داخل جوش ایجاد می شود. بنابراین هر عاملی که باعث ایجاد گاز شود، از قبیل چربی و رطوبت، می تواند عامل ایجاد این عیب باشد. همچنین اگر شرایطی پیش بیاید که گازهای ایجاد شده در داخل جوش فرصت خروج را پیدا نکنند، باز هم باعث ایجاد این عیب می گردند. این عیب می تواند در مدل های مختلفی مشاهده شود که عبارت است از :

۱- تخلخل با پخش یکنواخت:

در این حالت حباب های گاز در تمام طول جوش وجود دارند که ناشی از مواد مصرفی کثیف و ناسالم است (شکل ۲۴).

۲- تخلخل خوشه‌ای:

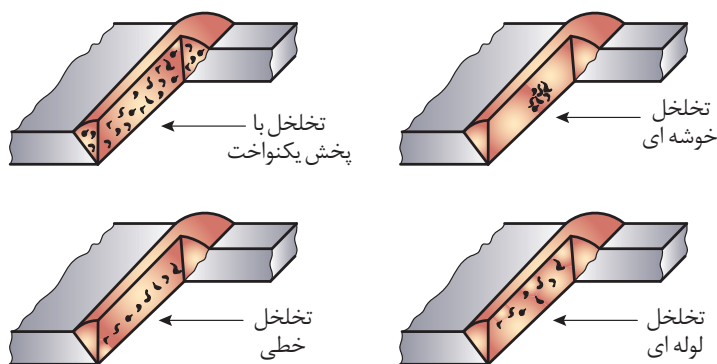
در این حالت حباب‌های گازی در نقاطی از خط جوش تجمع یافته‌اند که معمولاً ناشی از قطع و وصل شدن جریان جوش کاری در حین کار است. این وضعیت باعث می‌شود حوضچه مذاب سریع سرد شود و حباب‌های ایجادشده فرصت خروج پیدا نکنند (شکل ۲۴).

۳- تخلخل خطی:

این حالت ناشی از ایجاد حباب‌های گازی و کشیده شدن آن در طول مسیر جوش کاری است (شکل ۲۴).

۴- تخلخل لوله‌ای:

این عیب ناشی از حرکت همزمان حباب به سمت قطعه و انجماد حوضچه است (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

فکر کنید



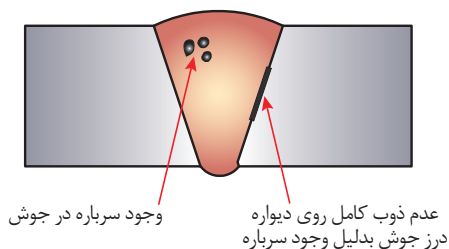
به نظر شما برای جلوگیری از ایجاد تخلخل در جوش چه کاری باید انجام داد؟

آخال (Slag Inclusion):

هرگاه در داخل جوش ذرات جامدی باقی بماند، این عیب ایجاد می‌شود. عموماً آخال‌های جوشی به یکی از دو صورت زیر است:

۱- آخال سرباره:

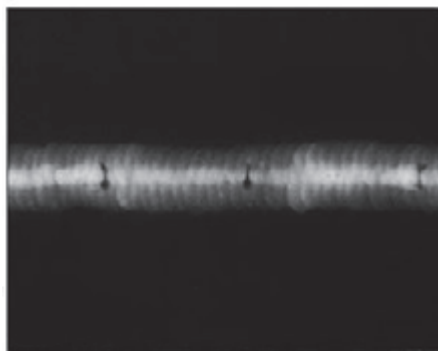
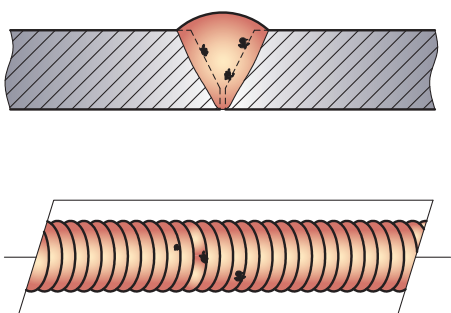
ناشی از جا ماندن سرباره جوش قبلی است که در جوش‌های الکتروود دستی و زیرپودری می‌تواند رخ دهد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵

۲- آخال تنگستنی:

این عیب در جوش کاری TIG رخ می‌دهد و ناشی از برخورد الکتروود تنگستنی به حوضچه مذاب در حین جوش کاری است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

به نظر شما برای جلوگیری از ایجاد آخال سرباره در جوش چه کاری باید انجام داد؟

فکر کنید



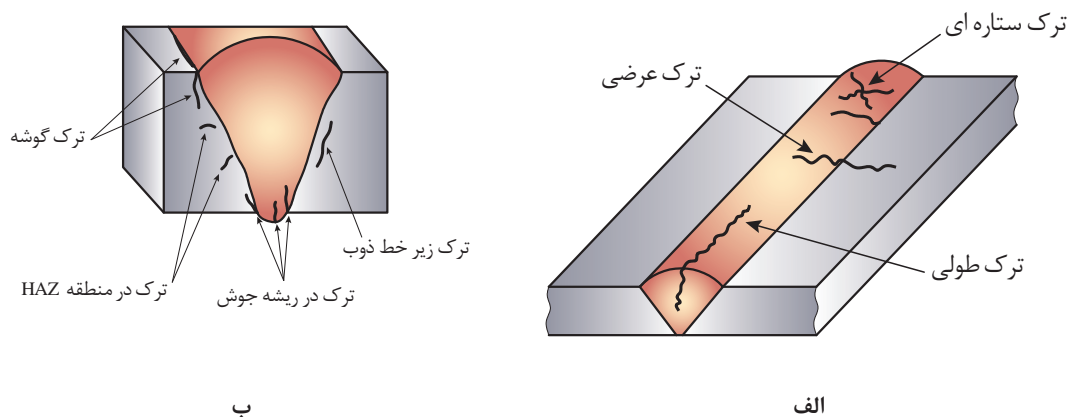
ترک (Crack)

این عیب انواع گوناگونی دارد و معمولاً جزء خطرناک‌ترین عیوب موجود در جوش و قطعه به حساب می‌آید که در زیر به آنها اشاره می‌گردد.

ترک‌ها بر حسب محل وقوع و دمای ایجاد به صورت‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند.

انواع ترک از نظر محل بروز عیب:

- ۱- ترک ستاره‌ای: محل بروز این ترک در چاله انتهایی جوش است (شکل ۲۷-الف).
- ۲- ترک عرضی: در جهتی عمود بر جهت جوش رخ می‌دهد و می‌تواند در قطعه و یا جوش واقع گردد (شکل ۲۷-الف).
- ۳- ترک طولی: این ترک در امتداد طولی جوش رخ می‌دهد (شکل ۲۷-الف).
- ۴- ترک زبانه (گوشه) (شکل ۲۷-ب)
- ۵- ترک زیر خط ذوب (شکل ۲۷-ب)
- ۶- ترک در منطقه HAZ (شکل ۲۷-ب)
- ۷- ترک در ریشه جوش (شکل ۲۷-ب)



شکل ۲۷

تحقیق کنید

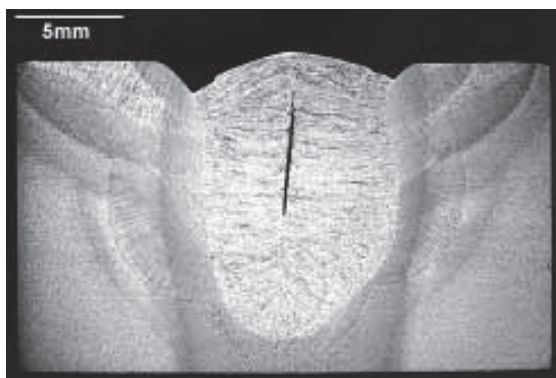


درباره دلیل ایجاد ترک در جوش تحقیق کنید.

