کتاب جوشکاری برق و گاز

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

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

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

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز مکانیک موتورهای دریایی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات عمومی و تخصصی استخدام آموزش و پرورش

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

جوش‌کاری برق و گاز

رشتهٔ مکانیک موتورهای دریایی

گروه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: جوش‌کاری برق و گاز ـ ۲۱۱۵۰۲
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: ارسلان اقدامی، کریم اکبری وکیل‌آبادی، عبدالرضا باباخانی، افشار بهمنی، محمد خاکپورفرد، مصطفی ربیعی، مصطفی زنگنه، نصیب‌الله فاضلی، حسن کارگر، جلیل محمولی و فرهاد میریانی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
ارسلان اقدامی، عبدالرضا باباخانی و مصطفی زنگنه (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: سیدمرتضی میرمجیدی (رسام فنی) ـ فرشته حسن‌خانی قوام (صفحه آرا)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱
(دارو پخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دهم ۱۴۰۵

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

شابک ۱- ۲۷۹۳ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 - 964 - 05 - 2793-1**



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

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

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

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 جوش‌کاری 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 شاستگی‌های 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 دراین کتاب را کسب و در فرآیند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی جوش‌کاری برق و گاز شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد.کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمانها لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تایید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی باشد. 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 تالیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید.

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

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

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر 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 تالیف 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 بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته‌یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید.لازم 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 "برش‌کاری ورق فلزی" است. در این پودمان برش‌کاری انواع ورق‌های فلزی را به‌صورت دستی و صنعتی آموزش داده می‌شود.

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

پودمان سوم: دارای عنوان "جوش‌کاری برق"است. در این پودمان جوش‌کاری برق دستی آموزش داده می‌شود.

پودمان چهارم: دارای عنوان "جوش‌کاری گاز"است. در این پودمان جوش‌کاری اکسی-استیلن به‌صورت ذوبی و با مفتول مسوار و برنجی آموزش داده می شود.

پودمان پنجم: دارای عنوان "بازرسی جوش"است. در این پودمان عیوب جوش‌کاری و شیوه بازرسی و آزمایش های جوش آموزش داده می شود.

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

نظرسنجی کتاب درسی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

برش‌کاری ورق فلزی







واحد یادگیری ۱
برش‌کاری ورق فلزی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید

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

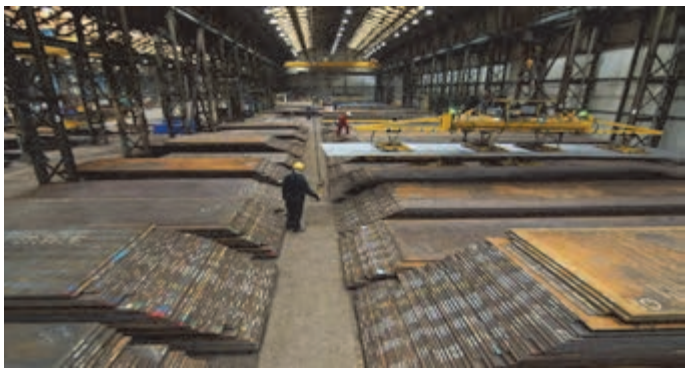
استاندارد عملکرد

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

خواندن و پیاده‌سازی نقشه

اهمیت برش‌کاری، خم‌کاری و جوش‌کاری فلز در ساخت کشتی

در محوطه کشتی‌سازی برای ساخت یک کشتی ابتدا نقشه‌های کارگاهی را توسط نقشه‌های طراحی مورد تأیید مؤسسات رده‌بندی مهیا می‌کنند. پس از تهیه نقشه‌های کارگاهی ساخت کشتی شروع می‌شود.



شکل ۱- محل نگهداری ورق‌های فولادی در محوطه کشتی‌سازی "STOCK YARD"

ورق‌های آهنی که مورد تأیید مؤسسه رده‌بندی است، به وسیله دستگاه شاپ پرایمر زنگ‌زدایی (سند بلاست) می‌شوند و سپس یک لایه رنگ آستری می‌خورند. پس از خشک شدن رنگ ورق‌ها به سمت دستگاه CNC یا پلاسما برده می‌شوند و قطعاتی که در ساخت کشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، توسط دستگاه‌های مذکور برش می‌خورند. باید دقت شود که قطعات بر روی ورق طوری کنار هم قرار گیرند که ورق کمترین هدررفت را داشته باشد. اگر قطعاتی که طبق نقشهٔ کارگاهی برش داده شده‌اند نیاز به خم‌کاری داشته باشند توسط دستگاه‌های خم‌کاری موجود در محوطه کشتی‌سازی خم‌کاری می‌شوند.

تحقیق کنید

ورق‌های فلزی چگونه باید نگهداری و جابه‌جا گردند؟



شکل ۲- دستگاه شاپ پرایمر



شکل ۳- دستگاه برش پلاسما

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 پنلی برای ساخت استفاده می‌شود). بلوک‌های کشتی طبق نقشه‌های از پیش مشخص‌شده ساخته می‌شوند. ساخت هر بلوک کشتی توسط بازرس مؤسسه رده‌بندی باید تأیید گردد. پس از هم‌بندی کردن هر بلوک باید آن را جوش‌کاری کرد. پس از اتمام ساخت بلوک باید توسط مؤسسه رده‌بندی باز هم تایید 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 حوضچهٔ پر از آب قرار دارد. پس از اتمام ساخت کشتی آزمایش تعادل کشتی در حضور بازرس مؤسسهٔ رده‌بندی که بر تمامی مراحل نظارت داشته است و ناظری از اداره بنادر و دریانوردی (در ایران) انجام می‌گیرد.



شکل ۴- اسمبل کردن بلوک کشتی



شکل ۵- جوش‌کاری بلوک کشتی



شکل ۶- اتمام جوش‌کاری بلوک کشتی



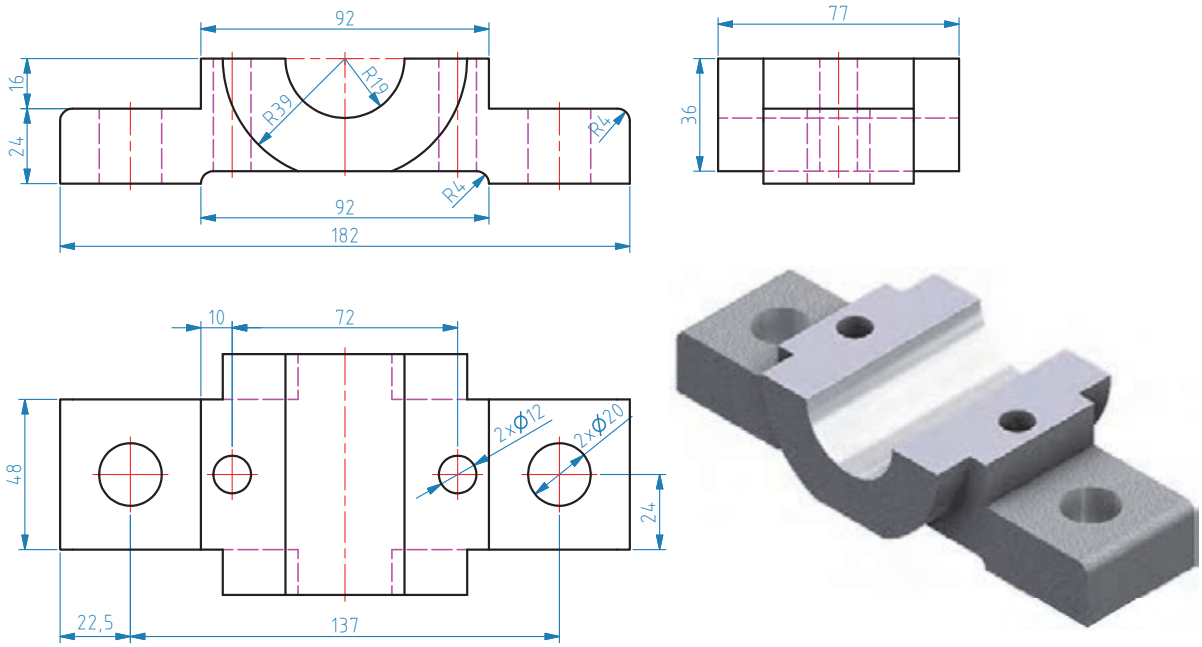
شکل ۷- در حال اجرای لوله‌کشی کشتی



شکل ۸- اتصال بلوک‌های کشتی

خواندن نقشه

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



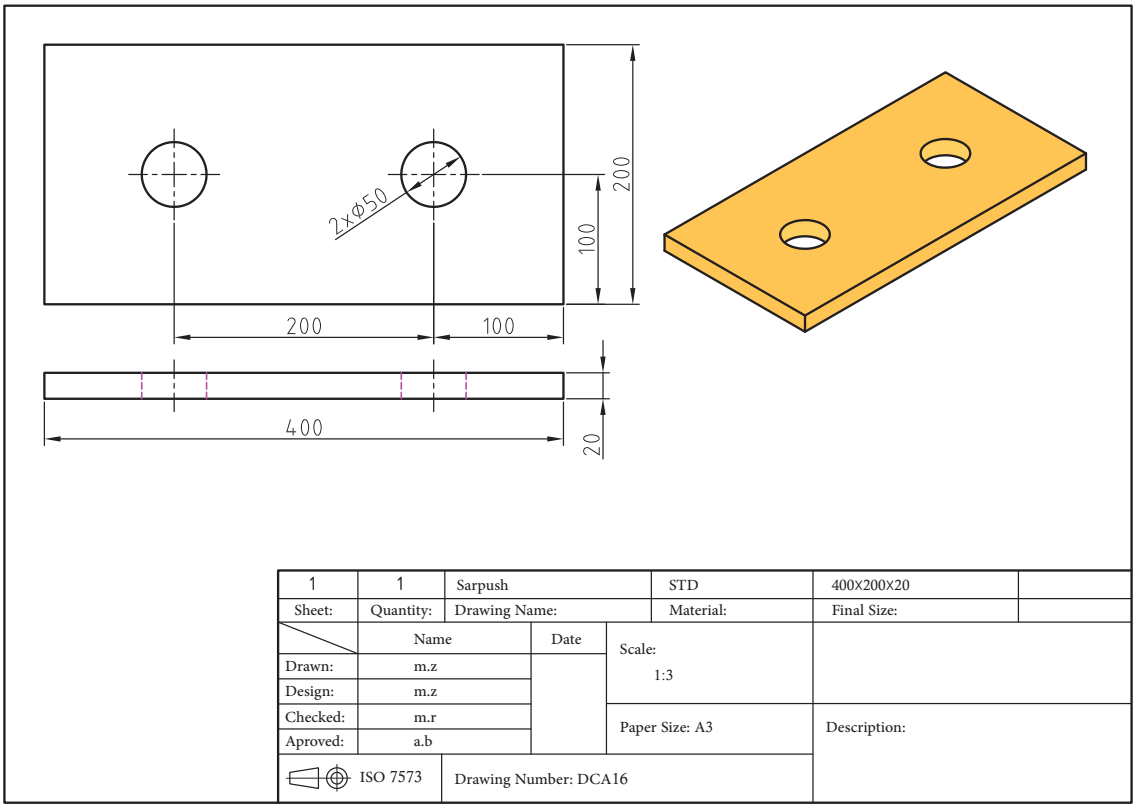
شکل ۹

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.

بحث کلاسی

در استاندارد ISO اعداد روی نقشه برحسب چه واحدی اندازه‌گیری می‌شود؟

خواندن‌نقشه 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 می‌توان برای برش‌کاری، خم‌کاری و اتصال فلزات(جوش‌کاری) استفاده کرد. هر نقشهٔ صنعتی دارای جدول استاندارد است مشخصات آن در پایین نقشه و اجزای نقشه(نماها و تصویر سه‌بعدی) در داخل کادر نقشه قرار دارد. ترتیب قرارگیری مشخصات نقشه به سلیقه طراح بستگی دارد.
جدول مشخصات نقشه شامل اطلاعاتی نظیر شمارهٔ نقشه، نام قطعه، جنس قطعه، مقیاس، لقی قابل قبول، نام ترسیم‌کننده، نام طراح، نام چک کنندهٔ نقشه و نام تأیید کنندهٔ آن است.



1	1	Sarpush		STD	400X200X20	
Sheet:	Quantity:	Drawing Name:		Material:	Final Size:	
	Name	Date	Scale: 1:3		
Drawn:	m.z				
Design:	m.z				
Checked:	m.r		Paper Size: A3	Description:	
Aproved:	a.b				
ISO 7573	Drawing Number: DCA16				

شکل ۱۰- جدول مشخصات

نقشه‌خوانی دارای چهار مرحله است:
۱- بررسی ویژگی‌ها و داده‌های جدول
۲- تجسم نقشه و پیدا کردن محور تقارن آن و خطوط مرکزی
۳- پیدا کردن اندازه‌ها، لقی قابل قبول و علایم نقشه
۴- تعیین خطوط اصلی و فرعی نقشه، خطوط برش و خم

کار در کلاس

با توجه به شکل ۱۱ جدول زیر را کامل کنید.

نام قطعه	جنس	مقیاس	شماره نقشه	استاندارد نقشه‌کشی	بزرگترین طول نقشه

						PROJECT TITLE: LANDING CRAFT 1000 TONNES	CLIENT: BUSHER 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			SHEET NO: 4 of 5		
CHECKED	S.D.R		CLASS APP. Asia			REF NO: —	DRAWING NO: LPA-102-002	
APPROVE	M.M		DIMENSION: mm					
4			5				6	

شکل ۱۱- نمونه‌ای از جدول مشخصات نقشهٔ ساخت یک کشتی

پیاده‌سازی نقشه

برای برش‌کاری ورق فلزی نیاز به پیاده‌سازی نقشه بر روی فلز است. در حقیقت پیاده‌سازی نقشه قسمتی از عملیات برش‌کاری 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 هزینهٔ تولید می‌شود. پس باید کوچک‌ترین جزئیات را در نظر گرفت تا از به وجودآمدن 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

توجه

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

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

جدول ۱

ابزار	کاربرد	عکس
خط‌کش 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 زاویهٔ قائمه	
پرگار(دارای دو کاربرد است)	وسیله‌ای برای رسم دایره و کمان	
	وسیله‌ای برای انتقال اندازه	
سوزن خط‌کش	وسیله‌ای برای خط‌کشی روی ورق فلزی	
سنبه‌نشان	وسیله‌ای برای نشانه‌گذاری روی ورق فلزی	
زاویه‌سنج	وسیله‌ای برای اندازه‌گیری و کنترل زاویه	

کار در منزل

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

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



شکل ۱۳- استفاده از سنبه برای نشانه‌گذاری



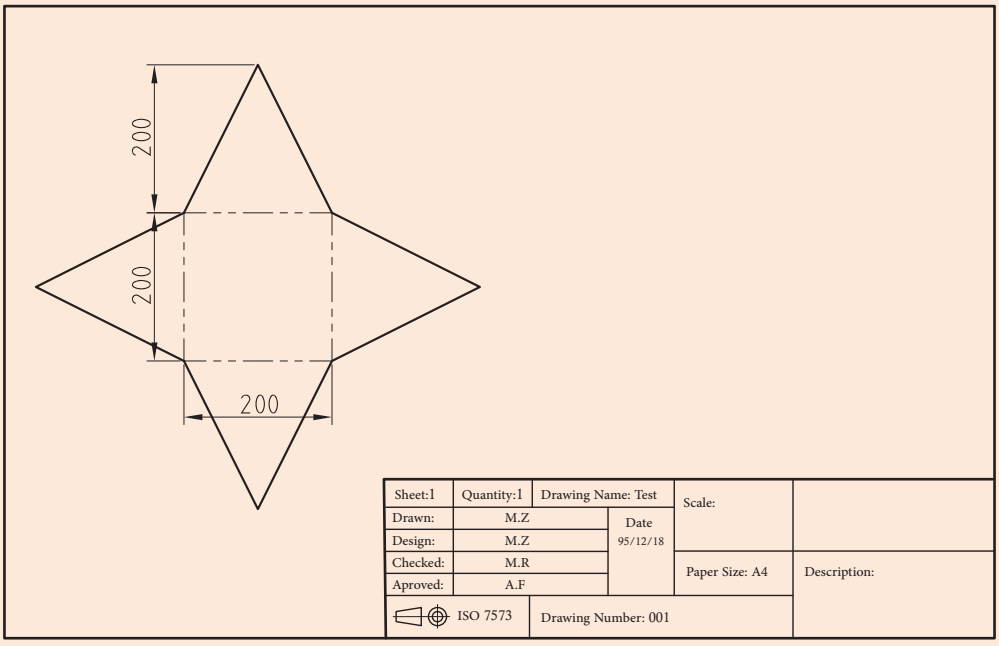
شکل ۱۴- استفاده از خط‌کش و سوزن خط‌کش



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

فعالیت کارگاهی

ورق فولادی با ابعاد ۰/۵ ×۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر انتخاب نمایید و سپس نقشه۱۶ را بر روی آن پیاده کنید.



شکل ۱۶

نکته ایمنی

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

نکته زیست محیطی

در برش‌کاری 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.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۱	خواندن و پیاده‌سازی نقشه	مکان:کارگاه ورق‌کاری 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

برش‌کاری ورق فلزی با قیچی دستی

قبل از پرداختن به برش‌کاری ورق فلزی لازم است هنرجویان با انواع ورق های‌فلزی 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 شده اند.