انواع ترک از نظر دما:

۱- ترک گرم (سرخ شکنی):

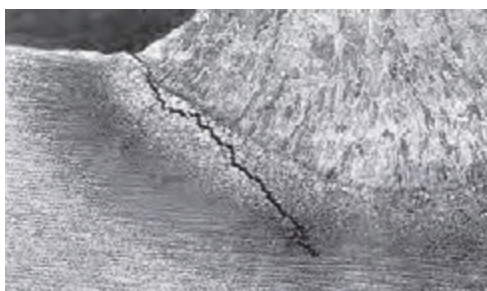
این ترک در شروع انجماد و تشکیل دانه‌ها اتفاق می‌افتد؛ زمانی که دانه‌های فلزی شکل می‌گیرند و استحکام به وجود می‌آید. تنش‌های انقباضی باعث شکست می‌شود که دلیل آن وجود ذوب در مرز دانه‌هاست که مربوط به ترکیبات و آلیاژهای زود ذوب در قطعه است. این ترک به سرخ‌شکنی معروف است و میل به ادامه ندارد ترک سرخ‌شکنی در فولاد خوش‌تراش که دارای گوگرد است، در آلیاژ آلومینیوم با سیلیس و در جوش‌هایی با عرض زیاد بیشتر به وقوع می‌پیوندد (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- ترک گرم

۲- شکست سرد:

این ترک در درجه حرارت‌های پایین و زیر خط انجماد اتفاق می‌افتد و از دانه‌های فلزی جوش و ناحیه HAZ هم عبور می‌کند و میل به ادامه دارد و در اثنای سرد شدن جوش و یا چند روز و یا چند هفته پس از جوش کاری اتفاق می‌افتد. همراه شدن تردی در فلز جوش و منطقه HAZ و تجاوز تنش‌های کششی از حد تنش شکست قطعه موجب شکست سرد می‌شود (شکل ۲۹).



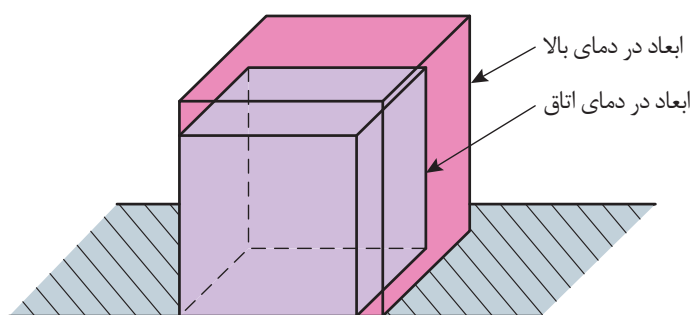
شکل ۲۹- شکست سرد

این ترک معمولاً در اثر جمع شدن سه عامل زیر اتفاق می‌افتد:

- ۱ ترد و سخت شدن منطقه جوش
- ۲ افزایش تنش‌های پسماند حرارتی
- ۳ حفره‌های گازی و هیدروژن تردی

پیچیدگی و دلایل آن در اتصالات جوش کاری شده

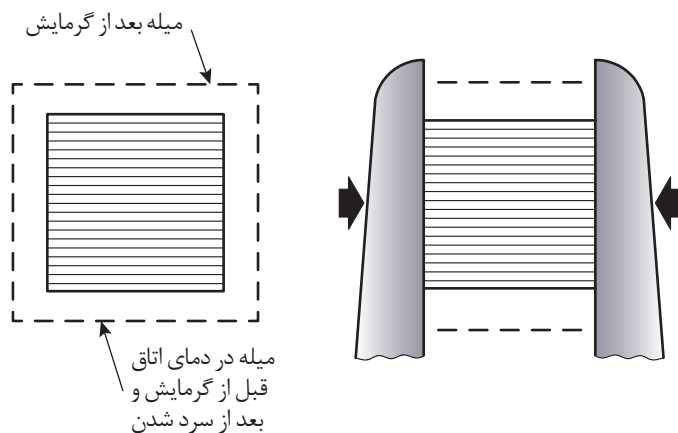
اگر یک مکعب فلزی را به صورت یکنواخت تا نزدیکی دمای ذوب گرم کنیم، مشاهده می‌شود که مکعب گرمادیده دارای ابعاد بزرگتری است و پس از سرد شدن به ابعاد اولیه باز می‌گردد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

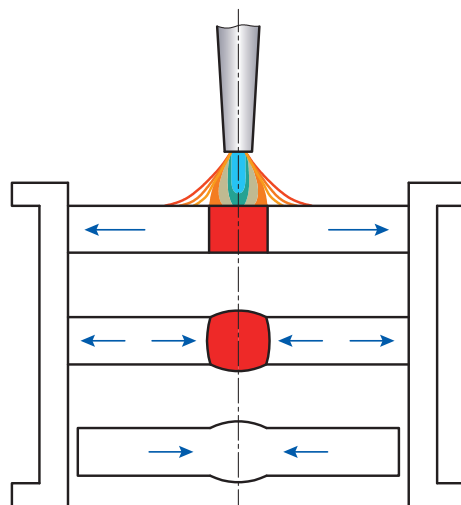
حال اگر میله استوانه‌ای را بین فک‌های ثابت قرار دهیم، به نحوی که اندازه میله درست به اندازه فاصله فک‌ها از هم باشد و نیرویی از طرف فک‌ها به میله وارد نشود (تنش در میله نباشد) (شکل ۳۱)، سپس میله را حرارت دهیم تا گرم شود (مثلاً ۲۰۰ سانتی‌گراد)، میله انبساط پیدا می‌کند و به فک‌ها فشار می‌آورد و چون فک‌ها

ثابت هستند، در میله تنش فشاری ایجاد می‌شود. حالا اجازه می‌دهیم میله سرد شود و به درجه حرارت اتاق برسد. میله منقبض می‌شود و تنش در قطعه حذف می‌گردد و دیگر به فک‌ها فشار وارد نمی‌شود.



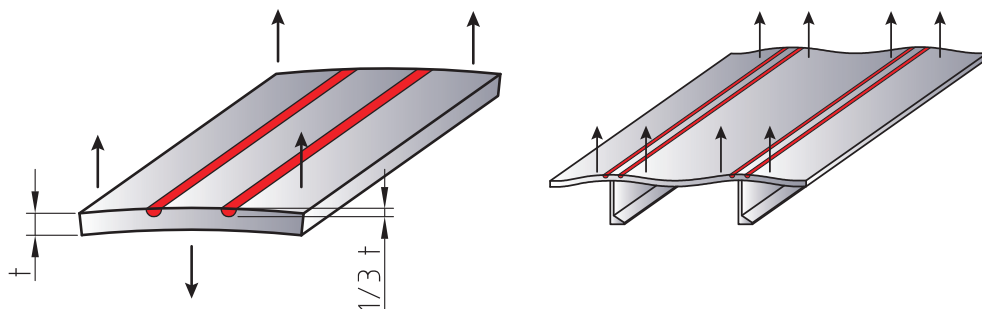
شکل ۳۱

بار دیگر تا ۴۰۰ سانتی‌گراد حرارت می‌دهیم که باعث افزایش تنش می‌شود، ولی هنوز قطعه در حالت ارتجاعی یا الاستیکی است، اما این بار مقدار تنش از دفعه قبل بیشتر است. البته پس از سرد شدن میله باز هم تنش حذف می‌شود و میله اندازه اولیه خود را خواهد داشت. دفعه سوم تا ۹۰۰ سانتی‌گراد حرارت می‌دهیم. ابتدا میله گرم می‌شود و تنش ایجاد می‌شود، سپس افزایش دما باعث می‌شود قطعه به حالت فرم‌پذیری (پلاستیک) درآید. انبساط حرارتی باعث چاق‌تر شدن میله و تغییر شکل آن می‌شود، ولی تنش در قطعه نمی‌ماند. حال چنانچه قطعه سرد شود، به دلیل انقباض میله کوتاه می‌شود و دیگر نمی‌تواند بین دو فک بماند و می‌افتد (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

در جوش کاری هم همین اتفاق می افتد و منطقه جوش خورده و گرما (فلز جوش و ناحیه HAZ) شباهت کامل به میله بین دو فک ثابت را دارد، چون قسمت های سرد قطعه ثابت هستند و قسمت گرم شده در وسط قطعه کار قرار دارد و محصور است؛ لذا پس از سرد شدن منقبض می شود. تنش های انقباضی باعث پیچیدگی می شود؛ مطابق شکل ۳۳، یا به صورت تنش باقی مانده (تنش پسماند) در قطعه می ماند.



شکل ۳۳

در جوش شیاری و سپری که در کار عملی بخش جوش کاری برق انجام داده اید بررسی کنید پیچیدگی وجود دارد یا نه؟ در صورت نبود پیچیدگی روش جلوگیری از پیچیدگی را توضیح دهید.

کار عملی

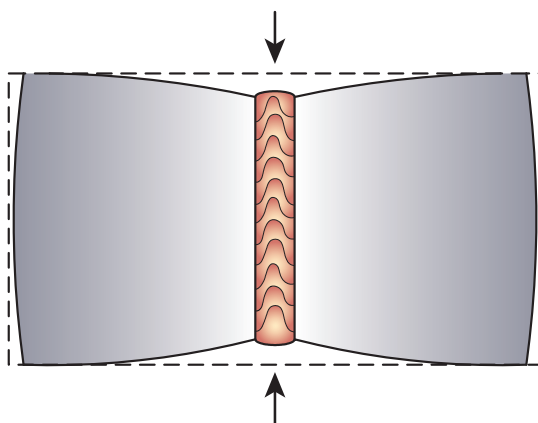


انواع پیچیدگی:

هنگام جوش کاری ممکن است در قطعه یا قطعه های مورد جوش کاری پیچیدگی اتفاق بیفتد. پیچیدگی قطعات جوش کاری شده سه نوع است:

۱- پیچیدگی طولی:

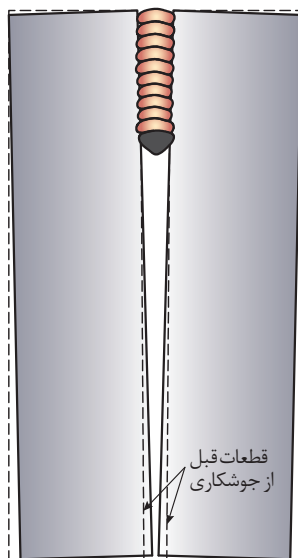
روی دیواره لبه یک تسمه فولادی مطابق شکل ۳۴ جوش کاری شده است. تسمه آزاد و بدون مهار است و عامل خمیدگی پس از سرد شدن، انقباضی است که گرده جوش برجسته روی دیواره تسمه ایجاد می کند و این پیچیدگی طولی است.



شکل ۳۴

۲- پیچیدگی عرضی:

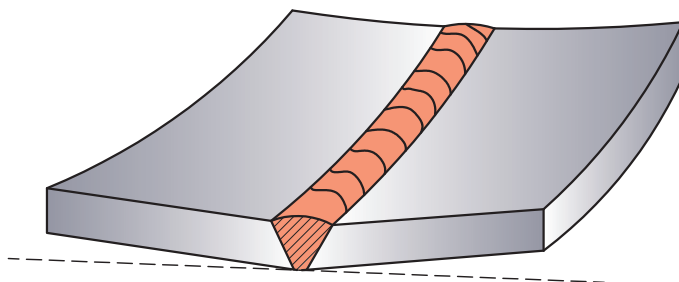
اگر دو ورق به صورت لب‌به‌لب جوش کاری شود، بدون این که دو سر ورق خال جوش شود و قید و بستی هم وجود نداشته باشد، در هنگام جوش کاری انتهای ورق، مطابق شکل ۳۵، به هم نزدیک می‌شود و یا روی هم سوار می‌شود که به دلیل انقباض عرضی است و به آن پیچیدگی عرضی گویند.



شکل ۳۵

۳- پیچیدگی زاویه‌ای:

در جوش‌هایی که قطعات ضخیم به هم جوش می‌خورند و زمانی که تعداد پاس‌های جوش کاری زیاد باشد، در اثر انقباض فلز جوش قطعات کار به طرف پخ V یا U جمع می‌شوند و یا در جوش کاری سه پری (سپری) پیچیدگی‌های زاویه‌ای شکل می‌گیرد (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	شناسایی عیوب جوش	مکان: کارگاه جوش کاری	بالاتر از حد انتظار	۱- عیوب ظاهری جوش را بشناسد. ۲- عیوب داخلی جوش را بشناسد. ۳- پیچیدگی و دلایل به وجود آمدن آن را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱- عیوب ظاهری جوش را بشناسد. ۲- عیوب داخلی جوش را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- عیوب ظاهری جوش را بشناسد.	۱

روش‌های پیشگیری از عیوب جوش

پیشگیری جدا از تعمیرات است؛ حتی اگر این روش‌ها پرهزینه و زمان‌گیر باشد، باز هم اقتصادی‌تر و اصولی‌تر از هزینه‌های سرسام‌آور تعمیرات جوش است که شامل عیب‌یابی، بریدن یا شکافتن جوش و جوش کاری مجدد آن است. دانستن دلایل بروز عیب جوش مستلزم آگاهی از اصول کلی جوش کاری و فرایند اجرای آن است.

عملیات حرارتی در جوش

به منظور امکان جوش مطلوب و جلوگیری از به وجود آمدن بعضی از انواع عیوب در جوش کاری عملیات حرارتی صورت می‌گیرد.

پیش‌گرم (Preheating):

یعنی حرارت دادن فلز پایه قبل از جوش کاری که به منظور دستیابی به اهداف زیر انجام می‌شود: به کاهش سرعت سرد شدن برای جلوگیری از تشکیل ساختار سخت در فولاد کمک می‌کند؛ یعنی فولاد پیش‌گرم می‌شود تا پس از جوش کاری آرام سرد شود. رسیدن به درجه حرارت حداکثر: فلزاتی که هدایت حرارت بالا دارند، مثل مس و آلومینیوم و قطعات ضخیم فولادی، تا درجه حرارت معینی پیش‌گرم می‌شوند تا فلز راحت‌تر به درجه حرارت ذوب برسد.

کنترل درجه حرارت بین پاسی:

بعضی از آلیاژها و فولادها و چدن‌ها اگر از درجه حرارتی بالاتر روند یا مدتی در درجه حرارت بالا واقع شوند، ترکیباتی با ساختارهای سخت در دمای مختلف آنها شکل می‌گیرد؛ لذا کنترل دمای پیش‌گرم و کنترل دمای بین پاسی بسیار با اهمیت تلقی می‌شود. همچنین سرد شدن قطعه به دلیل قطع جوش کاری و سرد بودن

محیطی با ضخیم بودن قطعه نیز موجب سرد شدن سریع جوش می‌شود که باید همواره این مسائل گرمایی مد نظر باشد و به طور دقیق اجرا شود.

پس گرما (Post Heating):

این عملیات در جوش کاری قطعات فولادی سختی پذیر و بعضی از آلیاژها اجرا می‌شود. پس گرما برای حذف تنش‌ها و حذف سختی و تردی و گاهی رسیدن به زیرساختار مورد نظر اجرا می‌شود. نحوه این عملیات گرمایشی بسته به خواصی که از جوش انتظار داریم و همچنین با توجه به نحوه سرد شدن قطعه، متفاوت خواهد بود. در حقیقت پس گرما ترک‌های به وجود آمده را اصلاح نمی‌کند، ولی باعث می‌شود شکست اتفاق نیفتد کپسول‌های گاز خانگی و مخازن تحت فشار و قطعاتی که موقع بارگذاری تحت تنش‌های مختلف قرار می‌گیرند و باید حالت ارتجاعی خود را حفظ کنند، پس از عملیات جوش کاری تنش‌زدایی می‌شوند. برای اجرای تنش‌زدایی بعضی محصولات صنعتی، کوره مخصوص پس گرما برای همان منظور طراحی و ساخته می‌شود

تحقیق کنید



در صنعت کشتی‌سازی پیش گرما و پس گرما در چه زمانی او به چه دلیلی انجام می‌شود؟

راه‌های جلوگیری از شکست گرم:

برای جلوگیری از شکست گرم در فولادها از الکترودهایی که دارای منگنز زیادی هستند، استفاده می‌کنیم تا از تشکیل سولفید آهن که یک ترکیب زودذوب است و باعث ایجاد ترک گرم می‌شود، جلوگیری کنیم. ضمناً با استفاده از اقدامات دیگری نظیر استفاده از الکتروده با قطر بالاتر و پخ مناسب و پهنای جوش کمتر و همچنین کاهش درجه مهار قطعه، می‌توان جلوی ترک گرم را گرفت.