جدول۲

نوع ورق	نام ورق	کاربرد	تصویر
ورق فولادی	ورق سیاه	ساخت کشتی و مخزن ذخیرهٔ نفت	
	ورق روغنی	بدنهٔ خودرو	
	ورق عاج دار	ورق‌های کف موتورخانهٔ کشتی	

نوع ورق	نام ورق	کاربرد	تصویر
ورق پوشش دار	ورق گالوانیزه	کانال کولر-کابینت فلزی	
	ورق قلع‌اندود	قوطی کمپوت‌ها، کنسروها و مواد غذایی	
	ورق رنگی	ساخت لوازم خانگی	
ورق غیر فولادی	ورق استیل	ظروف‌آشپزخانه، سینک ظرف‌شویی، قاشق و چنگال	
	ورق آلومینیوم	بدنهٔ‌کشتی‌های تندرو، درب و پنجره آلومینیومی، فویل و ظروف آشپزخانه	
	ورق برنجی	پروانهٔ‌کشتی، تیغهٔ‌سکان و آلات موسیقی	

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

جدول۳

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

با افزایش اندازهٔ کشتی‌ها نظیر تانکرها و فلّه‌برها، 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 بدنهٔ کشتی در دماهای پایین قرار گیرد، از دسته‌های فولاد ذکرشده 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- درجهٔ سانتی‌گراد است. جدول ۴ آزمون چارپی دسته‌های فولاد را نشان داده است.

جدول۴

نوع فولاد	دما برحسب درجهٔ 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 لایهٔ نازک غیرفعال در سطح خود نیاز به اکسیژن دارد. در مکان هایی 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 ذکرشده رنگ کردن فولاد ضدزنگ فایده چندانی 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 به‌جای استفاده از فلزاتی چون فولاد، از فلزاتی با چگالی کمتر مانند آلومینیوم استفاده کنند. این کار باعث می‌شود وزن سازهٔ 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 دانسیتهٔ پایین و مقاومت بالا نسبت به وزن، مقاومت به خوردگی در محیط‌های خاص یا کسب چقرمگی در دماهای پایین نیاز باشد. با پیشرفت جوش‌کاری گاز، امکان استفاده از آلیاژهای آلومینیوم برای کاربردهای سازه‌ای بسیاری از کشتی‌ها مهیا شده است. آلیاژهای آلومینیوم در روسازی کشتی‌های بزرگ و یا

کل سازهٔ 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 کابینت های‌فلزی و کانال کولر کاربرد دارد.	
ورق نازک (Sheet)	ضخامت این ورق از یک میلی‌متر تا سه میلی‌متر است و در ساخت بدنهٔ خودرو کاربرد دارد.	
ورق متوسط(Plate)	ضخامت این ورق از سه میلی‌متر تا شش میلی متر 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 دستهٔ قیچی تعیین می‌شود.

کار در کلاس

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

جدول ۶

نوع قیچی	کاربرد	تصویر
مستقیم‌بُر	برای برش‌کاری مستقیم ورق و برش‌های کوتاه به سمت چپ و راست	
	برای برش‌کاری مستقیم ورق و برش به سمت چپ	
راست بُر		
طویل بُر		
سوراخ بُر		
	برای برش‌کاری ورق فلزی با شکل‌های منحنی و دایره‌ای شکل	

تحقیق کنید

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

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

جدول ۷

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

اجزای قیچی‌های دستی:

قیچی دستی دارای اجزای زیر است:

۱-تیغه بالا و پایین:

ویژگی این تیغه‌ها داشتن دندانهٔ پهن و دقیق روی آنها است که از سُر 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 دستهٔ قیچی، از یک فنر پیچشی ارتجاعی استفاده شده است.



شکل ۱۷- اجزای قیچی دستی

توجه

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.

ایمنی و اصول استفاده از قیچی‌های دستی:

۱- استفاده از دست کش چرمی و عینک شیشه‌ای محافظ در حین کار با قیچی ورق‌بری توصیه می‌شود (شکل ۱۸). هنگام برش‌کاری ممکن است قطعات کوچک به هوا پرت شوند و باعث آسیب به شما گردند.



شکل ۱۸

۲- برای برش‌کاری از فشار معمول دست‌هایتان استفاده کنید و از ضربه زدن به دستهٔ قیچی خودداری نمایید(شکل ۱۹).



شکل ۱۹

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



شکل ۲۰

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



شکل ۲۱

۵- برای برش طرح و شکل دایره‌ای از قیچی گردبُر استفاده کنید(شکل ۲۲).



شکل ۲۲

۶- هنگام برش‌کاری مسیر طولانی، از قیچی طویل‌بُر یا از قیچی مستقیم‌بُر استفاده کنید.
توجه داشته باشید اگر می‌خواهید از قیچی مستقیم‌بُر استفاده کنید، ورق را کمی خم کنید(شکل ۲۳).



شکل ۲۳

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

کار در کلاس

جدول ۸ را کامل کنید.

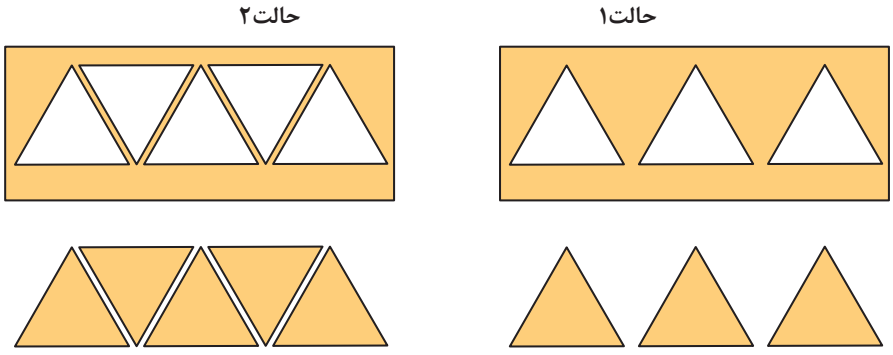
جدول۸

روش	روش انجام	کاربرد	تصویر
فاق‌بُری	برش بخش کوچکی از ورق فلزی بدون دورریز		
اضافه‌بُری	برش سرتاسری ورق فلزی با دورریز		
شکل‌بُری	برش دور تا دور بخشی از ورق فلزی		
سوراخ‌کاری	برش و ایجاد سوراخ بر روی ورق فلزی		

محاسبهٔ مقدار دورریز در برش‌کاری

فکر کنید

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



شکل ۲۴

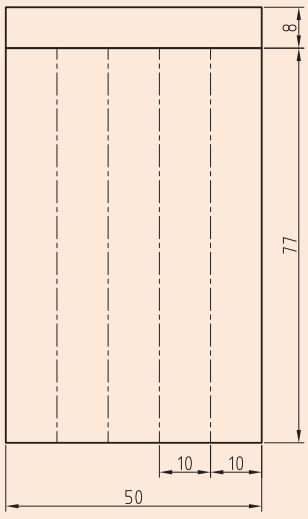
باید دقت کرد که چیدمان قطعات بر روی یک ورق فلزی طوری باشد که کمترین دورریز را داشته باشیم.
در صنعت برای رسیدن به بیشترین سود سعی می‌شود کمترین دورریز ورق را داشته باشند؛ به همین منظور چیدمان قطعات توسط نرم‌افزارها انجام می‌گیرد. چیدمان قطعات در ورق فلزی را NESTING گویند.
دورریز، به مقدار ورق باقی‌مانده از محصول اصلی را گویند. برای محاسبهٔ دورریز ورق در برش‌کاری باید سطوح قطعات ساخته‌شده را از سطح اولیه ورق کم کنیم. عدد به دست آمده سطح دورریز ورق است.

درصد دورریز ورق برمبنای سطح اولیه = (مساحت دورریز ÷ مساحت کل ورق) ×۱۰۰

درصد دورریز ورق بر مبنای سطح ساخته‌شده = (مساحت دورریز ورق ÷ مساحت سطح برش) ×۱۰۰

کار عملی

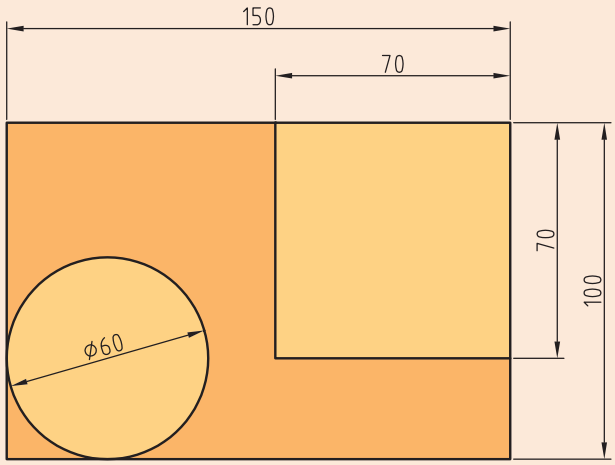
با توجه به نقشهٔ شکل مقابل ورق فولادی به ابعاد ۰/۵×۵۰×۸۵ میلی‌متر انتخاب کنید و نقشه را بر روی آن پیاده نمایید. سپس با قیچی مناسب برش‌کاری کنید. دورریز ورق را محاسبه کنید.



شکل ۲۵

کار عملی

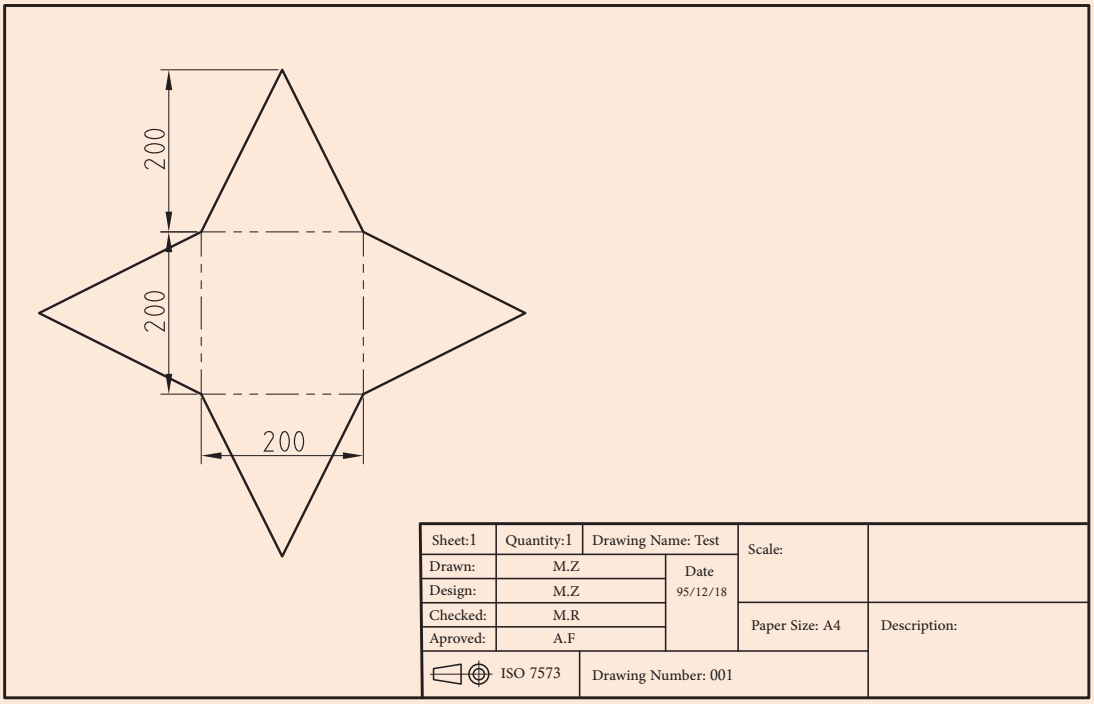
ورق گالوانیزه به ابعاد ۵۰×۱۰۰×۰/۵ میلی‌متر مطابق شکل ۲۶ انتخاب کنید. هر شکل را با قیچی مناسب برش دهید.



شکل ۲۶

فعالیت کارگاهی

با توجه به شکل ۱۶ و پیاده‌سازی قبلی با قیچی دستی مناسب برش‌کاری را انجام دهید و درصد دورریز ورق بر مبنای سطح اولیه و سطح ساخته‌شده را محاسبه کنید.



شکل ۲۷

فعالیت کارگاهی

زوایای شکل برش‌خوردهٔ نقشه ۱۶ را با استفاده از زاویه‌سنج به‌دست آورید.

توجه

پس از انجام برش‌کاری ورق فلزی با قیچی دستی ممکن است که لبه‌های قطعه دچار پیچیدگی و تابیدگی شود. با عملیات صاف‌کاری که به وسیلهٔ چکش پلاستیکی، صفحهٔ صاف فلزی یا سندان و سوهان انجام می‌گیرد، این عیوب را رفع می‌کنیم.

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

برش‌کاری ورق فلزی با قیچی اهرمی

همان گونه که آموختیم، قیچی دستی می‌تواند ورق نازک را تا ضخامت یک میلی‌متر برش دهد. اکنون با افزایش ضخامت ورق چه بایدکرد؟

در گذشته برای بالا بردن قدرت قیچی‌های دستی، از لوله برای ازدیاد طول دستهٔ قیچی استفاده می‌شد تا بازوی گشتاور قیچی را زیاد کند که این خود از لحاظ ایمنی درست نبود و باعث خرابی قیچی می‌گردید.

قیچی اهرمی

اگر بخواهیم ورق‌های فلزی با ضخامت بیشتر از توان قیچی دستی را برش‌کاری نماییم از قیچی اهرمی استفاده می‌کنیم. با قیچی اهرمی هم به صورت صاف و هم بصورت منحنی می‌توان ورق فلزی را برش‌کاری کرد. از مزایای برش‌کاری با قیچی اهرمی، برش بدون براده‌برداری و دورریز کم است. در ضمن، از قیچی‌های اهرمی برای برش‌کاری پروفیل‌هایی چون تسمه، میله‌گرد و نبشی می‌توان استفاده کرد.

انواع قیچی اهرمی:

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

کار در کلاس

جدول ۹ را کامل کنید.

جدول ۹

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

مراحل برش‌کاری با قیچی اهرمی

با اجرای منظم سه مرحله زیر، برش‌کاری به‌صورت مطلوب توسط قیچی اهرمی انجام می‌شود:

مرحلهٔ ۱- نفوذ:
تیغه‌ها پایین می‌آیند و با قطعه تماس پیدا می‌کنند. برای ادامهٔ کار باید نیروی بیشتری وارد کرد. قطعه بین دو تیغه فشرده می‌شود و از خود مقاومت نشان می‌دهد. زمانی که نیروی تیغه‌ها با نیروی مقاومت قطعه برابر شد، مرحله ۱ یا نفوذ آغاز می‌گردد.



شکل ۲۸- ایجاد شیار آغازین در قطعه

مرحلهٔ ۲- برش:
پس از مرحلهٔ نفوذ، با افزایش نیرو، تیغه‌ها بر مقاومت قطعه پیروز می‌گردند و در قطعه بیشتر نفوذ می‌کنند که به آن مرحلهٔ برش می‌گویند.



شکل ۲۹- نفوذ تیغه‌ها در قطعه

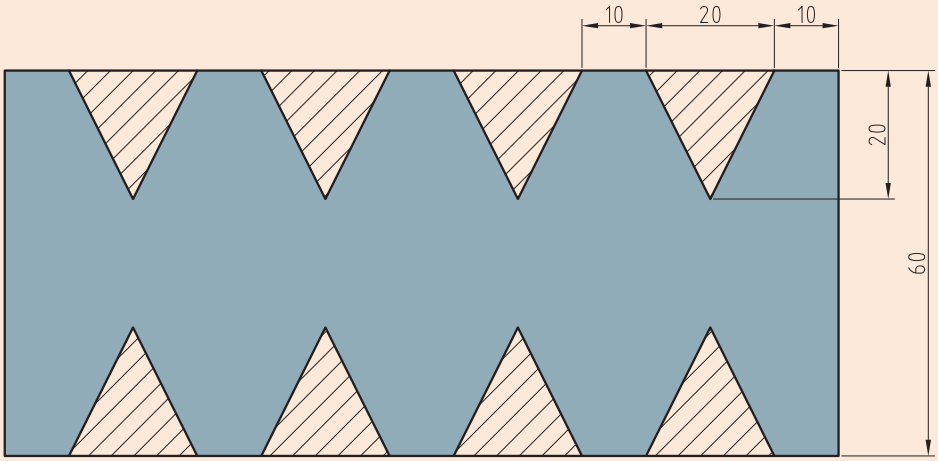
مرحلهٔ ۳- شکست:
در پایان برش‌کاری، با وارد کردن نیروی بیشتر قطعه در بین تیغه‌ها کاملا فشرده می‌شود و دیگر قادر به نفوذ نخواهد بود. در این مرحله افزایش تنش برشی باعث شکستن قطعه و پایان برش‌کاری می‌گردد که به آن مرحلهٔ شکست گویند.



شکل ۳۰- شکست قطعه در انتهای برش‌کاری

فعالیت کارگاهی

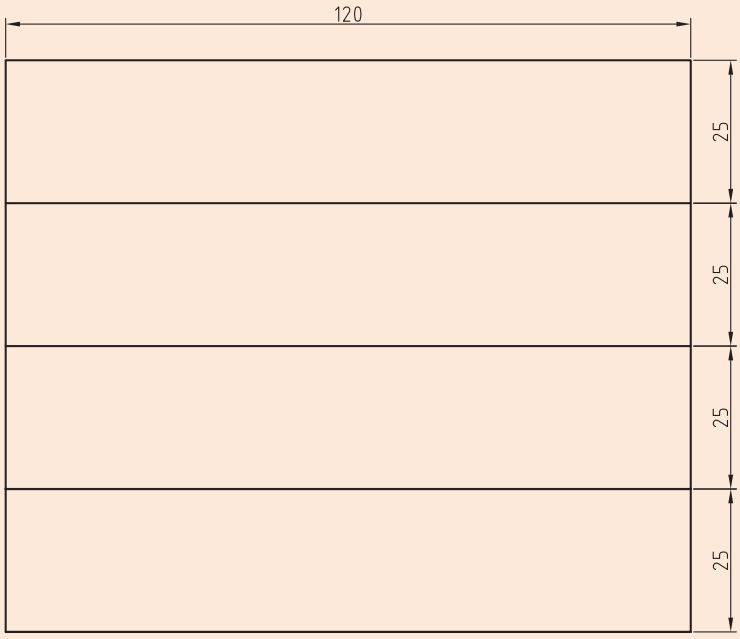
پس از برش ورق در اندازهٔ مناسب، آن را گونیا کنید و نقشهٔ شکل ۳۱ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش‌کاری نمایید. دورریز را محاسبه کنید.