راه‌های جلوگیری از شکست سرد:

راه‌های جلوگیری از شکست سرد عبارتند از:

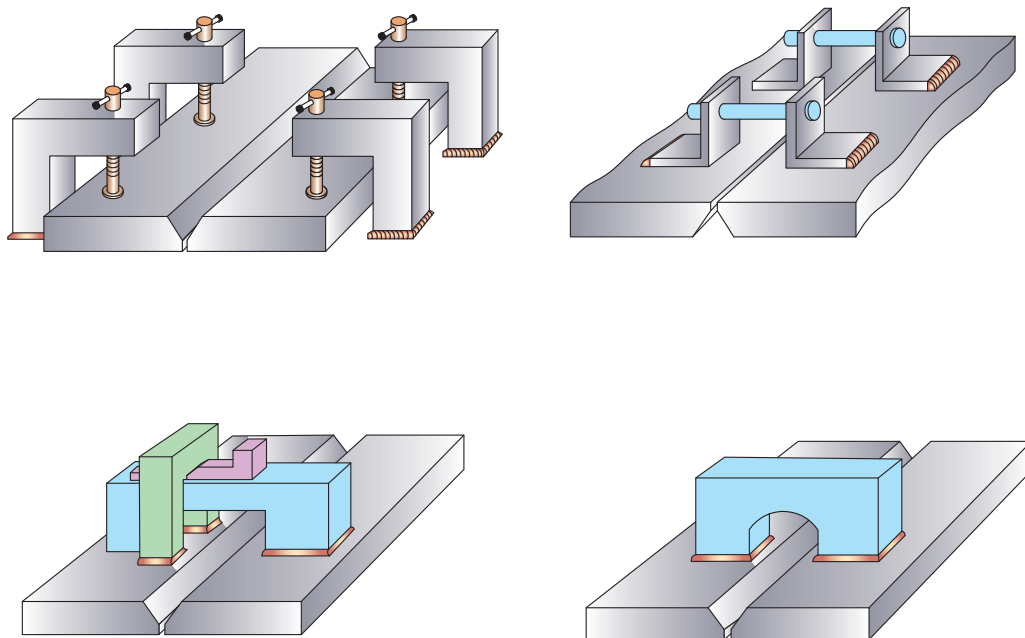
- تمیز بودن سطح قطعه از آلودگی‌هایی نظیر چربی
 - استفاده از الکترودهای کم‌هیدروژن
 - خشک کردن الکتروده
 - پیش گرم کردن قطعه به منظور کاهش سرعت سرد شدن آن، جهت کاهش میزان تنش‌های پسماند و کاهش میزان ساختارهای ترد در جوش
 - عملیات تنش‌زدایی بعد از جوش کاری
 - کنترل درجه حرارت بین پاسی
- همواره باید مدنظر داشت که عیوب داخلی جوش نیز می‌تواند به سطح قطعه راه پیدا کند و قابل مشاهده شود.

روش‌های جلوگیری از پیچیدگی در جوش کاری

جوش کاران برای جلوگیری از پیچیدگی تدابیری به کار می‌گیرند و در اجرای جوش کاری نکاتی را رعایت می‌کنند تا پیچیدگی به وجود نیاید یا به حداقل برسد.

استفاده از مهار مناسب:

مهار کردن قطعات با استفاده از قیدها و گوه‌ها برای نگاه داشتن اتصال در موقعیت اصلی تا زمان سرد شدن جوش به کاهش پیچیدگی کمک خواهد کرد (شکل ۳۷).



شکل ۳۷

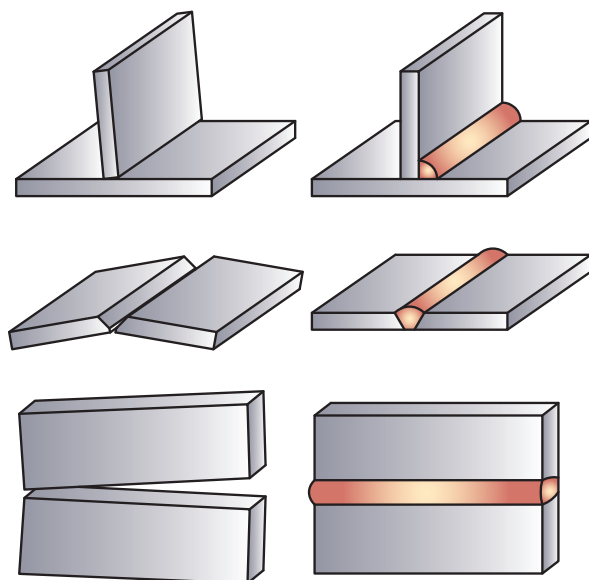
معمولاً مهار در جوش شیاری به چه شکل است و ضخامت آنها چقدر در نظر گرفته می‌شود؟

تحقیق کنید



پیش‌تنظیمی:

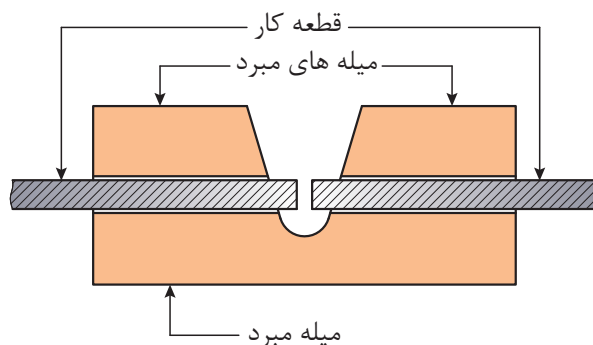
خال جوش زدن خارج از وضعیت اصلی در جهت عکس پیچیدگی مطابق شکل ۳۸ است. به این روش پیش‌تنظیمی گویند که پس از عملیات جوش کاری به حالت استاندارد درمی‌آید.



شکل ۳۸

کاهش گرمای قطعه در حین جوش کاری:

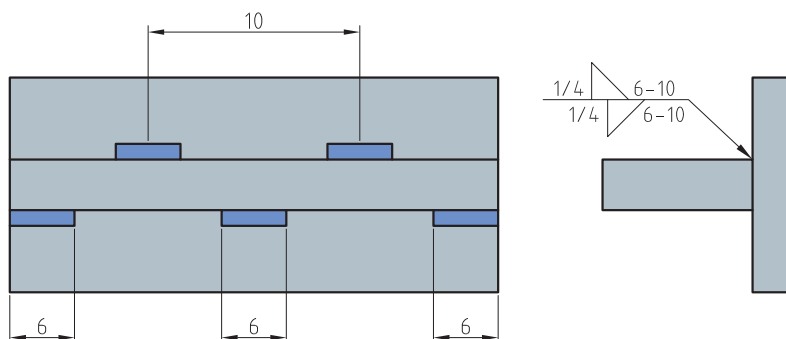
در جوش کاری ورق های فولاد زنگ نزن می توان از تسمه های مبرد از جنس مس استفاده کرد که در مواردی هم جریان آب در این نگه دارنده ها جریان دارد تا گرمای قطعه بالا نرود و پیچیدگی کمتر باشد. تعریف تسمه مبرد: نوعی سیستم خنک کننده است که با گردش آب یا گازهای خنک کننده باعث می شود قطعه کار خنک شود (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

استفاده از خط جوش ها خلاف جهت پیچیدگی:

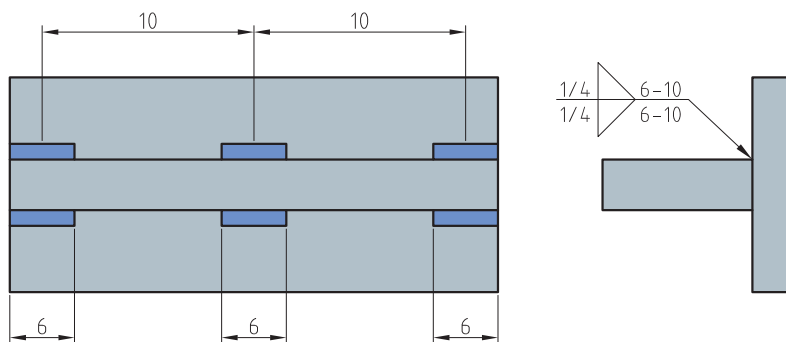
در این کار جوش یک طرفه به جوش دوطرفه تبدیل می شود. در اتصال T شکل از گرده جوش مخالف جهت استفاده شده است (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

استفاده از جوش دوطرفه:

جوش‌های منقطع نه تنها همدیگر را خنثی می‌کنند، بلکه با کاهش طول جوش، تنش پسماند کاهش می‌یابد (شکل ۴۱).



شکل ۴۱

تغییر در طراحی:

به جای گرده جوش پیوسته و طولانی می‌توان از یک گروه جوش متقارن بهره گرفت تا تنش‌های باقی‌مانده در قطعه متعادل شوند. در روش جوش متوالی جوش کار طول درز را به چند قسمت تقسیم می‌کند و با یکی از دو روش زیر قطعه کار را جوش می‌دهد.

روش بازگشتی:

در این روش جوش کاری از چپ به راست، ولی حرکت دست از راست به چپ است.

روش جوش پرشی بازگشتی:

در این روش جهت پیشروی جوشی از چپ به راست است، ولی گرده جوش‌ها یک در میان متوالی انجام می‌شود.

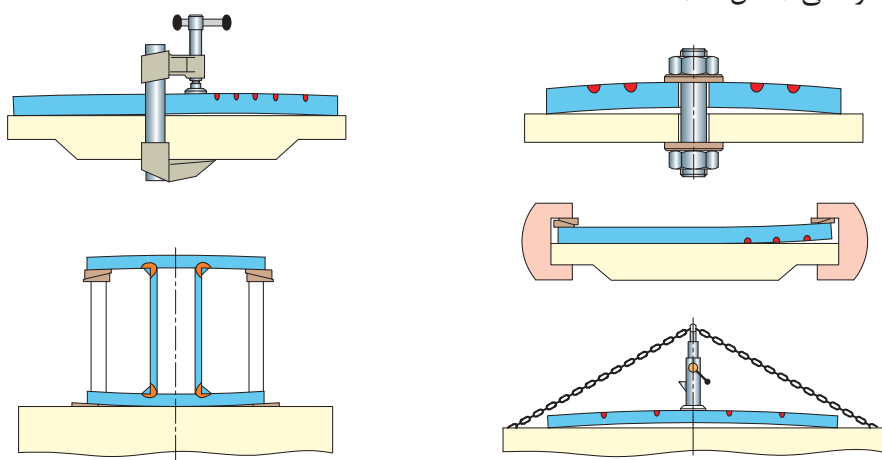
روش‌های دیگر جلوگیری از پیچیدگی عبارتند از:

- پیش‌گرم: گرما دادن فلز پایه قبل از جوشکاری باعث کاهش پیچیدگی می‌شود.
- استفاده از تعداد پاس‌های کمتر.
- استفاده از فاصله ریشه بیشتر و زاویه پخ کمتر.
- استفاده از پشت‌بند.
- استفاده از پخ U شکل به جای پخ V شکل.

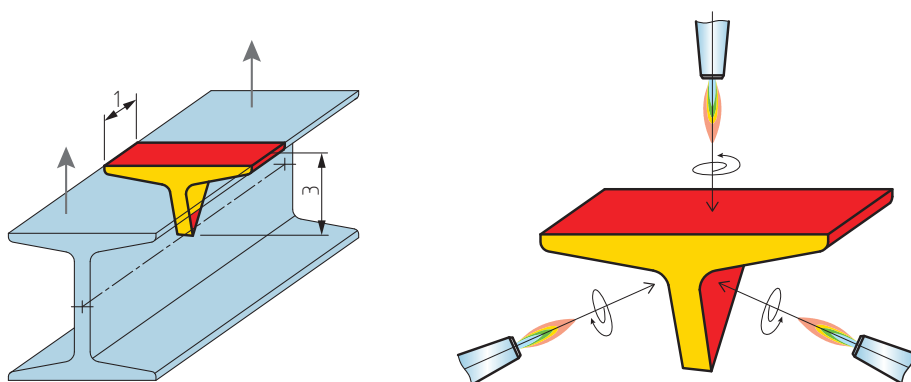
رفع پیچیدگی پس از جوشکاری

استفاده از پرس و چکش‌های مناسب (شکل ۴۲)

حرارت دادن موضعی (شکل ۴۳)



شکل ۴۲



شکل ۴۳

روش دیگر، با استفاده از نیروی کششی است که با حذف تنش‌های انقباضی می‌شود.



در جوش کاری شیاری ورق‌های فلزی بزرگ در صنعت، در صورت ایجاد پیچیدگی زاویه‌ای، چگونه باید آن را رفع کرد؟

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	راه‌های پیشگیری از عیوب جوش	مکان: کارگاه جوش کاری	بالاتر از حد انتظار	۱- روش عملیات حرارتی برای جلوگیری از عیوب جوش را انجام دهد. ۲- روش پیشگیری از شکست سرد جوش را انجام دهد. ۳- روش‌های پیشگیری از پیچیدگی را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- روش عملیات حرارتی برای جلوگیری از عیوب جوش را انجام دهد. ۲- روش پیشگیری از شکست سرد جوش را انجام دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- روش عملیات حرارتی برای جلوگیری از عیوب جوش را انجام دهد.	۱

آزمایش‌های جوش (Testing Weld)

اتصالات جوش داده شده باید خواسته طراحان و مهندسان محاسب را تأمین کند و در شرایط مختلف کاری قابلیت کامل داشته باشد؛ برای این منظور، روش‌های متعددی برای بازرسی و آزمایش جوش تنظیم و استاندارد شده است که به نوع کار و حساسیت آن بستگی دارد.

استانداردها و کدهای رایج جوش کاری عبارتند از:

AWS D1.1 و ASME بخش IX و API STD 1104 برای اجرای جوش کاری یک دستورالعمل یا مشخصه روش جوش کاری (WPS) برای اتصالات تنظیم می‌شود. این سند اطلاعات مفصلی راجع به شرایط جوش کاری (متغیرها) در کاربرد خاص را ارائه می‌کند. سپس جوش کار با توجه به پارامترهایی که در (WPS) آمده است، یک اتصال مشابه را جوش کاری می‌کند و در صورت تأیید و دارا بودن گواهینامه با اعتبار می‌تواند به عملیات جوش کاری بپردازد. یعنی جوش کاران باید نشان دهند که می‌توانند اتصالاتی را که در این (WPS) آمده است، بدون عیب جوش کاری کنند.

آزمایش‌های عملیات جوش کاری به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

آزمایش‌های مخرب

آزمایش‌های غیرمخرب

آزمایش‌های مخرب (DT)

این آزمایش‌ها با تخریب اتصال از طریق اعمال تنش‌های متفاوت تا مرحله تغییر فرم و شکست و بریدن اتصال به منظور بررسی فلز جوش و خواص مکانیکی آن انجام می‌شود که در موارد زیر کاربرد دارد:

- ارزیابی مواد اولیه (فلز پایه و مواد مصرفی جوش کاری)
- تعیین کیفیت طراحی در اتصال
- تعیین صلاحیت جوش کاری
- تعیین ساختارهای فلز جوش (متالوگرافی)
- پاسخ‌گویی اتصال در شرایط مختلف دما، نیرو، فشار یا کشش

این آزمایش‌ها چون با تخریب اتصال عملی (همراه) می‌شود، به آزمایش‌های مخرب معروف هستند و به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

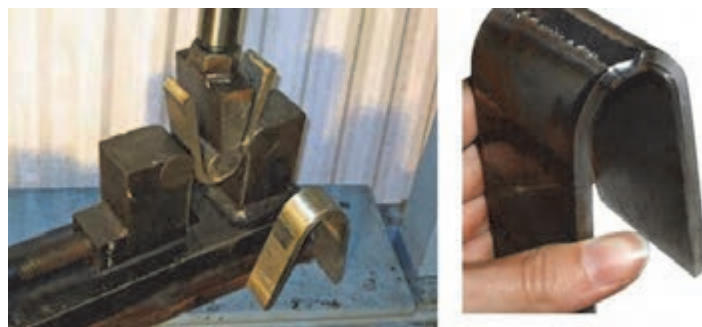
آزمایش کشش:

اتصالات را تحت تنش کشش قرار می‌دهند یا نمونه کششی از فلز جوش را تهیه و مطابق استاندارد مورد آزمایش قرار می‌دهند (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

■ **آزمایش خمش:** در این آزمایش، اتصالات جوش کاری شده را در جهت ریشه، رویه جوش و نیز در جهت عرضی جوش تحت خمش قرار می دهند (شکل ۴۵).



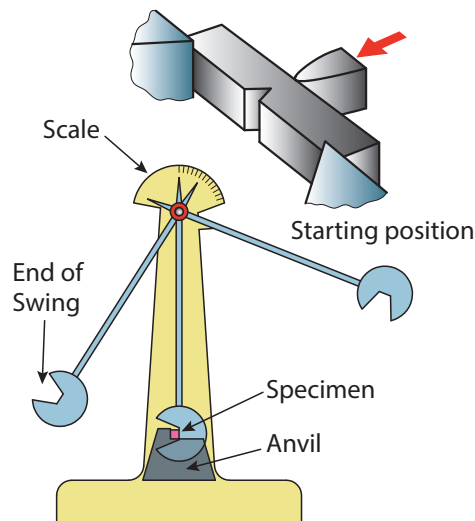
شکل ۴۵

درباره آزمایش کشش و خمش تحقیق کنید.