شکل ۳۱

فعالیت کارگاهی

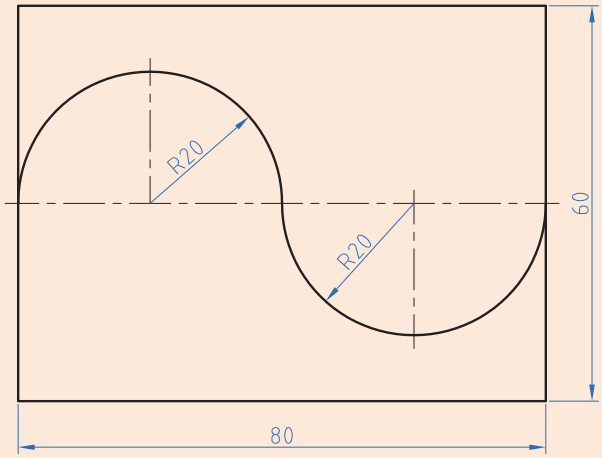
پس از برش ورق در اندازهٔ مناسب، آن را گونیا کنید و نقشهٔ شکل زیر را بر روی آن پیاده‌سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش‌کاری نمایید.



شکل ۳۲

فعالیت کارگاهی

پس از برش ورق در اندازهٔ مناسب آن را گونیا کنید و نقشهٔ شکل ۳۳ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید و توسط قیچی اهرمی برش‌کاری و کنترل نمایید.



شکل ۳۳

برش‌کاری ورق‌های ضخیم

در صنعت برش‌کاری ورق‌های ضخیم توسط دستگاه‌هایی چون گیوتین، دستگاه برش جت آب، دستگاه برش اتومات پلاسما و برش اتومات هوا گاز انجام می‌پذیرد.

در صنعت کشتی‌سازی ایران دستگاه‌های 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 می‌رسد، با استفاده از جریان اکسیژن فلز مورد نظر برش داده می‌شود. به‌کارگیری تکنولوژی CNC برای دستگاه برش هوا گاز باعث انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر اشکال مختلف می‌شود (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط دستگاه هوا گاز را مشاهده کنید.

دستگاه برش پلاسما:



شکل ۳۵

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

همچون سایر ماشین‌های ابزار، از سال ۱۹۸۰ تکنولوژی CNC برای ماشین‌های برش پلاسما استفاده گردید و از این طریق انعطاف‌پذیری بیشتری در برابر اشکال مختلف مورد تقاضا از طریق برنامه‌نویسی CNC از خود نشان داد؛ ولی باز هم با وجود کنترل‌کننده‌های CNC برش پلاسما به برش طرح‌ها و الگوها در صفحات و ورقه‌های تخت محدود است و فقط دارای دو محور (X,Y) هستند (شکل ۳۵).

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط دستگاه پلاسما را مشاهده کنید.

فکر کنید

مزایای برش پلاسما نسبت به روش‌های دیگر برش چیست؟

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

۱- تراشه فلزی ایجاد نمی‌گردد.

۲- دقیق برش می‌دهد.

۳- لبهٔ برش آن نسبت به برش هوا گاز صاف‌تر است.

دستگاه جت آب

امروزه جت‌های آب در خیلی از جنبه‌های برش‌کاری بی‌نظیر هستند و همچنین راه تولید بسیاری از محصولات را تغییر داده‌اند. انواع مختلفی از جت‌های آب امروزه موجودند که شامل جت‌های آب ساده(بدون مواد افزوده)، جت‌های آب به همراه مواد ساینده، جت‌های آب ضربه‌ای، جت‌های کاویتاسیونی آب و جت‌های هیبرید هستند.

ویژگی‌های 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 برش‌کاری سرد است و گرما ایجاد نمی‌کند. با همین ویژگی انواع مواد را به راحتی برش می‌دهد ولی در سایر روش‌های برش‌کاری احتمال سوختن، ذوب شدن و یا ترک برداشتن مواد وجود دارد.

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 برش‌کاری و شیارزنی غیرفلزات متخلخل مانند: چوب، چرم، اسفنج و ... مناسب است. هم‌چنین از آن برای برش‌کاری 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

نمایش فیلم

فیلم برش فلز توسط جت آب را مشاهده کنید.

فعالیت کارگاهی

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

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	برش‌کاری 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 برش‌کاری ورقه فلزی

شرح کار:

خواندن نقشه و پیاده‌سازی آن بر ورق فلزی

برش‌کاری توسط قیچی دستی

برش‌کاری توسط قیچی اهرمی

استاندارد عملکرد:

داده‌های مورد نیاز را از نقشه برش‌کاری به‌دست آورند و بر روی ورق فلزی پیاده‌سازی کنند. سپس توسط قیچی‌های دستی و اهرمی ورق فلزی را برش‌کاری دهند.

شاخص‌ها:

- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ‌زدگی باشد
- انتقال دقیق ابعاد و اندازهٔ نقشه، اندازه‌گیری و خط‌کشی روی ورق
- برش‌کاری مطابق نقشه
- انطباق دقیق ابعاد و اندازه نقشه با محصول برش‌خورده

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه ورق‌کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

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

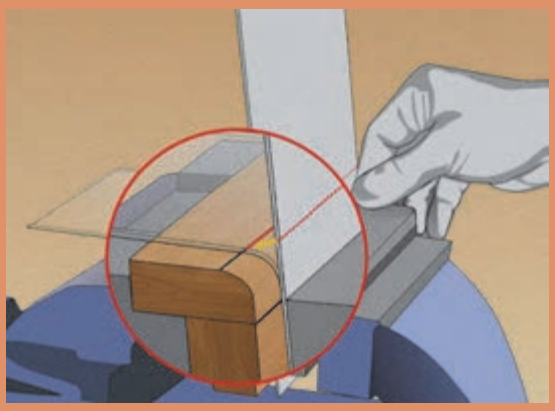
معیار شایستگی:

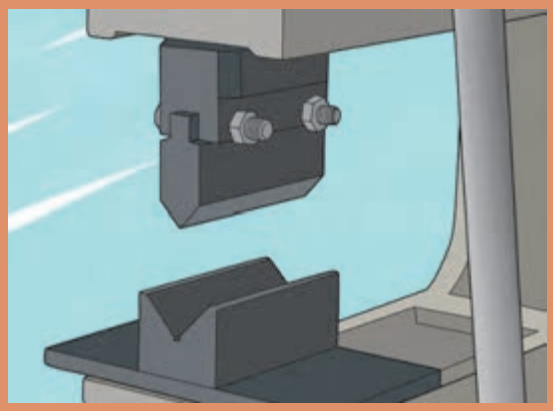
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	خواندن و پیاده‌سازی نقشه	۲	
۲	برش‌کاری ورق فلزی با قیچی دستی	۱	
۳	برش‌کاری ورق فلزی با قیچی اهرمی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ...		۲	
میانگین نمرات			*

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

پودمان ۲

خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی







واحد یادگیری ۲
خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی

آیا تاکنون پی برده‌اید

- خم‌کاری ورق و پروفیل چگونه صورت می‌پذیرد؟
- خم‌کاری 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 خم‌کاری ورق و پروفیل چیست؟
- نکات ایمنی در روش‌های خم‌کاری چیست؟

استاندارد عملکرد

هنرجو در ابتدا، انواع روش‌های خم‌کاری را می‌آموزد و اطلاعات لازم و استانداردهای مربوط به خم‌کاری در روش‌های دستی و ماشینی و به صورت سرد و گرم را کسب می‌کند. علاوه بر آن، کاربرد خم‌کاری 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 خم‌کاری ورقه‌های نازک با دست را خواهد آموخت. این مهارت، با انجام فعالیت کارگاهی صورت خواهد گرفت.

کاربرد استانداردهای خم‌کاری ورق

خم‌کاری 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.

تحقیق کنید

انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را بیابید.

در این روش، خم‌کاری 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 می توان با استفاده از آن، پروفیل‌های زاویه‌ای یا U شکل ایجاد نمود. شکل ۱ یک نمونه دستگاه خم‌کاری را در کارخانه کشتی‌سازی بندرعباس نشان می‌دهد.



شکل ۱- دستگاه پرس‌کاری و خم‌کاری ۸۰۰ تنی کشتی‌سازی بندرعباس

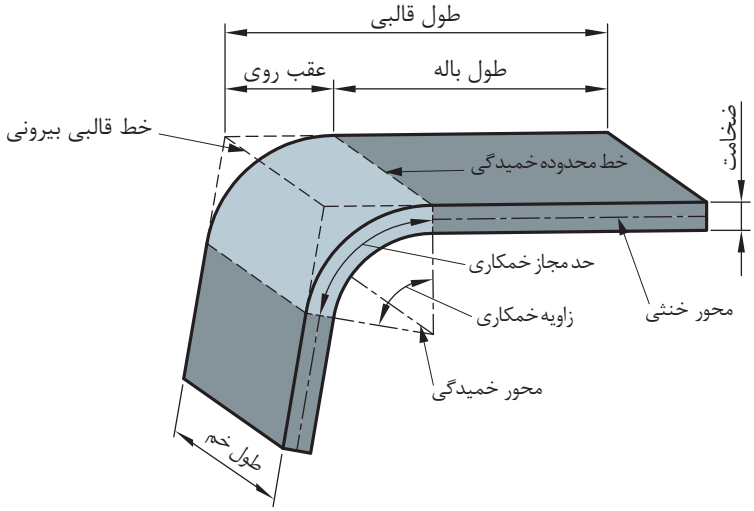
در حالت کلی، به سه روش از نظر دمایی می‌توان ورق و پروفیل را خم نمود. جدول ۱ این سه نوع خم‌کاری را نشان داده و ویژگی‌های هر کدام را بیان می‌کند.

جدول۱- 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 تولرانس 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 خم-کاری 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...)

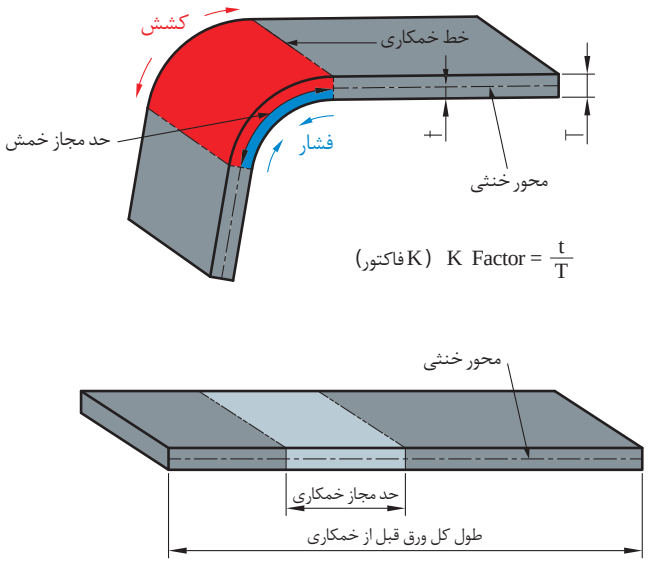
استانداردها و ملاحظات خم‌کاری ورق

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. شکل۲، اصطلاحات فنی یک ورق خم‌شده و شعاع خمیدگی آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تعاریف و مشخصات هندسی ورق در فرایند خم‌کاری

در فرایند خم‌کاری، سطح بیرون محدوده خم‌کاری کشیده می‌شود، در حالی‌که سطح درونی آن تحت فشار کوتاه می‌شود(شکل۳). در یک موقعیت خاص از ورق، تغییری در اندازه طول، هنگام خم‌کاری به وجود نمی‌آید. به این موقعیت، محور یا تار خنثی گفته می‌شود.



شکل ۳- وضعیت ورق در زمان خم‌کاری

در خم‌کاری با فشار قالب، شعاع خم‌کاری درونی ورق R نباید کمتر از ۰/۴ ضخامت ورق باشد. این مقدار در خم‌کاری در عملیات حرارتی کاهش می‌یابد. در حالت کلی رابطه زیر را داریم:

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

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

جدول۲- ضریب c جهت تعیین حداقل شعاع خمیدگی برای خم‌کاری پرسی

نوع ماده	ضریب c			
	خم‌کاری با عملیات حرارتی		خم‌کاری سرد	
	خمش در عرض ورق	خمش در طول ورق	خمش در عرض ورق	خمش 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 خم‌کاری پرسی، در خم‌کاری با غلتک لازم است که حداکثر شعاع رعایت گردد. این میزان حداکثر از رابطهٔ زیر حاصل می‌گردد:

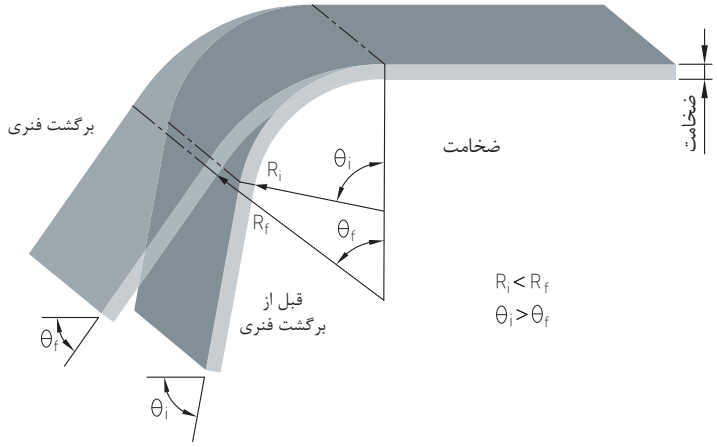
$$R_{max} = \frac{t.E}{۲Y_E}$$

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 خم‌کاری با غلتک بدین دلیل است که اگر ورق از یک حد لازم کمتر خم شود (شعاع خم‌کاری 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	۴۰۰-۲۶۰۰
۲	آلومینیوم	۶۹۰۰۰	۲۴۱
۳	مس	۱۱۷۰۰۰	۷۰

برگشت فنری: زمانی‌که عمل خم‌کاری 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- پدیدهٔ برگشت فنری در ورق

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

جدول ۴- میزان برگشت فنری برحسب درجه

میزان برگشت فنری بر حسب درجه	۵	۳	۱
شعاع خم‌کاری داخلی بر حسب ضخامت فلز(t)	۵ t تا t	۵ t تا t	۵ t تا t
ضخامت فلز بر حسب میلی‌متر	۰/۱ تا ۰/۷	۰/۸ تا ۱/۹	۲ تا ۴

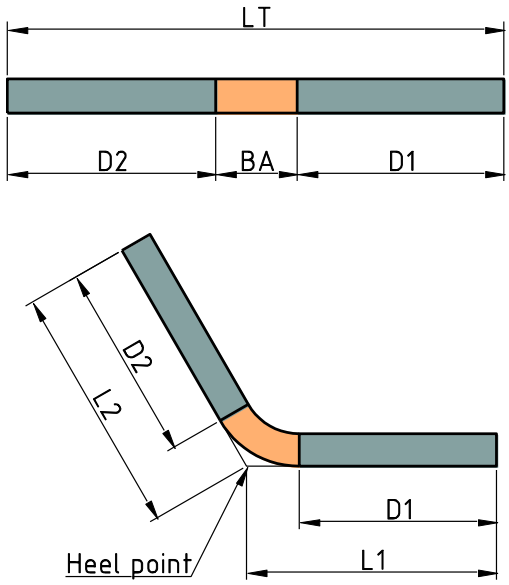
تحقیق کنید

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

در خم‌کاری لازم است ضمن حفظ طول قوس، عمل خم‌کاری را انجام داد. در این حالت، طول کل یک ورق از سمتی که قرار است خم شود، با طول خم‌کاری جمع می‌شود. با توجه به شکل۵، در محاسبات طول کل ورق، داریم:

$$LT=D1+D2+BA$$

BA ناحیه‌ای از ورق است که باید خم‌کاری در آن صورت پذیرد. این مقدار باید به سطوح صاف اضافه گردد تا قطعه خم‌کاری‌شده مطابق نقشه درآید. به BA اصطلاحاً حد مجاز خمش یا ضمیمهٔ 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 خم‌کاری

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

$$BA = \frac{\pi}{۱۸۰}.B.\left(R + K.t\right)$$

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

جدول ۵- فاکتور K

ردیف	نوع خم‌کاری	شعاع خم‌کاری بر حسب ضخامت ورق	آلومینیوم	فولاد نرم	فولاد سخت
۱	خم‌کاری 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	خم‌کاری 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	خم‌کاری U	۰-t	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴
		t-۳t	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۷
		>۳t	۰/۵	۰/۵	۰/۵

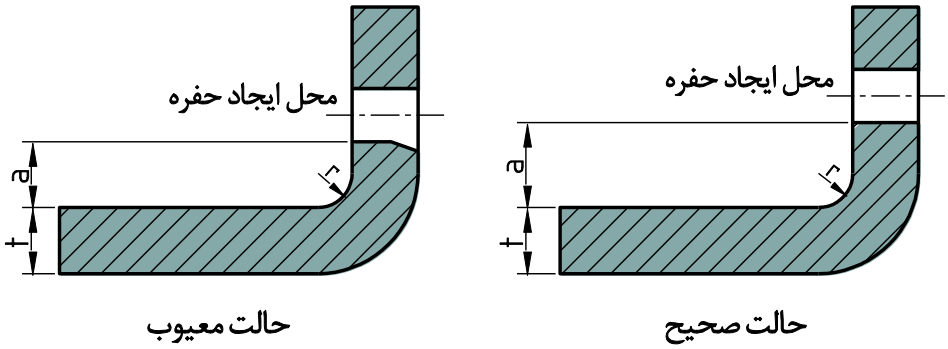
نکته

خم‌کاری در مجاورت حفره‌ها

اگر فاصله حفره از محل خم‌کاری 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:

$$a \geq r + ۲t$$

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



شکل ۶- رعایت فاصلهٔ حفره و محل خم‌کاری

ماشین‌ها و ابزار خم‌کاری ورق

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

تحقیق کنید

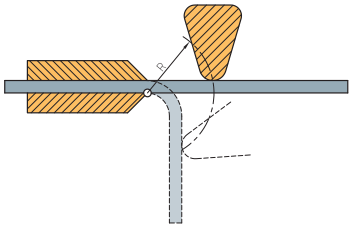
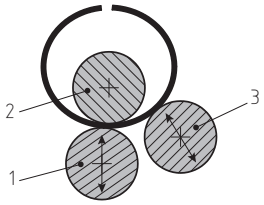
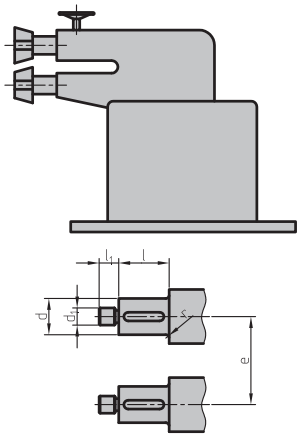
درحین کار با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خم‌کاری، چه نکات ایمنی، زیست‌محیطی و بهداشتی باید رعایت گردد؟

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 خم‌کاری موجود در جدول ۵ را بیابید.