تحقیق کنید



■ **مقاومت در برابر ضربه:** نمونه هایی از فلز جوش طبق ابعاد داده شده تهیه می کنند و تحت آزمایش ضربه، رفتار جوش را بررسی می کنند (شکل ۴۶).



شکل ۴۶



شکل ۴۷ - روش تهیه نمونه برای آزمایش کشش و ضربه

آزمایش‌های غیرمخرب (روش‌های NDT) (Non Destructive Test)

در این روش‌ها اتصالات انجام‌شده در یک پروژه بدون تخریب بازرسی و کنترل قرار می‌گیرد. روش‌های NDT شامل آزمایش‌های چشمی (VT)، آزمایش‌های مایع نفوذی (PT)، آزمایش‌های مافوق صوت (UT)، آزمایش مغناطیسی (MT)، آزمایش رادیوگرافی (RT) و آزمایش نشتی (LT) است که در بخش ۶ قسمت C از کد AWS D1.1 موجود است.

آزمایش چشمی (VT):

شامل آزمایش قبل از جوش کاری، در حین جوش کاری و پس از جوش کاری است. مشخصات مواد مورد جوش کاری باید با آنالیز و اطلاعات ثبت شده در (WPS) مطابقت داده شود؛ درز اتصال از نظر ابعاد و اندازه و تفرانس مطابقت داده شود و از مواد خارجی از قبیل گریس، رنگ و اکسید باید عاری بوده و تمیز باشد. قطعات صدمه دیده که پیچیدگی یا خمیدگی دارند، قبل از جوش کاری باید تعمیر یا تعویض گردند. هم محور بودن قطعات باید مورد توجه باشد. عملیات حرارتی مانند خشک کردن الکتروود، جریان مناسب الکتروسیته و دستگاه جوش کاری با قدرت لازم باید قبل از جوش کاری بازرسی شود.

مهمترین عملیات، بازرسی چشمی پس از جوش کاری است. جوش باید از لحاظ تمامی عیوب ظاهری، بررسی شود. کنترل خلل و فرج، سرباره باقی مانده روی جوش، نفوذناپذیری، ترک های سطحی، ذوب شدن، بریدگی کناره، بررسی مقعر و یا محدب بودن سطح روی جوش و سطح زیر جوش از نظر یکنواختی، شکل موج ها، جرقه های جوش و اندازه جوش ها، یکسان بودن ساق جوش های ماهیچه ای (Fillet)، طول خط جوش ها، میزان نفوذ در اتصالاتی که از یک طرف جوش کاری می شوند، به راحتی از ظاهر جوش توسط بازرسی واقعی تشخیص داده می شود. از طرف دیگر با این بازرسی می توان در خصوص عیوب داخلی جوش هم تا حدودی اطمینان حاصل کرد.

کار عملی



از یک کارخانه کشتی سازی یا کارگاه جوش کاری بازدید کنید و جوش کاری های انجام شده را بررسی کنید.

وسایل استفاده شده در بازرسی چشمی عبارتند از:

گپ سنج (Gap gauge):

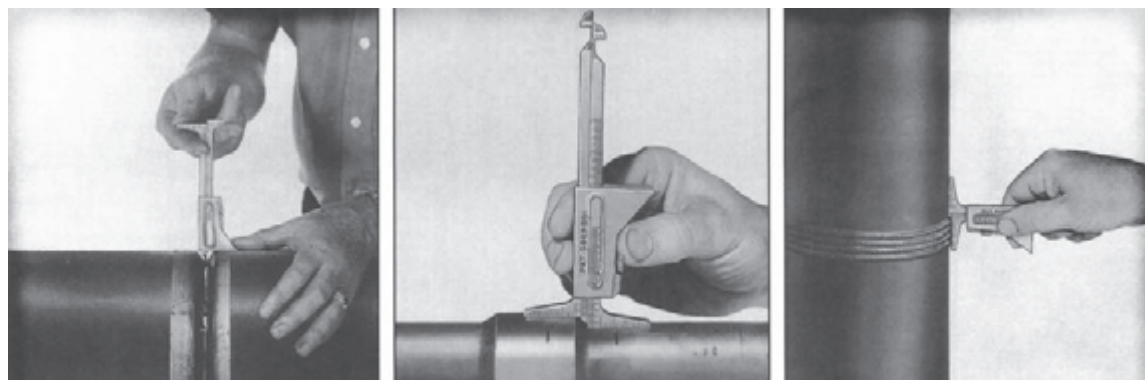
برای اندازه گیری فاصله ریشه جوش قبل از جوش کاری استفاده می شود (شکل ۴۸).



شکل ۴۸

هایلو گیج (HI-LO Gauge):

برای اندازه گیری گرده های جوش از $\frac{1}{8}$ اینچ تا یک اینچ یعنی $\frac{2}{32}$ تا $\frac{25}{32}$ میلی متر) به کار می رود و تحدب و تقعر جوش و ناهم تراز را نیز می توان کنترل کرد (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

گیج چندمنظوره یا کم گیج (Camgauge):

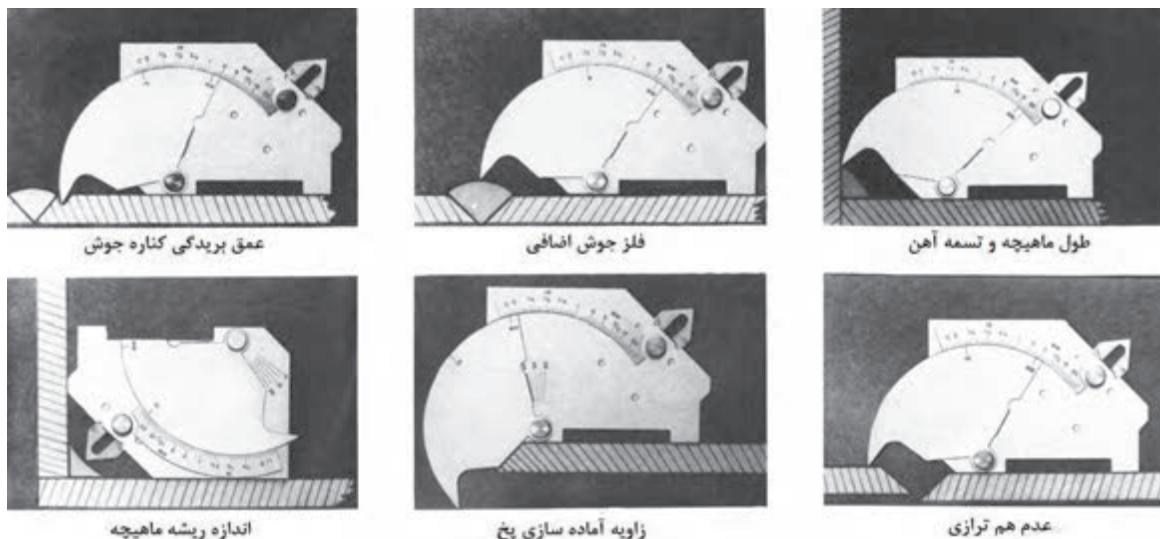
این گیج‌ها قادر به انجام چندین اندازه‌گیری هستند؛ مانند تحدب و تقعر جوش، گردۀ جوش و اندازه ریشه که در (شکل‌های ۵۰ و ۵۱) همراه با روش‌های اندازه‌گیری آمده است.



شکل ۵۰

با این وسیله می‌توان موارد زیر را اندازه‌گیری کرد (شکل ۵۰):

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| ۱- زاویۀ آماده‌سازی | ۵- ارتفاع گرده |
| ۲- فلز جوش اضافی | ۶- ناهم‌ترازی |
| ۳- عمق بریدگی کناره جوش | ۷- اندازه گلویی جوش |
| ۴- اندازه ریشه | ۸- طول گردۀ جوش |



شکل ۵۱

دو قطعه که برای جوش کاری شیار لبه سازی شده است و دو قطعه که قبلاً به صورت شیار و سپری جوش داده شده اند، توسط ابزار بازرسی چشمی کنترل کنید؟

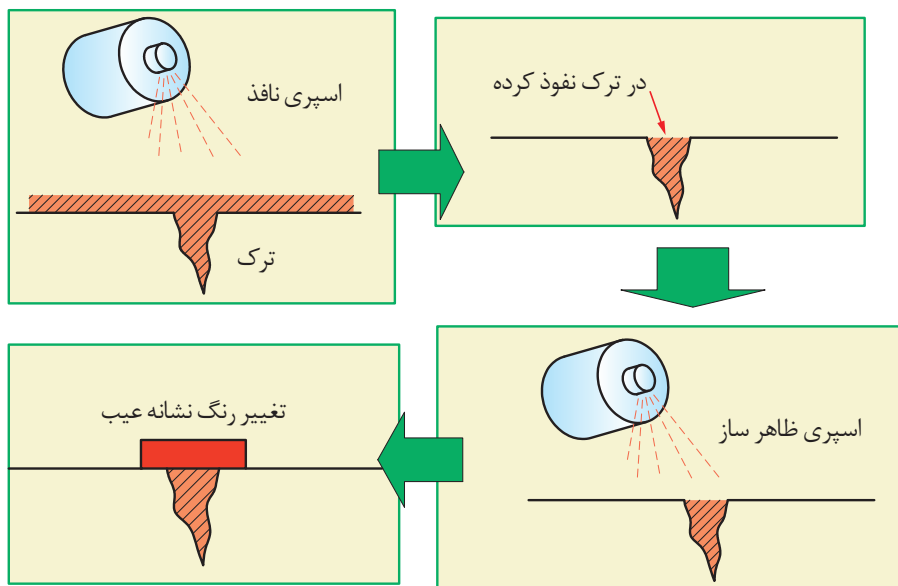
کار عملی



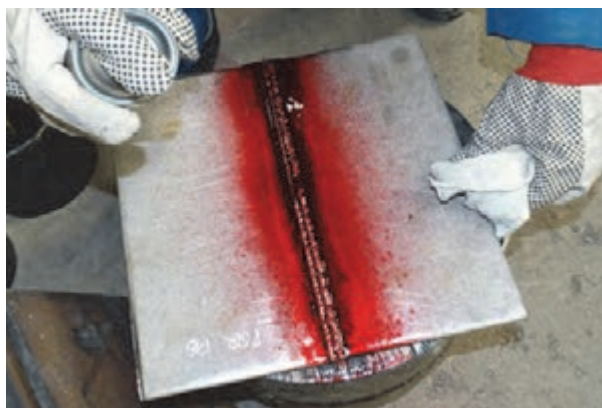
تست مایعات نفوذی (PT):

این آزمایش با نفوذ مایع با استفاده از خاصیت موئینگی در درزها و شکافها و سوراخهایی که در سطح جوش ظاهر می شوند، عملی می گردد. روش کار به این صورت است که ابتدا سطح جوش کاملاً برس زده می شود و به اندازه کافی تمیز می گردد و قبل از آزمایش کاملاً خشک می شود.

بعد از تمیز کاری سطح جوش، مایع نافذ اغلب به صورت اسپری روی کار پاشیده می شود (این اسپری معمولاً قرمز رنگ است). سپس مدت زمان کافی روی قطعه می ماند تا بتواند داخل عیبهایی که تا سطح جوش رسیده اند، نفوذ کند (اعمال مایع نافذ با استفاده از برس و یا به روش غوطه وری نیز می تواند انجام شود). سپس مایع به طور کامل از سطح کار پاک می شود و مایع ظهور که اغلب سفید رنگ است، روی کار پاشیده می شود و سپس به تحلیل نشانه ها پرداخته می شود. چنانچه عیب به سطح جوش برسد و مایع نافذ در آن جای گرفته باشد، در تماس با مایع ظهور آن محل تغییر رنگ می دهد و عیب مشخص می شود (شکل ۵۲).



شکل ۵۲



شکل ۵۳ - آزمایش با ماده نافذ

آزمایش ذرات مغناطیسی (MT):

این روش با استفاده از تشکیل خطوط مغناطیسی روی سطح جوش و انحراف آن خطوط به دلیل وجود عیوب در جوش عملی می‌گردد. این روش روی فلزات مغناطیسی‌شونده عملی است. مغناطیسی کردن توسط یکیوک (آهنربای برقی) انجام می‌گیرد و براده آهن برای ایجاد خطوط مغناطیس به کار می‌رود. معمولاً در این روش ابتدا برای ایجاد زمینه دید مناسب، سطح قطعه مورد آزمایش را با اسپری سفیدرنگ می‌پوشانند و سپس قطعه را با استفاده از آهنربای الکتریکی مغناطیسی می‌کنند. در صورت ناپیوستگی در جوش خطوط مغناطیسی که روی سطح کار قرار دارد، منحرف می‌شود و باعث تجمع براده‌های آهن می‌گردد؛ از این طریق می‌توان به وجود ناپیوستگی‌ها در جوش پی برد (شکل ۵۴).



شکل ۵۴

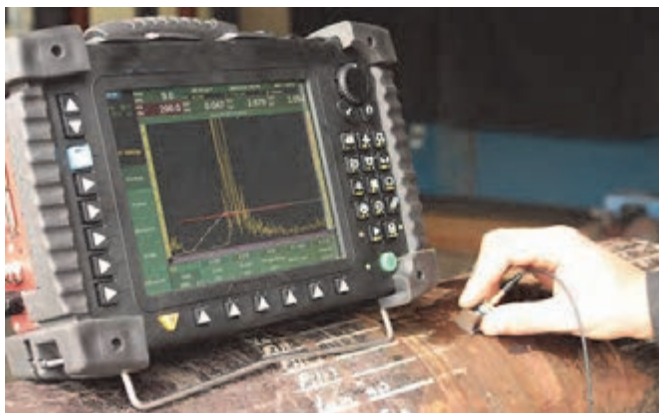
آزمایش مایع نافذ و ذرات مغناطیسی برای تشخیص چه عیب جوشی کاربرد زیاد دارد؟

بحث کلاسی



آزمایش اولتراسونیک (UT):

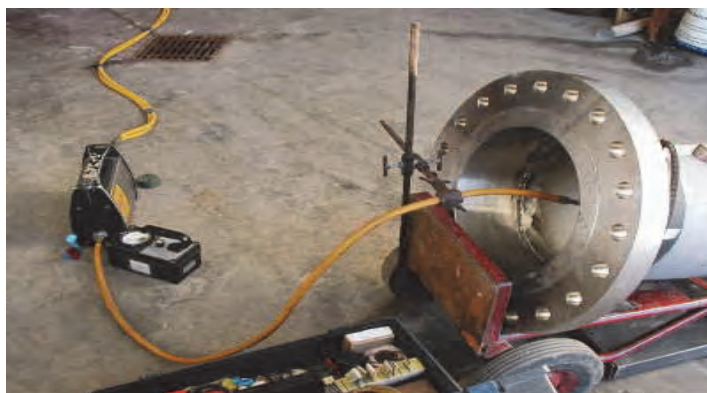
آزمایش فراصوتی به طور گسترده در آشکارسازی نقص‌های درونی مواد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش برای ضخامت‌سنجی قطعات کشتی و مخازن هم به کار می‌رود. روش کار بدین صورت است که امواج فراصوتی که توسط مبدل‌های پیزوالکتریک تولید می‌شوند، توسط پروب‌ها (Prob) داخل قطعه هدایت می‌شوند و پس از عبور از قطعه، وارد فضای گازی نشده و برگشت می‌کنند و امتداد عبور امواج فراصوتی روی مانیتور به صورت اکو مشاهده می‌شود. از آنجایی که سرعت صوت در هر جسمی ثابت و مشخص است، با توجه به مکان اکو بر روی مانیتور دستگاه بازرسی UT و سرعت صوت در جسم مورد نظر می‌توان ضخامت قطعه را به دست آورد. حال اگر اکوی رؤیت‌شده روی صفحه مانیتور دستگاه زودتر از محل مورد انتظار ظاهر گردد، نشان‌دهنده وجود ناپیوستگی در داخل قطعه است. در این حالت با جابه‌جا کردن پروب بر روی قطعه می‌توان به نوع، محل و اندازه عیب دست یافت (شکل ۵۵).