جدول ۶- نواع ماشین‌آلات و ابزار خم‌کاری

ردیف	نام ماشین	نام انگلیسی	کاربرد	نمونه شکل
۱	خمکن فشاری		تولید پروفیل‌های خمیده با استفاده از قالب‌ها و ماشین	
۲	پرس خمکن ورق دستی		ایجاد فشار در یک سمت ورق توسط یک سنبه تاشونده و خم کردن آن 	
۳	ماشین خم‌کاری سه غلتکی		برای تولید لوله‌های با قطر بالا و نیز خم‌های کم از صفحه ورق استفاده می‌گردد. 	
۴	ماشین شیارسازی		برای ایجاد شیار و لبه در ورق‌های فولادی به کار می‌رود. 	

تحقیق کنید



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.

کار در کلاس



اصطلاحات انگلیسی رایج در خم‌کاری در جدول زیرآمده است. با کمک هنرآموز، معنی فارسی آن را در سمت راست بنویسید.

جدول اصطلاحات رایج خم‌کاری

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

تحقیق کنید



ورق چینی بدنهٔ کشتی (shell expansion) چیست؟

فعالیت کارگاهی



یک ورق فولادی با ضخامت ۴ میلی‌متر، طول ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴ سانتی‌متر، قرار است به میزان ۹۰ درجه با شعاع ۸ میلی‌مترخم شود. حد مجاز خم‌کاری آن را محاسبه کنید و پس از خم کردن ورق در کارگاه، مقدار واقعی را با مقدار محاسبه‌شده مقایسه نمایید.

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

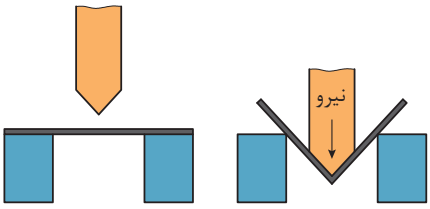
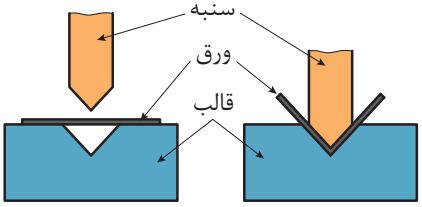
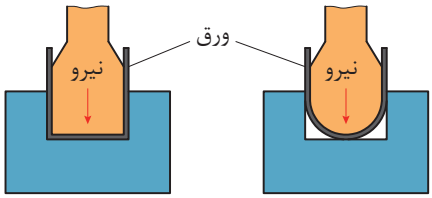
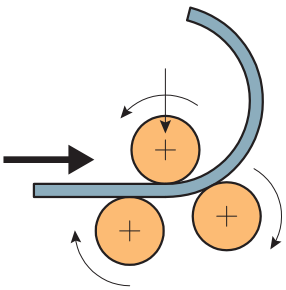
خم‌کاری سرد و حرارتی

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

کار در کلاس

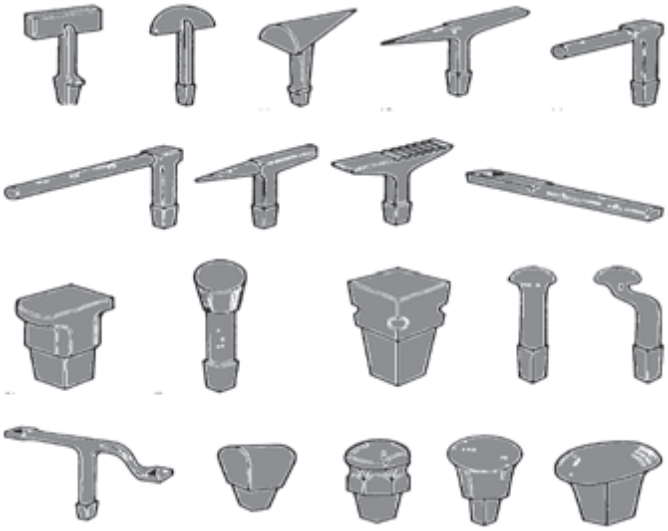
اصطلاح انگلیسی روش‌های خم‌کاری را در جدول ۷ با کمک هنرآموز بنویسید.

جدول ۷- روش‌های خم‌کاری سرد

نوع خم‌کاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شکل شماتیک
خم‌کاری 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.	
خم‌کاری Vشکل		سنبه و قالب، هر دو V شکل هستند. قبل از شکل‌دهی بدین شکل، ابتدا خمش هوایی صورت می‌پذیرد تا ورق کمی خم شود.	
خم‌کاری Uشکل		در این حالت، فرمدهی ورق بشکل U خواهد بود. برای رسیدن به فرم U مطلوب، یک تکیه‌گاه زیرین در قالب خم‌کاری قرار می‌گیرد تا نتیجه بهتری حاصل گردد.	
خم‌کاری 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 بدنهٔ کشتی استفاده می‌شود. در این حالت، غلتک بزرگتر در یک محدودهٔ زاویه می‌چرخد و در این بین، ارتفاع دو غلتک پایینی تطبیق داده می‌شود. بدین شکل می‌توان ورق را تا میزان دلخواه خم کرد.	

خم‌کاری با دست:

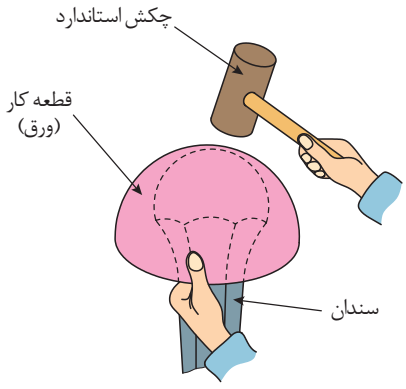
در مواقعی‌که نیاز به دقت بالا نیست و همچنین ورق ضخامت زیادی ندارد، خم‌کاری با دست یک روش سریع و مفید به حساب می‌آید. ابزارهای متفاوت و زیادی برای خم‌کاری ورق به کار می‌روند که در شکل ۷ نشان داده شده است. این ابزارها به عنوان سندان شناخته می‌شوند. بسته به اینکه خم‌کاری به چه شکل باشد، می‌توان هر کدام از ابزارها را استفاده نمود. این ابزار به عنوان تکیه‌گاه قرار می‌گیرد و با قرار دادن ورق روی آن و چکش‌کاری، ورق را به فرم دلخواه درمی‌آوریم (شکل ۸). نکته مهم در این روش این است که شخص فلزکار باید مهارت و تجربه لازم را داشته باشد. علاوه بر سندان، انبردست‌های خم‌کاری نیز موجودند که بیشتر برای لبه‌سازی و یا صاف‌کاری ورق به کار می روند(شکل ۹).



شکل ۷- انواع سندان‌ها برای خم‌کاری

تحقیق کنید

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



شکل ۸- طریقه خم‌کاری دستی به کمک سندان



شکل ۹- انبردست‌های خم‌کاری و صاف‌کاری 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 خم‌کاری دستی ورق فلزی:

همان‌گونه که قبلاً ذکر گردید، در خم‌کاری فلز، در صورتی‌که 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 خم‌کنندهٔ دستی، علاوه بر سندان در جدول ۸ آمده است.

کار در کلاس

اصطلاح انگلیسی ابزار دستی خم‌کاری موجود در جدول زیر را بیابید.

جدول ۸- ابزار و وسایل خم‌کاری دستی

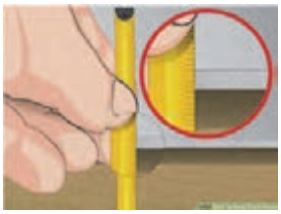
ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	شکل
۱	گوه‌های شکل‌دهی چوبی یا فلزی		
۲	جعبه نگهداری چکش و گوه (اختیاری)		
۳	سوزن خط‌کش		

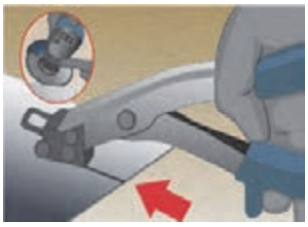
ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	شکل
۴	قلم علامت‌زن		
۵	نقّاله		
۶	چکش پلاستیکی یا فلزی		
۷	خط‌کش یا متر فلزی		
۸	گیرهٔ کارگاهی		

مراحل کار: مراحل خم‌کاری یک ورق فلزی، در جدول ۹ آمده است.

نکته: از هنرجو انتظار می‌رود با مطالعه دقیق این سلسله مراحل، روش خم‌کاری یک ورق فلزی را به صورت ساده یاد بگیرد.

جدول ۹- مراحل خم‌کاری 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 صفحهٔ ۳۴ تعیین کنید.	
۳	محدودهٔ 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 صفحهٔ ۳۳ استفاده کنید (حداقل میزان شعاع خمیدگی).	
۴	ورق را با توجه به نقشه تعیین‌شده از قبل ببرید(بسته به نوع وسیله‌ای است که قرار است ساخته شود). دقت داشته باشید برای برش ورق با قیچی، میزان دورریز مورد نظر نیز در نظر گرفته شود تا محدوده‌های ورق از حد مجاز بیشتر یا کمتر نشود (دقیقا منطبق با نقشه باشد).	
۵	گوهٔ چوبی یا فلزی را درون گیره قرار دهید. گوه، شکل مخصوص خود برای خم‌کاری را دارد.	
۶	ورق را درون گیره و در مجاورت گوه قرار دهید. باید ورق و گوه به خوبی به‌هم چسبیده باشند. دقت داشته باشید که خطوط مرزی ناحیه خم‌کاری ورق و گوه دقیقاً روی هم قرار گرفته باشند.	
۷	تکیه‌دار کردن ورق‌های بزرگ. دقت کنید در صورتی‌که ورق بریده‌شده بسیار بزرگ باشد، باید از قسمت بالا، دارای تکیه‌گاه باشد. چرا که در صورت نگه نداشتن تکه بزرگ، هنگام چکش‌کاری، باعث لرزش ورق می‌گردد و مانع از ایجاد خم‌کاری صحیح می‌شود. یک راه ساده این ست که همکلاسی‌تان 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	خم‌کاری ورق با چکش: این مرحله که مهم‌ترین و آخرین مرحله است، باید با دقت و ظرافت انجام گردد. برای جلوگیری از ترک و شکاف در ورق حین خم‌کاری، بهتر است از چکش غیرفلزی استفاده گردد. چکش‌کاری را آهسته‌آهسته و به فاصلهٔ کم از ورق انجام دهید تا ورق مطابق با هندسه گوه خم گردد. در کلیهٔ مراحل چکش زدن، ضربهٔ چکش فقط به ناحیه خمیدگی وارد گردد.	

تحقیق کنید

دستور کار خم‌کاری یک ورق آلومینیوم را توضیح دهید.

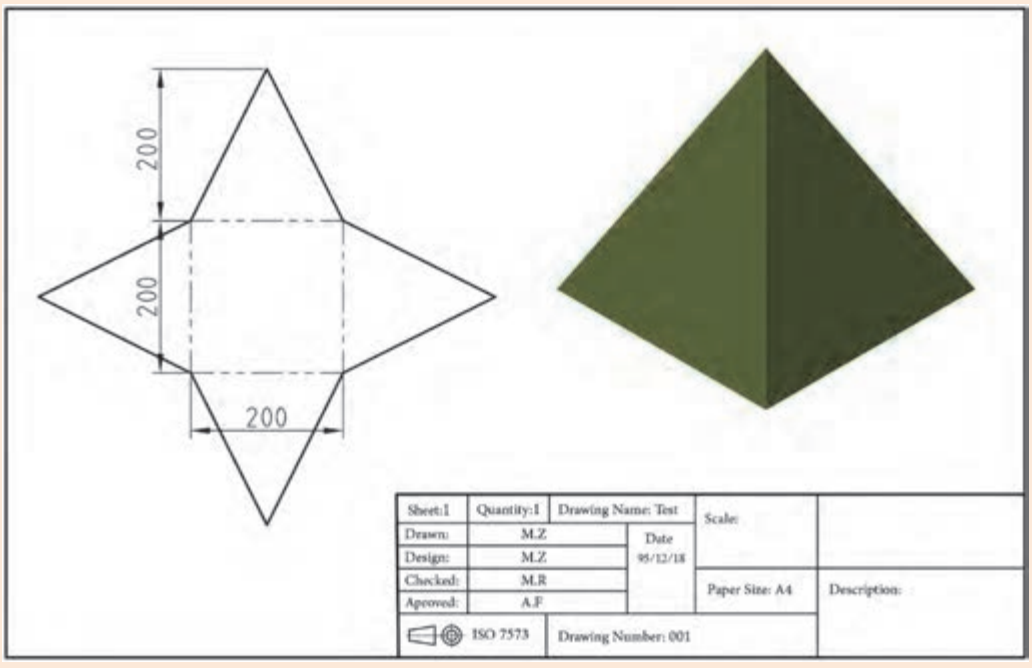
تحقیق کنید

یکی از روش‌های مدرن خم‌کاری سرد در صنایع دریایی، روش چندنقطه‌ای (multi point bending) است. با کمک هنرآموز، تعیین کنید این روش چیست و چه نمونه‌هایی از آن موجود است.

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: خم‌کاری

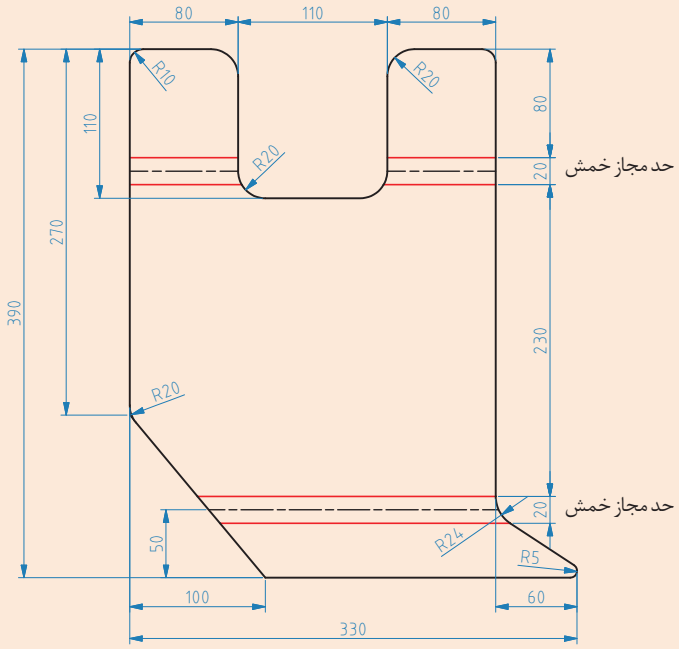
قطعهٔ بریده‌شده در فصل یک را با رعایت استاندارد، خم کنید و به هرم تبدیل نمایید. ابزار لازم برای خم‌کاری، در جدول ۸ آمده است.



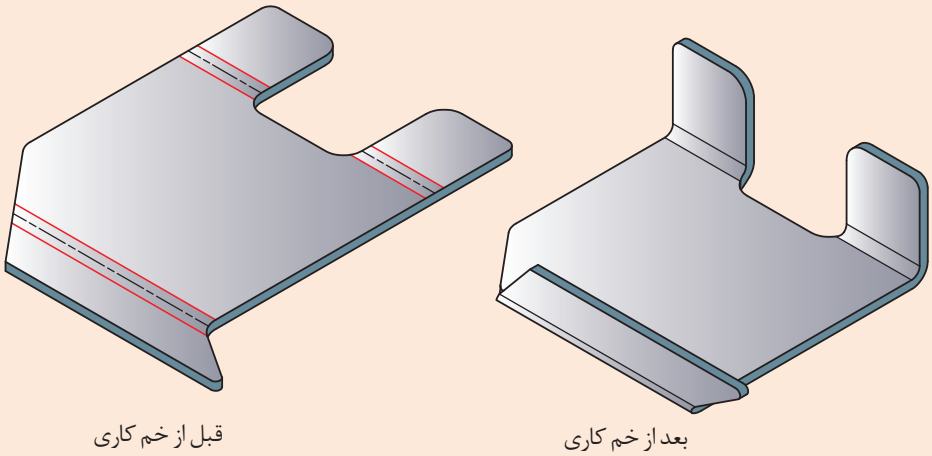
فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: خم‌کاری

نقشهٔ سه‌بعدی زیر، یک قطعه را نشان می‌دهد که برای استفاده در صنعت به کار می‌رود. با کمک ابزار برش‌کاری و خم‌کاری در کارگاه، قطعهٔ زیر را ببرید و آن را خم کنید تا به شکل ۱۲ درآید. با توجه به ضخامت فلز و میزان حد مجاز، شعاع خم‌کاری مجاز چند است؟ طول ناحیهٔ خم‌شده را بیابید.



شکل ۱۱ –قطعهٔ‌کار برش داده شده



قبل از خم کاری　　بعد از خم کاری

شکل ۱۲– قطعهٔ کار قبل و پس از خم‌کاری

نکات ایمنی

نکات ایمنی در هنگام ورق‌کاری با دست:

۱ هنگام کار حتماً از دستکش، کفش مخصوص، لباس کار و عینک استفاده کنید.

۲ دقت کنید اشیای نوک‌تیز و سنگین مانند سندان، سنبه، چکش، سوزن و... در جای مناسب قرار گیرند. از قرار دادن آنها بر روی زمین و یا در لبهٔ میز کار جداً خودداری کنید.

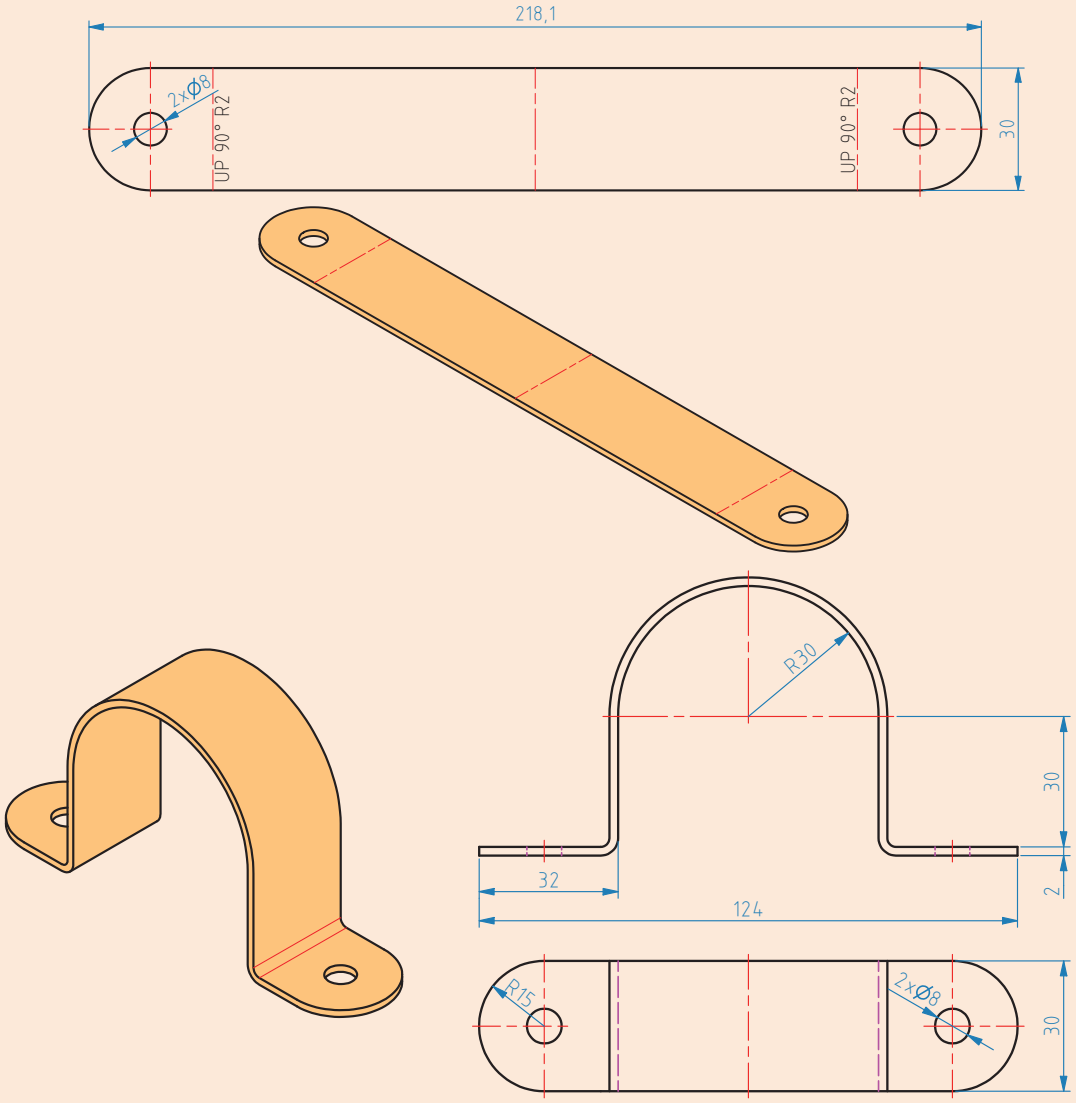
۳ در هنگام استفاده از چکش یا خم‌کن دستی، مراقب دست خود باشید.

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: خم‌کاری

عنوان: ساخت یک عدد بست U شکل

نقشهٔ شکل: یک ورق به ضخامت ۲ میلی‌متر در نظر بگیرید و در ابتدا طبق نقشه عمل برش را انجام دهید. ابعاد نقشه برحسب سانتی‌متر است.



ابزار مورد استفاده:

قیچی برش، گوهٔ خم‌کاری یا سندان، چکش لاستیکی، سنبهٔ ماتریس، خط‌کش، ماژیک علامت‌زن، دستکش، لباس و عینک.

مراحل انجام کار:

۱- نقشه‌خوانی

۲- محاسبهٔ طول گستردگی و حد مجاز

۳- بررسی رعایت استانداردها (خم‌کاری و موقعیت حفره‌ها)

۴- برش ورق

۵- ایجاد حفره در محل‌های مورد نظر با رعایت استاندارد

۶- خم‌کاری و شکل‌دهی ورق با رعایت حداقل شعاع خمیدگی

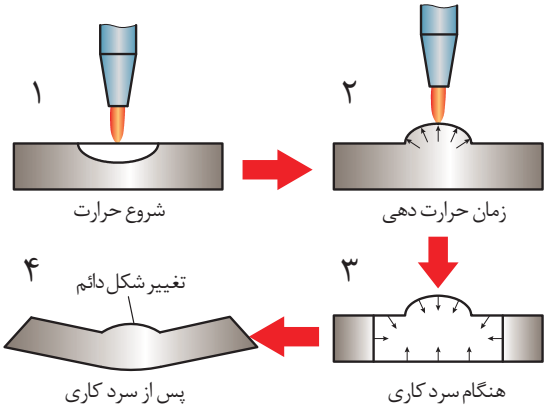
۷- جمع کردن ابزار و تمیزکاری محل کارگاه

تحقیق کنید

در فرایند خم‌کاری با دست،چه عیوبی به وجود می‌آید؟ راهکارهای رفع آنها چیست؟

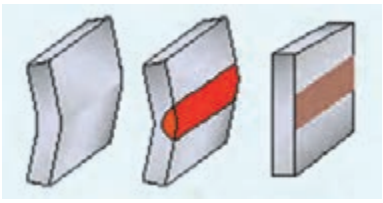
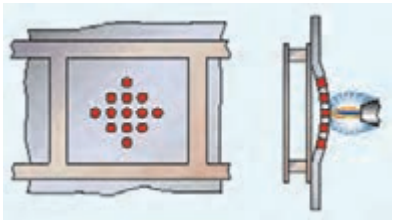
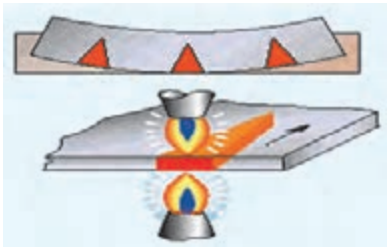
خم‌کاری با حرارت:

در این روش، با حرارت دادن به قسمتی یا تمام ورق، تنش حرارتی و خمش در ورق ایجاد می‌شود. از این روش، در خم‌کاری ورق‌های بزرگ، بخصوص بدنه کشتی استفاده می شود. معمولاً سه روش اصلی در خم‌کاری حرارتی موجود است که در جدول ۱۰ آمده‌است. از این روش نه تنها جهت خم‌کاری، بلکه جهت صاف‌کاری و اعوجاج ناشی از جوش‌کاری نیز به‌کارمی‌رود. شکل ۱۳ فرایند کلی خم‌کاری با حرارت را نشان می‌دهد. در این فرایند، بخشی از ورق ابتدا داغ شده و سپس بلافاصله سرد می‌گردد.



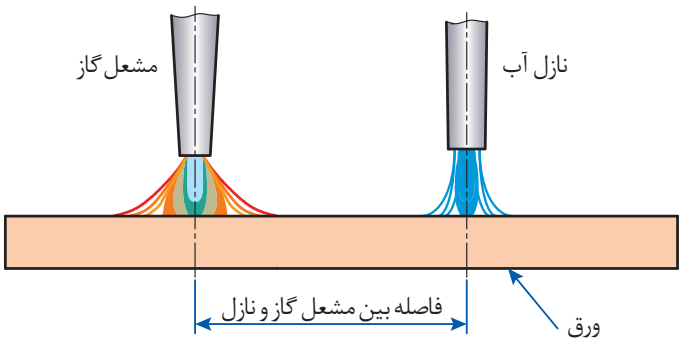
شکل ۱۳- فرایند کلی خم‌کاری با حرارت

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 پیاپی فلز در یک خط مستقیم که باعث ایجاد انحنا در آن محل می‌گردد.	
حرارت نقطه‌ای	Spot heating	حرارت دادن و سرد کردن پیاپی 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.



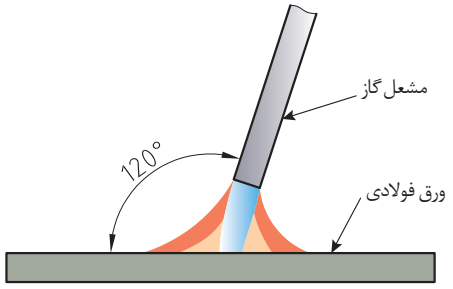
شکل ۱۴- فاصله بین مشعل و نازل آب

تحقیق کنید

درجه حرارت لازم برای خم‌کاری ورق‌های آلومینیوم چند است؟

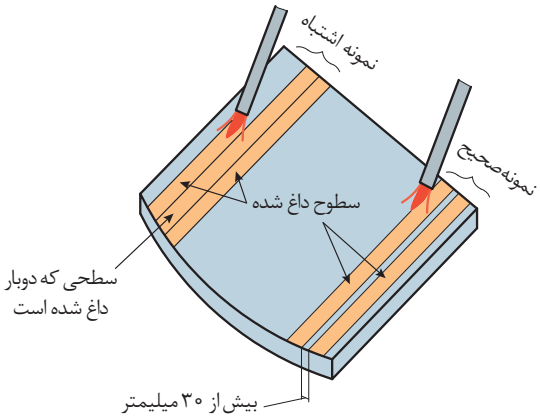
طریقهٔ قرارگیری مشعل گاز:

داغ‌ترین نقطهٔ مشعل، در گاز اکسی استیلن ۱۵ میلی‌متر زیر مشعل قرار دارد. در گاز پروپان، این فاصله حدود ۳۵ میلی‌متر است. باید نقطه‌ای از ورق که قرار است گرم شود، در این موقعیت قرار گیرد. همچنین مشعل باید مانند شکل و با زاویهٔ ۱۲۰ درجه نسبت به سطح ورق قرار گیرد(شکل ۱۵).



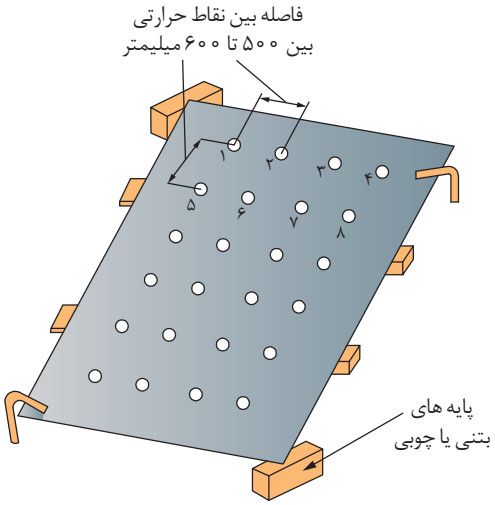
شکل ۱۵- طریقه قرارگیری مشعل برای حرارت‌دهی

فاصلهٔ خطوط حرارت: به دلیل اینکه حرارت در کلیهٔ نقاط باعث پیچش ورق و اعوجاج می‌شود، فاصله بین خطوط حرارت در روش حرارت‌دهی خطی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر شود(شکل ۱۶).



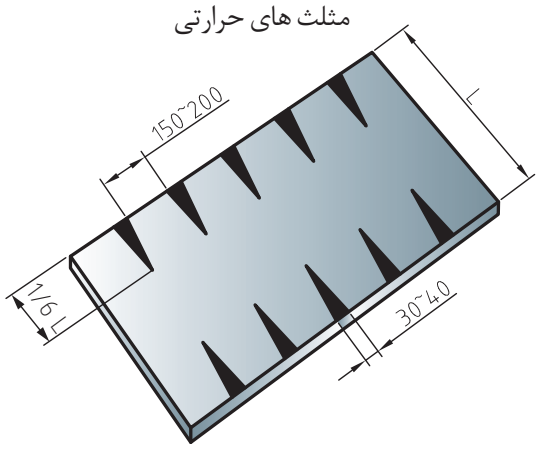
شکل ۱۶- طرق صحیح و غلط حرارت‌دهی خطی

در حرارت‌دهی نقطه‌ای نیز فواصل نقاط مربوطه برای حرارت‌دهی، بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر باید در نظر گرفته شود. شکل۱۷ این موضوع را نشان می‌دهد. همچنین رعایت سلسله مراتب حرارت‌دهی نیز ضروری است. در شکل، نقاط ۱، ۲، ۳، ... این سلسله مراتب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷- طریقهٔ حرارت‌دهی نقطه‌ای

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



شکل ۱۸- طریقهٔ 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؟

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: خم‌کاری با حرارت

یک ورق ۴ میلی‌متری با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انتخاب کنید و قسمت وسط ورق را با علامت‌زنی و رعایت حد مجاز خم‌کاری، با استفاده از مشعل خم نمایید. مشعل حرارتی را تا زمانی روی ورق بگیرید که ورق تغییر رنگ دهد و قرمز شود. سپس با چکش‌کاری، ورق را خم کنید.

سلسله مراتب خم‌کاری به شکل زیر است:



۱- برش ورق

۲- علامت‌زنی ورق جهت تعیین حد مجاز خم‌کاری

۳- قرار دادن ورق در گیره

۴- حرارت دادن ورق در حین خم‌کاری با چکش. یک مرحله حرارت‌دهی و یک مرحله چکش‌کاری.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	خم‌کاری سرد و حرارتی	مکان: کارگاه ورق‌کاری ابزار: سوزن خط‌کش، گیره، گوه، چکش خم‌کاری، قطعهٔ کار آماده (بریده شده) برای خم‌کاری، نقاله مشعل حرارتی	بالاتر از حد انتظار	۱- انواع روش‌های خم‌کاری سرد فلزات را بداند. ۲- خم‌کاری ورق با دست را انجام دهد. ۳- انواع روش‌های خم‌کاری حرارتی را بشناسد و خم‌کاری گرم را انجام دهد. ۴- استانداردهای خم‌کاری حرارتی ورق را بشناسد. ۵- عیوب به وجود آمده در خم‌کاری حرارتی را بشناسد.	۳
			در حد انتظار	۱- خم‌کاری ورق با دست را انجام دهد. ۲- انواع روش‌های خم‌کاری حرارتی را بشناسد و خم‌کاری گرم را انجام دهد. ۳- استانداردهای خم‌کاری حرارتی ورق را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- خم‌کاری ورق با دست را انجام دهد.	۱

خم‌کاری 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.

خم‌کاری پروفیل، برخلاف ورق، کار ساده‌ای نیست. چرا که خصوصیات مقطع آن باعث می‌شود که نیروی بسیار زیادی برای خم‌کاری 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.

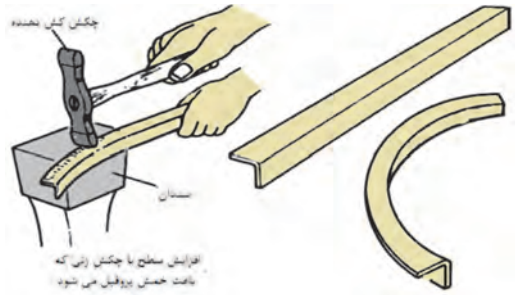
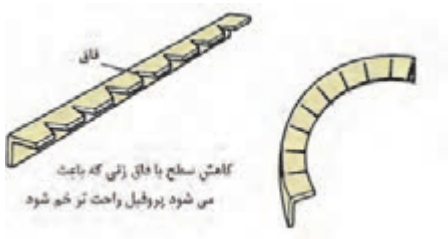
انواع روش‌های خم‌کاری پروفیل

انواع روش‌های خم‌کاری پروفیل به‌صورت سرد در جدول ۱۱ نشان داده شده است. در این جدول، توضیحاتی در مورد نحوه صحیح خم‌کاری پروفیل آمده است.