شکل ۵۵

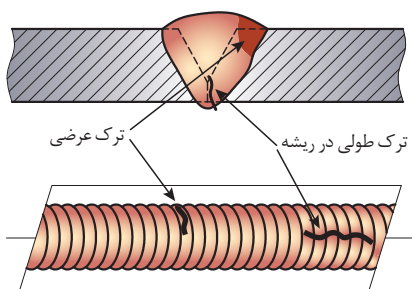
آزمایش رادیوگرافی (RT):

یکی از مفیدترین و متداول‌ترین روش‌های تعیین سلامت جوش است که در اتصالات مختلف و با ابعاد گوناگون استفاده می‌شود؛ به صورتی که آزمایش دارای فیلم قابل بایگانی است (شکل ۵۶).



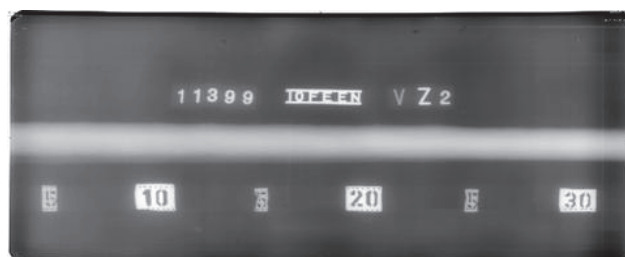
شکل ۵۶

روش کار به این صورت است که اشعه X را از قطعه عبور می‌دهند. قسمتی از اشعه جذب و مقداری از آن در طرف دیگر از قطعه خارج می‌شود. چنانچه فیلم یا صفحه حساس را در طرف دیگر مستقیماً قرار دهیم تا اشعه بر روی آن اثر کند، ضخامت‌های بیشتر باعث عبور کمتر اشعه می‌شود و صفحه فیلم روشن‌تر است و نیز قسمت‌های نازک‌تر اشعه بیشتر عبور می‌کند و در نتیجه صفحه فیلم تیره‌تر است؛ در خصوص عیوب هم از این خاصیت استفاده می‌شود (شکل ۵۷).



شکل ۵۷

همچنین عبور اشعه از فلزات با چگالی‌های متفاوت موجب می‌شود که اشعه از فلز کمتر عبور کند و در نتیجه صفحه روشن‌تر خواهد بود. چنانچه اشعه از جوش عبور کند و جوش سالم و یکنواخت باشد، صفحه به طور یکنواخت تار می‌شود. وجود هرگونه عیب نظیر حفره گازی، سرباره محبوس‌شده، ترک، عدم نفوذ و غیریکنواختی ضخامت باعث می‌شود اشعه در مواضع (محل‌ها) رقیق‌تر از قطعه کمتر جذب شود و با شدت بیشتری بر روی فیلم اثر بگذارد. به شکل ۵۸ توجه کنید. چشمه پرتو ممکن است تیوپ ایکس یا دوربین رادیوگرافی گاما باشد. در این روش با قرار دادن حروف سربی روی قطعه می‌توان شماره قطعه را روی تصویر داشته باشیم (شکل ۵۸).



شکل ۵۸

در هنگام انجام آزمایش رادیوگرافی باید فاصله مناسب از دستگاه رعایت شود و از عبور و مرور افراد جلوگیری شود.

نکته ایمنی



در انجام این آزمایش باید توجه داشت اگر در محیط باز و یا در محیط زیست جانوران قرار دارد، به دلیل تأثیر اشعه X این آزمایش در زمانی انجام گیرد که کمترین تأثیر را بر موجودات داشته باشد و تا شعاع ایمن سعی گردد از نبود جانداران اطمینان حاصل شود.

نکته زیست محیطی



ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	آزمایش‌های جوش	مکان: کارگاه جوش کاری گپ‌سنج، هایلو گیج، گیج چند منظوره، اسپری مایع نافذ، اسپری ظاهرکننده	بالاتر از حد انتظار	۱- آزمایش چشمی را انجام دهد. ۲- آزمایش مایع نافذ را بتواند انجام دهد. ۳- آزمایش‌های اولتراسونیک، ذرات مغناطیسی و رادیوگرافی را بداند. ۴- بازرسی جوش با وسایلی مانند گیج چند-منظوره و گپ‌سنج را بتواند انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- آزمایش چشمی را انجام دهد. ۲- آزمایش مایع نافذ را بتواند انجام دهد. ۳- آزمایش‌های اولتراسونیک، ذرات مغناطیسی و رادیوگرافی را بداند.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- آزمایش چشمی را انجام دهد.	۱

ارزشیابی شایستگی بازرسی جوش

شرح کار:

شناسایی عیوب جوش
روش‌های جلوگیری از عیوب جوش
آزمایش‌های جوش

استاندارد عملکرد:

عیوب جوش را شناسایی کنند، راه‌های پیش‌گیری از بعضی عیوب جوش را به طور عملی انجام دهند و پس از جوش‌کاری، آزمایش چشمی و آزمایش مایع نافذ را انجام دهند و با روش انجام آزمایش‌های دیگر جوش آشنا شوند.

شاخص‌ها:

- سطح قطعه کار تمیز و بدون گرد و غبار، زنگ‌زدگی و چربی باشد
- کنترل لبه‌سازی و مهار قطعه کار قبل از جوش‌کاری و در حین جوش‌کاری با ابزار آزمایش چشمی
- کنترل جوش پس از جوش‌کاری و شناسایی عیوب جوش
- انجام آزمایش مایع نافذ

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش‌کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.
ابزار و تجهیزات: گپ‌سنج، هایلو گیج، گیج چندمنظوره، اسپری مایع نافذ، اسپری ظاهرکننده.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی عیوب جوش	۲	
۲	روش‌های جلوگیری از عیوب جوش	۱	
۳	آزمایش‌های جوش	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ...	۲	
	۱- رعایت نکات زیست‌محیطی		
	۲- تمیزکاری محیط پس از انجام آزمایش مایع نافذ		
	۳- رعایت نکات ایمنی		
	میانگین نمرات		*

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

- ۱- برنامه درسی رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۲- استاندارد شایستگی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۳- استاندارد ارزشیابی حرفه رشته مکانیک موتورهای دریایی. (۱۳۹۲). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۴- راهنمای عمل طراحی و تألیف بسته تربیت و یادگیری رشته‌های فنی و حرفه‌ای. (۱۳۹۳). سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
- ۵- کوکبی، امیرحسین. (۱۳۸۴). تکنولوژی جوش کاری. موسسه انتشارات علمی.
- ۶- اسکندری، حسین و زارعی، عبدالخالد. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر جوش کاری در صنعت کشتی‌سازی. انتشارات دانشگاه خلیج فارس.
- ۷- شاهدی، علی و استاد رحیمی، محمد مهدی. (۱۳۸۴). تکنولوژی و کارگاه جوش کاری، تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۸- شاهدی، علی و دلیخون، بهرام. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه جوش برق. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۹- تقی پور ارمکی، حمید؛ زارعی، بهرام؛ سلطان محمدی، محمدرضا و شادی، حمیدرضا. (۱۳۹۵). ساخت مصنوعات فلزی سبک. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۱۰- فردی، مهدی. (۱۳۹۵). تکنولوژی و کارگاه تغییر شکل نیم‌ساخته. انتشارات سازمان فنی و حرفه‌ای، دفتر تألیف و برنامه‌ریزی درسی.

11-H.Tschaetch. (2005).” Metal Forming Practice”, Translated by: Anne Koth. Springer Berlin Heidelberg, Newyork.

12-T. Vadamphol. (2007).” Fundamentals of Metalworking”, Suranaree University of Technology, Lecture Note.

13-ABS Guide for Shipbuilding and Repair Quality standard for Hull Structures During Construction. (2007). American Bureau of Shipping.



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

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب های درسی راه اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب های درسی نونگاشت، کتاب های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان ها، گروه های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس نقش سازنده ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده اند به شرح زیر اعلام می شود.

همکاران هنرآموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت فعال داشته اند.
استان سیستان و بلوچستان
آقای مصطفی یزدانی مقدم برج
استان مازندران
آقای جلال الدین آموزگار
استان هرمزگان
آقای جعفر عبدالله پور

ارگان ها و موسساتی که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته اند:
۱- اداره کل امور دریایی و سازمان های تخصصی بین المللی سازمان بنادر و دریانوردی
۲- موسسه آموزشی کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران
۳- نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران
۴- نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ایران
۵- مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران
۶- دبیرخانه کشوری هنرستان های علوم و فنون دریایی