تحقیق کنید

عیوب به وجود آمده در خم‌کاری پروفیل چیست؟

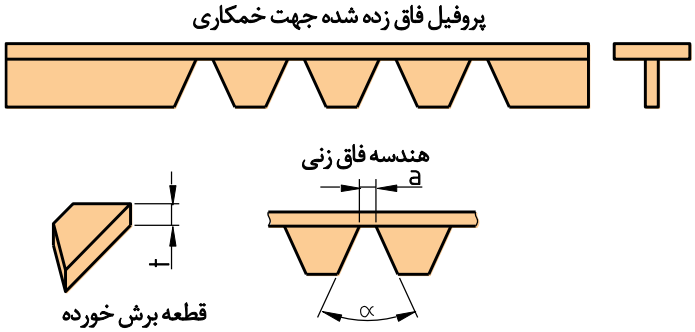
جدول ۱۱- انواع روش‌های خم‌کاری پروفیل به صورت سرد

ردیف	نوع خم‌کاری	توضیحات	شکل
۱	خم‌کاری دستی	گستردگی سطح توسط چکش خاصی به نام چکش‌کش 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 اره مانند برش داده می‌شود. سپس با همان نیروی خمکاری ورق، عمل خم‌کاری انجام می‌گردد. این کار باعث سهولت خم‌کاری می‌شود.	

ردیف	نوع خم‌کاری	توضیحات	شکل
۲	خم‌کاری 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 خم‌کاری 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 مثلثی برداشته شود تا عمل خم‌کاری به سهولت انجام پذیرد. به این عمل اصطلاحاً فاق‌زنی (Notching) می‌گویند(شکل ۱۹).



شکل ۱۹- استاندارد خم‌کاری سرد دستی(فاق‌بری)

رابطهٔ هندسی فاق‌خورده به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$a = \frac{t.\alpha.\pi}{۳۶۰}$$

که در آن:

a: فاصلهٔ بین دو ضلع زاویهٔ فاق

t: ضخامت قطعه

α: زاویهٔ فاق

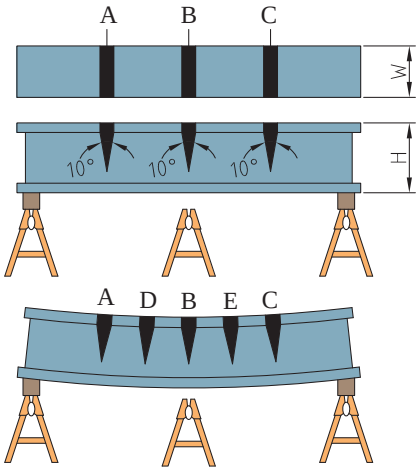
مقدار α از رابطه $\alpha = ۱۸۰ - \beta$ به دست می‌آید که β زاویه خمش است (بدون خمش $\beta = ۱۸۰$ درجه است)

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 خم‌کاری پروفیل با ماشین:

پروفیل‌ها، برخلاف ورق که از یک قاعده خاصی تبعیت می‌کند، میزان شعاع خم‌کاری‌شان 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 اندازهٔ آنها آمده است. در دستورالعمل ماشین‌های خم‌کاری، جداولی برای تعیین حداقل قطر یا شعاع خم‌کاری آمده است که به کاربر کمک می‌کند با تنظیم دستگاه، حداقل قطر یا شعاع خم‌کاری را رعایت کند.

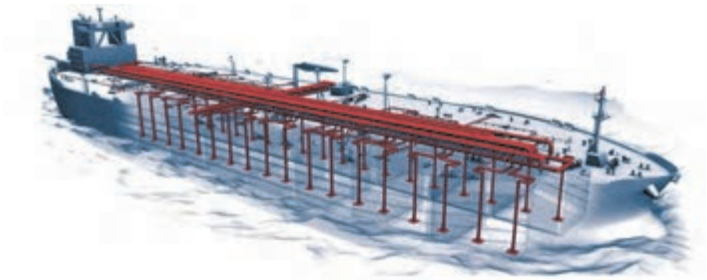
جهت خم‌کاری پروفیل با حرارت، همان‌گونه که در جدول ۱۰ ذکر گردید، روش حرارت‌دهی مثلثی مرسوم است. شکل ۲۰ یک نمونه از خم‌کاری پروفیل با حرارت را نشان می‌دهد. با وجود این، به ندرت از روش حرارتی برای خمش پروفیل استفاده می‌گردد.



شکل ۲۰- طریقهٔ خم‌کاری حرارتی پروفیل. نواحی مشکی، نواحی حرارتی است که به روش مثلثی انجام گرفته است.

خم‌کاری لوله:

به دلیل اهمیت فراوان سامانهٔ لوله‌کشی در ساختمان کشتی، ابزارها و وسایل زیادی برای خم‌کاری 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 خم‌کاری لوله به جای استفاده از اتصالات و زانویی نشان داده شده است.



شکل ۲۱- خم‌کاری لوله در ساختمان یک نفتکش

از جمله دلایل خم‌کاری 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 خم‌کاری لوله تمامی محدودیت‌های مذکور را پوشش می‌دهد. شکل ۲۲، دو نمونه از ماشین‌آلات خم‌کاری لوله را نشان می‌دهد. ماشین‌آلات خم‌کاری پروفیل نیز می‌توانند برخی لوله‌ها با ابعاد مشخص را خم کنند.



شکل ۲۲ – دو نمونه از ماشین‌آلات خم‌کاری لوله

شکل۲۳ نیز دو نمونه از ابزار دستی خم‌کاری لوله را نشان می‌دهد. از ابزار دستی خم‌کاری در زمان‌هایی استفاده می‌شود که قطر لوله زیاد نبوده و نیز نیاز به دقت فراوان نباشد.

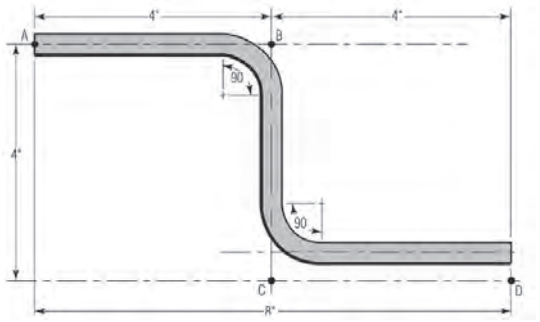
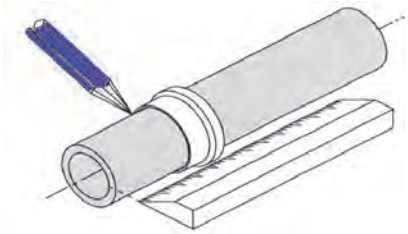
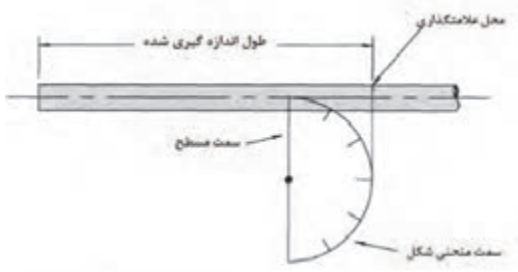
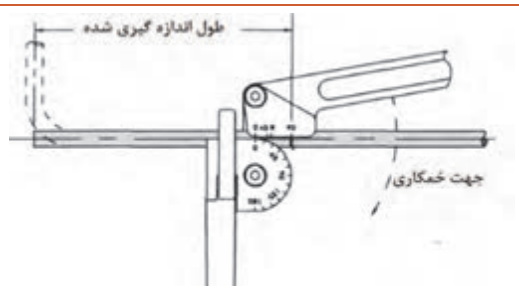


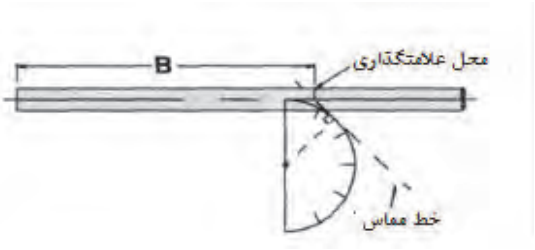
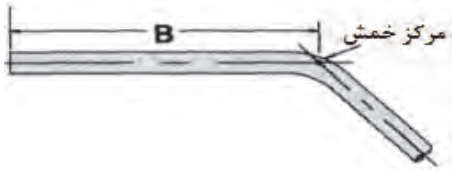
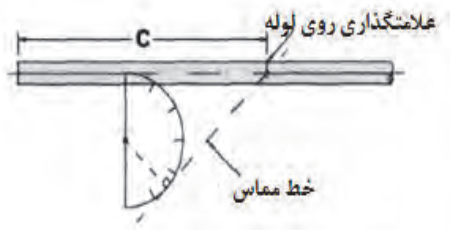
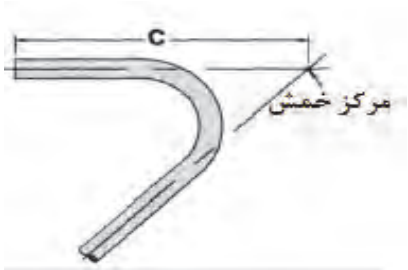
شکل ۲۳– دو نمونه از ابزار دستی خم‌کاری لوله

روش‌های صحیح خم‌کاری لوله:

در زمان خم‌کاری 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

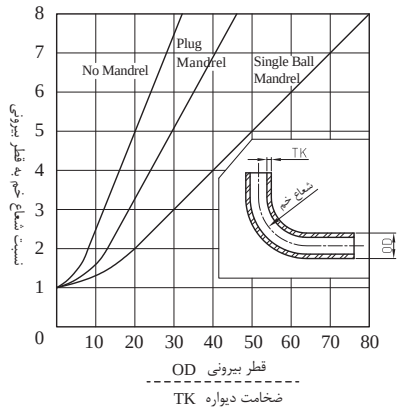
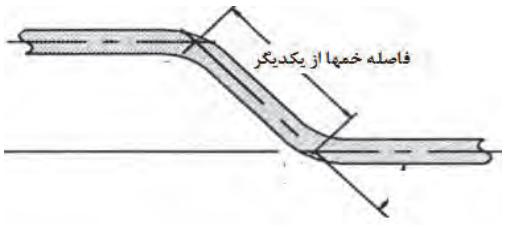
ردیف	عنوان	توضیحات	شکل
۱	اندازه‌گیری	لازم است اندازه‌گیری طول و زاویهٔ لوله به دقت صورت گیرد تا در هنگام مونتاژکاری و اتصال، ابزار بر هم منطبق گردند.	
۲	اندازه‌گیری در حین خم‌کاری و خم‌کاری دقیق	لازم است حین خم‌کاری، زاویهٔ خم به دقت اندازه‌گیری شود. دقت شود در زمانی‌که لوله به میزان ۹۰ درجه خم می‌گردد، فاصله از سمت قسمت خم‌شده تا انتها، از محل قرارگیری خط مرکزی لوله صورت پذیرد.	
۳	اندازه‌گیری با خط‌کش و علامت‌گذاری قبل از خمش	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 زمانی‌که 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	خم‌کاری در زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه	در این حالت، زاویه خم‌کاری را روی نقالهٔ گوه خم‌کاری علامت بزنید و از همان لبه، خطی را مماس بر نقاله بکشید و آن را تا خط مرکزی لوله ادامه دهید. این نقطه، نقطهٔ شروع خم‌کاری است.	 
۶	خم‌کاری 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 خم‌کاری پس از خم‌کاری لوله در بیرون از آن قرار می‌گیرد.	 

استانداردهای خم‌کاری 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 خم‌کاری لوله‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۱۴- مهمترین استانداردهای خم‌کاری لوله

ردیف	مورد	توضیحات	
۱	برگشت فنری	به ازای هر ۹۰ درجه، معمولاً ۳ درجه برگشت فنری داریم. به عنوان مثال، برای خم‌کاری ۴۵ درجه‌ای، ۱/۵ درجه مازاد بر ۴۵ درجه خم می‌کنیم تا پدیدهٔ برگشت فنری جبران گردد.	
۲	افزایش طول لوله حین خم‌کاری	به ازای هر ۹۰ درجه خم‌کاری لوله، لوله به میزان قطر لوله، افزایش طول پیدا می‌کند که باید در محاسبات در نظر گرفت.	
۳	حداقل شعاع خم‌کاری بدون در نظر گرفتن ضخامت و جنس لوله	- برای خم‌کاری لوله‌های با قطر کم و به صورت دستی: حداقل دو برابر قطر خارجی لوله - برای خم‌کاری لوله‌های قطور و با استفاده از ماشین خم‌کاری: حداقل ۷ برابر قطر خارجی - اگر لازم باشد که شعاع خم‌کاری کمتر از این مقادیر باشد، لازم است که از روش خم‌کاری گرم استفاده گردد.	
۴	حداقل شعاع خم‌کاری با در نظر گرفتن ضخامت و جنس لوله	جداول و نمودارهایی بدین منظور در نظر گرفته شده‌اند که با استفاده از ساچمهٔ حلقوی(Mandrel) می‌توان لوله را تا شعاع بسیار کمی خم کرد بدون اینکه عیبی ایجاد گردد.	
۵	حداقل فاصله خم‌ها از یکدیگر	قطر لوله کمتر از ۲ اینچ باشد، ۴ برابر قطر لوله	
		قطر لوله بیشتر از ۲ اینچ باشد، ۳ برابر قطر لوله	

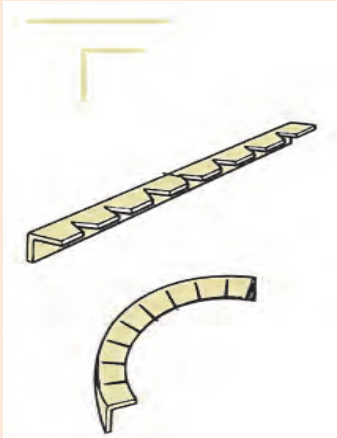
تحقیق کنید

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

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: خم‌کاری پروفیل

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



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

ارزشیابی شایستگی خم‌کاری ورق و مقاطع فلزی

شرح کار:

کاربرد استانداردهای خم‌کاری ورق

خم‌کاری سرد و حرارتی

خم‌کاری پروفیل‌ها و لوله‌ها

استاندارد عملکرد:

روش‌ها و تجهیزات خم‌کاری ورق و پروفیل را بشناسد، استانداردهای آن را بداند و مهارت خم‌کاری ورق با دست را بیاموزد.

شاخص‌ها:

- ورق قبل از خم‌کاری، صحیح برش خورده باشد.
- حداقل شعاع مجاز خم‌کاری با توجه به ضخامت ورق و نوع خم‌کاری رعایت گردد.
- فاصلهٔ حفره‌ها از نواحی خم‌کاری بیش از حداقل مجاز باشد. در خم‌کاری پروفیل، استانداردها رعایت گردند.

شرایط انجام کار، ابزار وتجهیزات:

شرایط: کارگاه ورق‌کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: خط‌کش فلزی، متر، گیره، چکش مخصوص خم‌کاری، ورق برش‌خورده طبق نقشه، سندان، مشعل حرارتی، زاویه‌سنج و ابزار اندازه‌گیری علامت‌زنی، گوه.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کاربرد استانداردهای خم‌کاری ورق	۲	
۲	خم‌کاری سرد و حرارتی	۱	
۳	خم‌کاری پروفیل‌ها و لوله‌ها	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و...		۲	
میانگین نمرات			*

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

پودمان ۳

جوش‌کاری







واحد یادگیری ۳
جوش‌کاری برق

آیا تاکنون پی برده‌اید

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

استاندارد عملکرد

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

جوش‌کاری برق دستی

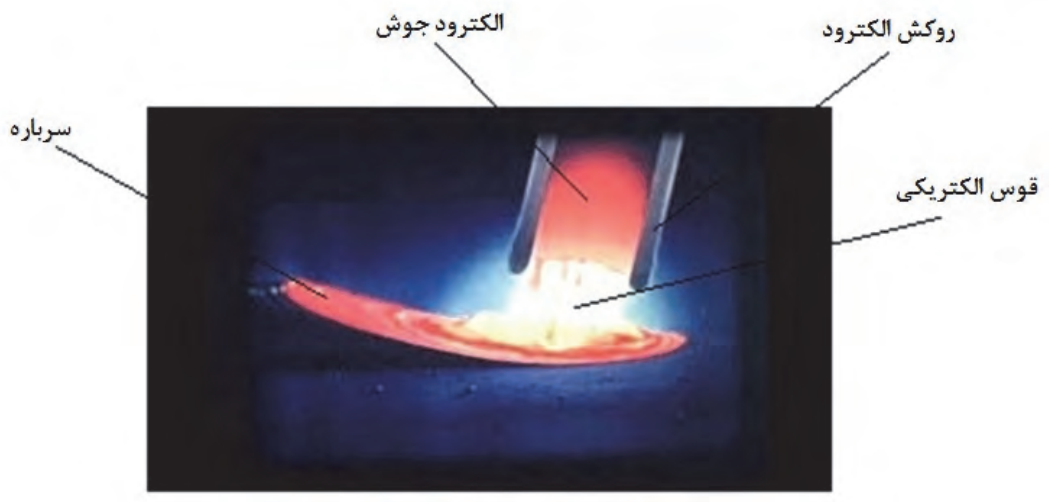
جوش‌کاری برق دستی با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار یکی از روش‌های جوش‌کاری برق است که بیشترین کاربرد را در صنعت دارد. انواع دیگر جوش‌کاری برق وجود دارد که شامل موارد زیر است:

- جوش‌کاری با گازهای محافظ
- جوش‌کاری پلاسما
- جوش‌کاری زیر آب
- جوش‌کاری مقاومتی

تحقیق کنید

چه روش‌های دیگری از جوش‌کاری برق وجود دارد؟

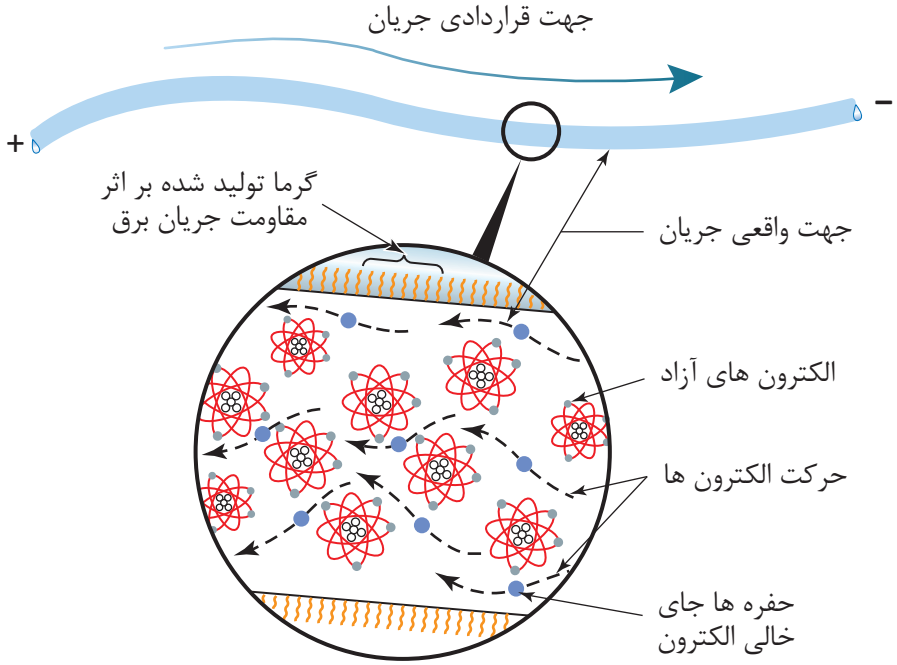
در جوش‌کاری دستی با استفاده از جریان برق، الکترود فلزی، قوس را به وجودمی‌آورد و خود در گرمای قوس ذوب می‌شود و روکش ذوب‌شده به دلیل کمتر بودن جرم حجمی روی مذاب را می‌پوشاند. پس از انجماد مواد مذاب، خط جوش به همراه گل جوش یا سرباره تشکیل می‌شود (شکل ۱). پس می‌توان گفت عوامل لازم برای جوش‌کاری یعنی انرژی حرارتی برای ذوب و محافظت از مذاب هر دو از طریق الکترود روپوش‌دار عملی می‌شود. بر این اساس این فرایند را جوش‌کاری قوس الکتریکی با الکترود روپوش دار گویند.



شکل ۱ - جوش‌کاری با الکترود روپوش‌دار

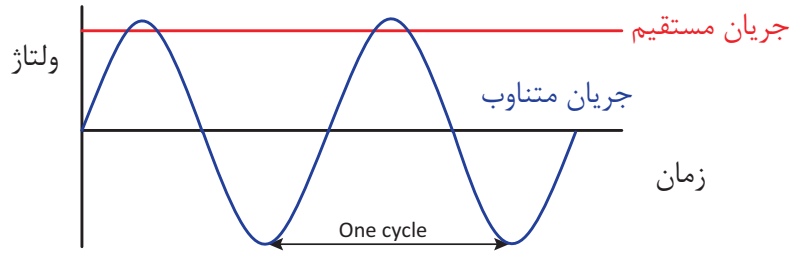
جریان جوش‌کاری (Welding Currevt)

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



شکل ۲

در جوش‌کاری با الکترود دستی از هر دو نوع جریان متناوب (Alternating Current) (AC) و مستقیم (DC) (Direct Current) شکل ۳ می‌توان استفاده کرد. استفاده از منبع تغذیه با جریان متناوب و یا جریان مستقیم در فرایند دستی با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار به انتخاب الکترود بستگی دارد. نوع جریان مصرفی بر روی عملکرد الکترود 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

کار در کلاس

جدول زیر را تکمیل کنید.

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 جوش‌کاری را بیابید.

شدت و ولتاژ جریان:

شدت جریان و ولتاژ جوش‌کاری از جمله مهمترین پارامترها در فرایندهای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری 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 هرچه ..... باشد، تخلیه الکتریکی از فاصله دورتری صورت می‌گیرد.
۳	.....	.....	حاصل ضرب آمپر در ولتاژ است که میزان توان قوس جوش‌کاری بوده و عمق و پهنای جوش‌کاری را تعیین می‌کند.

قطب‌های مستقیم و معکوس در جوش‌کاری:

هر دو جریان AC و DC در جوش‌کاری با الکترود روپوش‌دار استفاده می‌شود. با این تفاوت که وقتی با جریان متناوب جوش‌کاری می‌کنیم، قطب مثبت و قطب منفی وجود ندارد و انبر جوش‌کاری 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، جوش‌کاری مشکل‌تر می‌شود، مانند جوش‌کاری افقی، عمودی و سقفی و جوش‌کاری ورق‌های نازکتر.ولی در به‌کارگیری جریان مستقیم که توسط دستگاه رکتی‌فایر یا دینام جوش‌کاری تأمین می‌شود، انتخاب قطب در اختیار جوش‌کار است (شکل۴).



شکل ۴ - قطب‌های مولد جریان

تجهیزات جوش‌کاری

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

کار در کلاس

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 جوش‌کاری استفاده می‌شود.	
۲	دستگاه تولید جریان DC	.....	این دستگاه که نوعی ترانسفورماتور است، برای تولید جریان مستقیم در فرایند جوش‌کاری کاربرد دارد.	
۳	انبر الکترود	Electrode Holders	این ابزار برای نگه‌داشتن الکترود در هنگام جوش‌کاری 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 جوش‌کاری استفاده می‌شود.	
۶	دستکش	.....	برای حفاظت دست‌ها از سوختگی و ..... احتمالی استفاده می‌شود.	
۷	.....	.....	این قطعه در هنگام جوش‌کاری ذوب می‌گردد و باعث اتصال قطعات به همدیگر می‌شود.	

ترانسفورماتورهای جوش‌کاری (Welding Transformers):

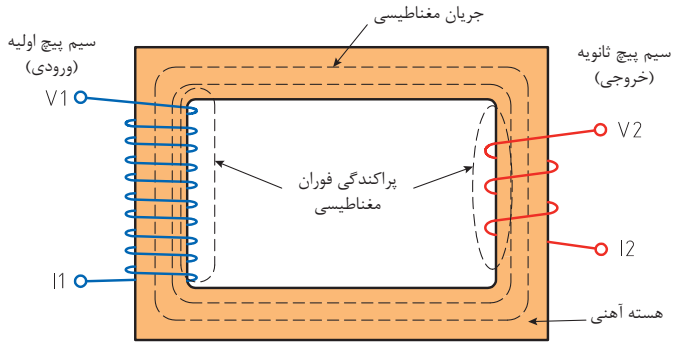
ترانسفورماتورهای جوش‌کاری مبدل جریان هستند؛ یعنی ولتاژ برق ورودی را که ۲۲۰ و ۳۸۰ ولت است، به برق ولتاژ پایین برای جوش‌کاری تبدیل می‌کنند. به این دستگاه‌ها ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ گویند که در شکل ۵ آورده شده و دارای قسمت‌های زیر است:



شکل ۵- نمایی از ترانسفورماتور

هستهٔ 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.

سیم‌پیچ‌ها: یکی سیم‌پیچ اولیه که از سیم عایق‌دار نازک با تعداد حلقه‌های زیاد روی هسته پیچیده شده است مطابق شکل۶ به برق ورودی وصل می‌شود و حوزهٔ 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 هستهٔ 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:

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

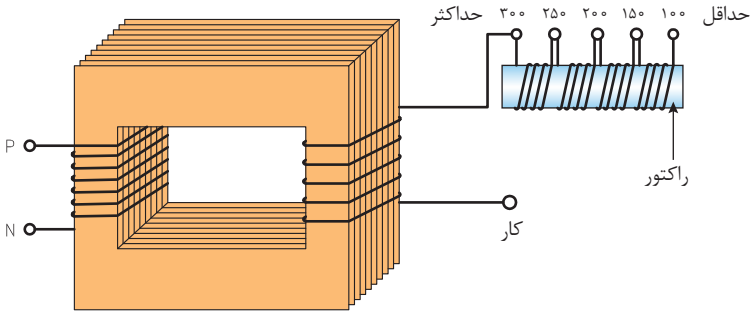
که در آن I_1 و V_1 شدت جریان و ولتاژ ورودی دستگاه و I_2 و V_2 شدت جریان و ولتاژ خروجی جوش‌کاری است. همچنین ترانسفورماتورها دارای یک کلید قطع و وصل در ورودی جریان و یک فن خنک‌کننده سیم‌پیچ‌ها هستند.

تغییر آمپر در ترانسفورماتور جوش‌کاری:

برای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری قابل تنظیم باشد. پس لازم است روشی برای کم و زیاد کردن آمپر در دستگاه‌های جوش‌کاری تدارک شده باشد. در ترانسفورماتورهای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری وجود دارد (شکل۷). 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 جوش‌کار قرار می‌گیرد.

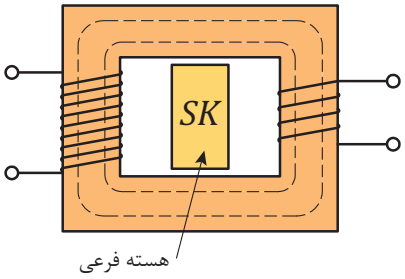


شکل ۷- سیم‌پیچ با تغییر آمپر پله‌ای

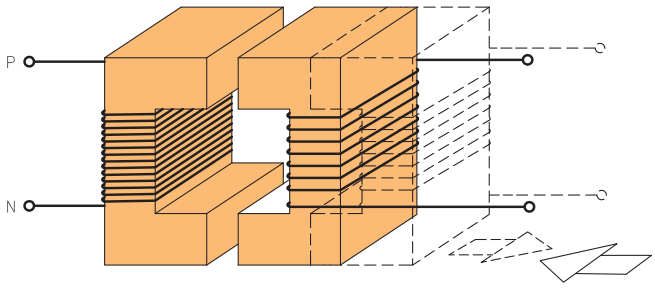
تغییر آمپر پیوسته:

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 هستهٔ فرعی درون هستهٔ اصلی، درصدی از خطوط حوزهٔ مغناطیسی از هستهٔ 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 هستهٔ فرعی.
ج) ایجاد فاصلهٔ هوایی بین دو قسمت هسته به وسیلهٔ دور و نزدیک کردن یک قسمت هسته از قسمت دیگر آن (شکل۹). 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 جابه جایی بخشی از هسته

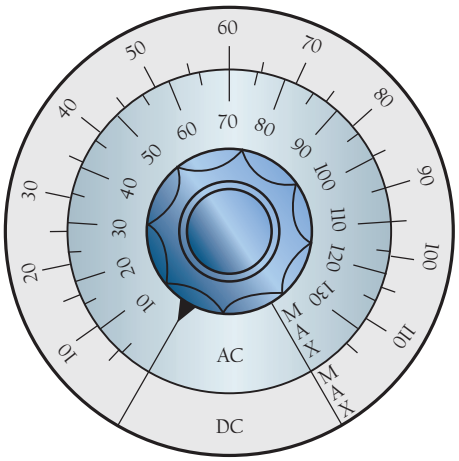
رکتی‌فایر جوش‌کاری:

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 وسیلهٔ 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

تریستور وجود موج‌های چشمگیر در جریان خروجی است. این عیب توسط یک سِلف در مدار کاهش می‌یابد. پس تغییر آمپر در رکتی‌فایرها به وسیله یک کلید گردشی است که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنیم. در دستگاه‌های جوشکاری که در سیستم‌های جوش‌کاری اتومات یا ربات کار می‌کند، از ترانزیستور به عنوان تقویت‌کننده استفاده می‌شود و مقدار عبور جریان به عنوان عکس‌العمل 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.

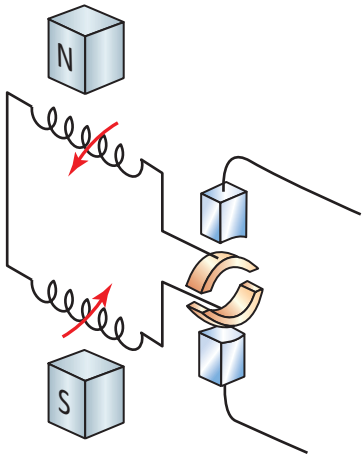


شکل ۱۰ - تغییر آمپر در رکتی‌فایر

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

ژنراتور (دینام) - مولدهای جریان جوش‌کاری:

همان طور که می‌دانیم اگر یک حلقه سیم، خطوط مغناطیسی موجود بین دو قطب آهن‌ربا 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 (شکل۱۲).



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 موتوراحتراقی 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 جوش‌کاری:

در دستگاه‌های تولید جریان برق جوش‌کاری(دینام جوش‌کاری) با تغییر در جریان تحریک بالشتک‌های ایجاد حوزهٔ مغناطیسی(ایجادکننده خطوط قوا یا فلوی مغناطیسی) شدت جریان را افزایش یا کاهش می‌دهند (شکل۱۳).

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



شکل ۱۳ - کلید تغییر قطب در دینام

دینام‌های جوش‌کاری 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 جوش‌کاری انجام شود (باید توجه داشت همه دستگاه‌ها به کلید ستاره مجهز نیستند).

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: بررسی مولد جوش‌کاری

شرح کار:

۱- نوع مولدهای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری

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

مخاطرات اصلی در جوش‌کاری با قوس الکتریکی عبارتند از:

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

شوک الکتریکی:

شوک الکتریکی زمانی حادث می‌شود که جریان الکتریسیته از مسیر قلب بگذرد و یک واکنش ماهیچه‌ای را باعث شود. به طور کلی عبور جریان بیشتر از یک میلی آمپر از بدن، باعث احساس یک شوک می‌شود. عبور جریان‌های بالاتر از ۲۵ میلی‌آمپر از بدن باعث از کار افتادن قلب می‌شود.

جوش‌کار نباید با ولتاژی که بتواند جریانی بیشتر از یک میلی‌آمپر را از بدن عبور دهد، کار کند. برق جوش‌کاری دارای ولتاژ پایین است و از نظر برق‌گرفتگی هم کم‌خطر است ولی کابل‌های ورودی به دستگاه دارای ولتاژ بالا حداکثر تا ۴۱۵ ولت هستند که بسیار خطرناک‌اند و باید کاملاً محافظت شوند تا در تماس با اجسام داغ، تیز و برنده نباشند. ولتاژ مدار باز دستگاه‌های جوش‌کاری به طور معمول باید زیر ۹۰ ولت باشد.

دستگاه‌های جوش‌کاری امروزی طوری طراحی شده‌اند که وقتی روشن می‌شوند، ابتدا ولتاژ کمی در دو سر کابل وجود دارد و موقع تماس الکترود به کار ولتاژ مدار باز مناسب به طور اتومات جریان می‌یابد.

جدول ۱

نکات ایمنی در جوش‌کاری 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 عایق‌بندی خوب باشد و برای ولتاژ تا ۴۱۵ ولت مناسب باشد.
۳	مطمئن شوید که دستگاه به سامانهٔ اتصال به زمین(ارت) مجهز باشد.
۴	هنگام کار با دست‌کش خشک کار کنید.

نکات ایمنی در جوش‌کاری برق	
۵	هنگام جوش‌کاری از کفش‌های مناسب دارای کف عایق و یا از یک عایق زیر پا مانند تخته‌چوب استفاده کنید.
۶	توجه داشته باشید تجهیزات برق‌رسانی و سیم‌کشی برق قادر به عبور جریان لازم برای کار مورد نظر باشد.
۷	هنگام برق‌گرفتگی، به شخص برق‌گرفته دست نزنید و کلید اصلی برق ورودی را قطع کنید.
۸	وصل کردن کابل‌های جوش‌کاری باید هنگام خاموش بودن دستگاه صورت گیرد.
۹	تعویض الکترود خصوصاً در ارتفاع باید با دست‌کش انجام شود.

تشعشع پرتوها:

قوس الکتریک دارای سه نوع اشعه است:

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

۲- اشعهٔ ماوراء بنفش Ultra Violet (UV)

۳- اشعهٔ 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.اشعهٔ ماوراء بنفش قابل رؤیت نیست چون دارای طول موج کمتر از ۰/ ۴ است و برای چشم و پوست و مو و مخاط تنفسی خطر دارد. عدسی چشم انسان در معرض اشعهٔ ماوراء بنفش دچار برق‌زدگی می‌شود که دردناک است و باعث جاری شدن اشک چشم و عدم تحمل نور می‌گردد.اشعهٔ مادون قرمز هم دارای طول موج بیشتر از ۰/۷ است که موجب آسیب رسیدن به پوست (مثل سوختگی صورت و گردن در کنار دریا) می‌شود و خطر آب‌مروارید در چشم را به دنبال دارد (شکل ۱۴)، علاوه بر جوش‌کاران بی‌توجه، افرادی هم که در مجاورت عملیات جوش‌کاری کار می‌کنند دچار مشکلات برق‌زدگی در چشم می‌شوند؛ لذا باید به افرادی که در محدودهٔ قوس جوش‌کاری کار می‌کنند آگاهی داده شود تا با چشم غیرمسلح به قوس الکتریکی نگاه نکنند. انعکاس قوس از سطوح صیقلی و براق هم مخاطره‌آمیز است. جوش‌کاران باید از ماسک جوش‌کاری که دارای شیشهٔ تار مناسب است، استفاده کنند و اطراف کار جوش‌کاری هم باید توسط پرده‌های برزنتی نسوز حفاظ‌دار شود.



شکل۱۴ - آب مروارید ناشی از اشعهٔ مادون قرمز

تولید دود و گاز:

دمای زیاد قوس باعث سوختن روپوش الکترود می‌شود که موجب تولید دود، گازهای مختلف و گرد و غبار و بخارهای فلزی در قوس و اطراف آن می‌گردد. این ذرات معلق و گازها برای مجاری تنفسی جوش‌کاران زیان‌بخش است که به ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد. البته حداکثر غلظت مجاز که جوش‌کار می‌تواند در معرض آن قرار گیرد، توسط سازمان‌های ذی‌ربط تعیین و اعلام می‌شود. عمده گازهایی که تولید می‌شوند، عبارتند از:

منواکسید کربن (CO) :

از سوختن ناقص کربن و تجزیهٔ ترکیب کربنی شکل می‌گیرد. گازی است بی‌رنگ و بی‌بو که از هوا سبک‌تر است و حداکثر میزان مجاز آن ۵۵-۵۰ میلی‌گرم در یک متر مکعب هوا است.در جوش‌کاری با الکترود روپوش‌دار و از تجزیهٔ گاز در جوشکاری با گاز محافظ CO_2 و همچنین موقع جوش‌کاری قطعات رنگ‌شده به وجود می‌آید. تنفس این گاز موجب سرگیجه، تهوع، استفراغ و تاری دید می‌شود.

گاز کربنیک (CO_2) :

در جوش‌کاری SMAW (Shielded Metal Arc Welding) و GMAW (Gas Metal Arc Welding) روی فولادها با الکترودهای روپوش‌دار از سوختن سلولز، گرافیت و از تجزیه کربنات کلسیم موجود در روپوش مقدار زیادی گاز CO_2 به عنوان گاز محافظ به وجود می‌آید که در جوش‌کاری با گاز CO_2 ناحیه قوس و اطراف آن را پوشش می‌دهد و باعث می‌شود که فضای تنفسی جوش‌کار اشغال شود و اکسیژن به‌شدت کاهش یابد. تراکم بیش از ۵۰۰۰ میلی‌گرم در متر مکعب باعث مسمومیت می شود.

گازهای N_2O_2 و N_2O و NO:

از ترکیب اکسیژن با ازت هوا که در گرمای قوس به وجود می‌آید، به‌ویژه زمانی که با برش‌کاری پلاسمای هوا کار می‌کنیم، به مقدار زیاد تولید می‌شود. حداکثر مجاز این گازها ۹ میلی‌گرم در متر مکعب است و عملیات جوش‌کاری و برش‌کاری در فضاهای محدود بدون تهویه مناسب مخاطره‌آمیز است.

گاز اوزن(O_3) :

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

تحقیق کنید



خطراتی که گازهای ذکرشده 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 می‌شوند. مغز فلزی الکترودها می‌توانند بخارات منگنز، مولیبدن، کروم، نیکل، آلومینیوم، مس، قلع و غیره تولید کنند. استنشاق بخارهای تازه تولیدشده در قوس ممکن است منجر به عارضه‌ای به نام تب بخارهای فلزی

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

کنترل و کاهش میزان آلودگی‌های گازی

سه روش برای این منظور به کار گرفته می‌شود:

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

پاشش جرقه از مذاب:

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

۱- از لباس کار نخی با جیب‌های دربسته 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- جوش‌کاری و برش‌کاری 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 جوش‌کاری 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 جوش‌کاری برق را بررسی کنید.

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: ۱- بررسی مولد جوش‌کاری

شرح کار:

۱- نوع مولدهای جوش‌کاری 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، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	شناسایی تجهیزات جوش‌کاری برق	مکان:کارگاه جوش‌کاری ابزار: دستگاه جوش، انبر اتصال، کابل جوش، ماسک جوش‌کاری، دستکش جوش‌کاری، برس سیمی و چکش گل جوش	بالاتر از حد انتظار	۱- تجهیزات جوش‌کاری برق دستی را بشناسد. ۲- تجهیزات ایمنی جوش‌کاری را بشناسد. ۳- نکات ایمنی را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱- نکات ایمنی را بداند. ۲- تجهیزات ایمنی جوش‌کاری را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- تجهیزات ایمنی جوش‌کاری را بشناسد.	۱

ایجاد قوس الکتریکی و گرده جوش

شناسایی الکترودها

قطعه‌ای که با ذوب شدن باعث اتصال دو قطعه کار می شود الکترود نام دارد.
مشخصات درج‌شده بر روی الکترودها اطلاعاتی در مورد انتخاب الکترود می‌دهند.

E601

نوع جوشکاری: برق E - گاز G - قدرت کششی(پوند بر اینچ مربع)
وضعیت جوش‌کاری:
الف) ۱ = همه وضعیت‌ها، ب) ۲= افقی و تخت، پ)۴ = عمودی

قطر الکترود:

مناسب‌ترین قطر الکترود، قطری است که الکترود با استفاده از جریان و سرعت حرکت مناسب، در حداقل زمان، مکان مورد نظر را جوش‌کاری کند. ضخامت الکترود انتخابی، تا حد زیادی به ضخامت موادی که جوش‌کاری می‌شوند وضعیت جوش‌کاری و نوع اتصال بستگی دارد. در جوش‌کاری مواد ضخیم‌تر و یا جوش‌کاری در شرایط مسطح، برای دست‌یابی به‌سرعت نفوذ بالاتر و زمان کمتر، از الکترودهای با قطر بیشتر استفاده می‌شود. همواره باید از ضخیم‌ترین الکترود 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 اندازهٔ مقاطع مختلف یا در حالت

و شکل جوش، مانند آنچه هنگام جوش‌کاری بیش از اندازه، شکل می‌گیرد، می‌تواند باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش گردد. البته این امر واضح است که بهترین اندازهٔ الکترود، اندازه‌ای است که هنگام استفاده از آن با سرعت و حرکت و جریان مناسب مکان مورد نظر در حداقل زمان، جوش‌کاری شود.

جهت گرفتن الکترود:

جهت‌گیری الکترود با در نظر داشتن وضعیت کار و پخ جوش، برای کنترل کیفیت جوش‌کاری بسیار مهم است. زاویهٔ نامناسب الکترود می‌تواند باعث حبس سرباره، تخلخل و یا بریدگی کنارهٔ جوش شود. موقعیت مناسب الکترود، وابسته به نوع و اندازه الکترود، موقعیت جوش‌کاری و شکل هندسی اتصال است. یک جوش‌کار ماهر، به طور خودکار همهٔ این عوامل را هنگام تعیین جهت‌گیری الکترود در نظر می‌گیرد. برای تعریف و تعیین جهت‌گیری الکترود از زاویهٔ کار و زاویهٔ حرکت استفاده می‌شود. زاویهٔ حرکت، زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه، بین سطح الکترود و سطح کار است. زاویهٔ کار نیز زاویه‌ای است کمتر از ۹۰ درجه، بین یک خط عمود بر سطح قطعهٔ کار اصلی و صفحه‌ای که توسط محور الکترود و محور جوش تعیین می‌گردد. هنگامی که الکترود در مسیر جوش‌کاری قرار می‌گیرد، از تکنیک جوش‌کاری پیش‌دستی استفاده می‌گردد. لذا به زاویهٔ حرکت، زاویهٔ فشار نیز گفته می‌شود. در تکنیک جوش‌کاری پس‌دستی، الکترود برخلاف مسیر جوش‌کاری حرکت می‌کند؛ لذا به زاویهٔ حرکت در این حالت، زاویهٔ کشیدن نیز گفته می‌شود.

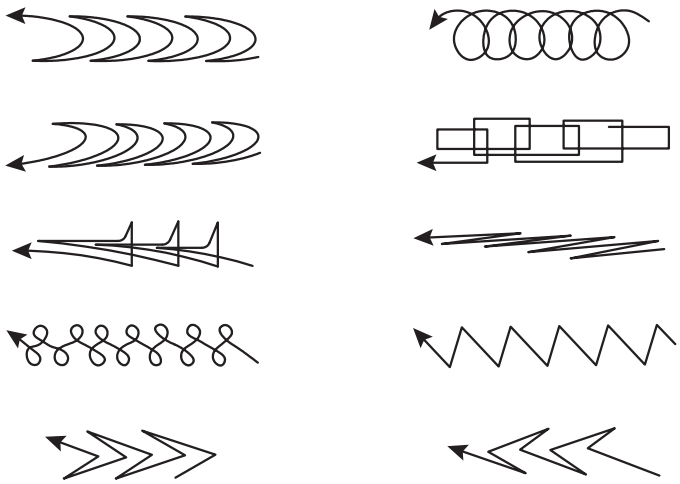
سرعت حرکت الکترود:

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

۱- قطبیت جریان جوش‌کاری
۲- وضعیت جوش‌کاری
۳- نرخ ذوب الکترود
۴- ضخامت فلز پایه
۵- شرایط سطحی فلز پایه
۶- نوع اتصال
۷- نصب اتصالات
۸- مهارت در به‌کارگیری الکترود
۹- شناسایی الکترود، جریان برق و قطب‌ها

حالت‌های حرکت الکترود:

حرکت الکترود (شکل۱۵) به عنوان تکنیکی برای جوش‌کاری، تعیین‌کنندهٔ کیفیت جوش است که انتخاب آن بیشتر به تجربهٔ جوش‌کار وابسته است.



شکل ۱۵ - حالت‌های حرکت الکترود

کابل های جوش‌کاری

کابل‌های جوش‌کاری مدار جریان الکتریکی بین انبر الکترودگیر و اتصال به قطعهٔ کار را تشکیل می‌دهند. به دلیل بالا بودن شدت جریان جوش‌کاری 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 جوش‌کاری 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)

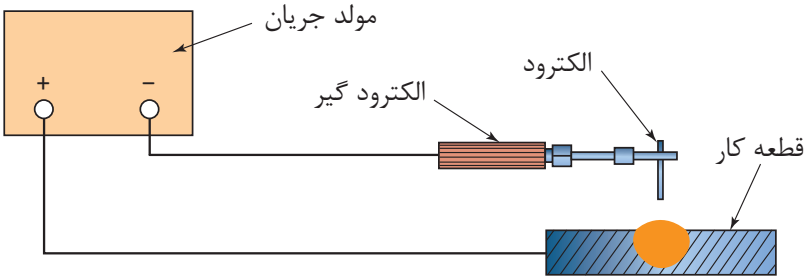


شکل ۱۶- قوس الکتریکی

قوس الکتریکی در اثر تخلیه بار الکتریکی در فاصلهٔ هوایی بین دو قطب جریان به وجود می‌آید که با نور و حرارت همراه است (شکل۱۶). در حقیقت اگر دو قطب جریان یا الکترود و قطعهٔ 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 فاصلهٔ هوایی بین آن دو قطب عبور می‌کنند. این عمل باعث گرم شدن نوک الکترود می‌شود و الکترون‌های آزاد درون الکترود 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 ادامهٔ قوس با ولتاژ کمتری عملی است.

روش‌های اتصال قطب‌ها:

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

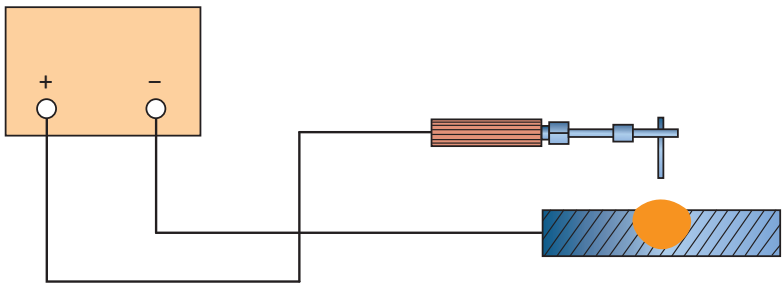


شکل ۱۷ - اتصال قطب‌ها در جوش‌کاری

این حالت را جوش‌کاری با قطب مستقیم (Direct current electrode negative) (DC EN) و یا (Direct current straight polarity) (DCSP) می‌گویند. جهت حرکت الکترون‌ها، از الکترود به قطعه کار است و الکترون‌ها با سرعت زیاد به قطعه برخورد می‌کنند و به دلیل بمباران الکترونی گرمای زیادی در قطعهٔ کار (قطب مثبت) به وجود می‌آید (شکل۱۷). در جوش‌کاری قوس با الکترود تنگستن الکترود تنگستن به قطب منفی دستگاه وصل است و گرمای بیشتر در کار یعنی $\frac{۲}{۳}$ در قطعهٔ کار و $\frac{۱}{۳}$ در الکترود توزیع می‌شود و این امر از ذوب شدن الکترود تنگستن جلوگیری می‌کند.

در جوش‌کاری با الکترود روپوش‌دار هم گرما در قطب مثبت بیشتر از قطب منفی است، ولی به‌دلیل وجود روپوش و بخارها و گازهای حاصل از آن، گرما متعادل‌تر توزیع می‌شود.

۲- در به‌کارگیری قطب معکوس (Direct current reverse polarity) (DC RP) یا الکترود مثبت (DC EP) (Direct current electrode positive) گرما بیشتر در الکترود توزیع می‌شود؛ در نتیجه سرعت ذوب الکترود بیشتر است (شکل۱۸). همچنین آن دسته از الکترودها هم که روپوش دیرذوب‌تر دارند، با این قطب جوشکاری می‌شوند. همانند الکترود قلیایی در جوشکاری با این قطب (DC RP) عمل تمیزکاری قوس وجود دارد؛ یعنی چون الکترون‌ها از کار جدا شده و یون‌ها از الکترود به کار برخورد می‌کنند، اکسیدهای فلزی در محل تشکیل قوس خرد شده و یا به صورت یک پارچه تشکیل نمی‌شوند و برای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری 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 جوش‌کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

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

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

۵- با جابه‌جایی قطب‌ها دوباره به همان اندازه جوش‌کاری کنید.

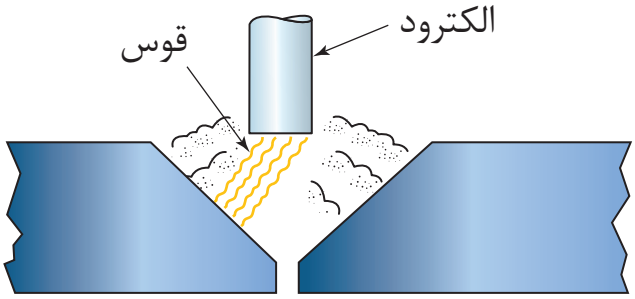
۶- دو مرحله قبل را با تغییر آمپر دوباره تکرار کنید.

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 دهانهٔ انبر، الکترود را جدا کنید؛ در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.

وزش قوس(Arc blow)

در جوش‌کاری با جریان مستقیم به‌دلیل وجود میدان مغناطیسی در اطراف مسیر جریان (الکترود)، قوس الکتریکی به یک سمت منحرف می‌شود که به آن وزش قوس می‌گویند (شکل۱۹). این عیب باعث ایراداتی در فرایند جوش‌کاری می‌گردد.



شکل ۱۹- وزش قوس

بحث کلاسی

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

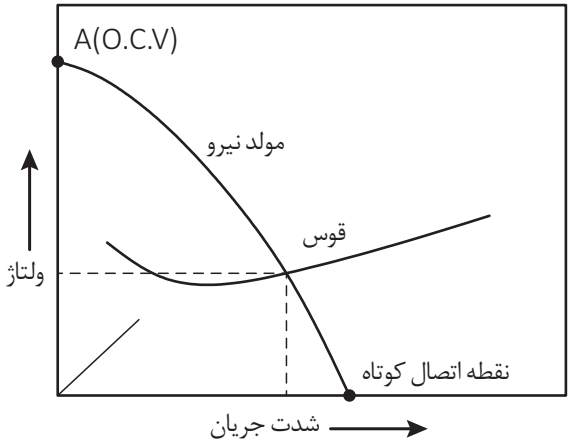
کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید

ردیف	روش‌های جلوگیری از وزش قوس
۱	دورکردن محل اتصال قطعه از محل جوش‌کاری
۲	کاهش آمپر جوش‌کاری
۳	به حداقل رساندن طول قوس
۴	
۵	
۶	

نمودار ولت آمپر قوس الکتریکی:

جوش‌کار 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 الکترود و اتمسفر موجود در فضای گازی قوس الکتریکی است. اگر نمودار شدت جریان و ولتاژ خروجی دستگاه جوش‌کاری ترسیم شود، یعنی روی ستون عمودی ولتاژ مدار باز و ستون افقی شدت جریان‌های جوش‌کاری علامت‌گذاری شود، این منحنی با منحنی قوس در نقطه‌ای به هم می‌رسند که آن نقطه، شدت جریان و ولتاژ جوش‌کاری را نشان می‌دهد (شکل ۲۰). زمانی که شدت جریان حداکثر است، یعنی اتصال کوتاه بین الکترود و کار برقرار شده است، ولتاژ بین الکترود و قطعهٔ کار به صفر نزدیک است. ادامهٔ این اتصال کوتاه باعث سوختن دستگاه جوش‌کاری خواهد شد. زمانی که دستگاه روشن است و جوش‌کاری انجام نمی‌شود، ولتاژ حداکثر است که به ولتاژ مدار باز یا (O.C.V) معروف است.



شکل ۲۰- نمودار ولتاژ – شدت جریان

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: ایجاد خال جوش

شرح کار:

۱- لوازم جوش‌کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

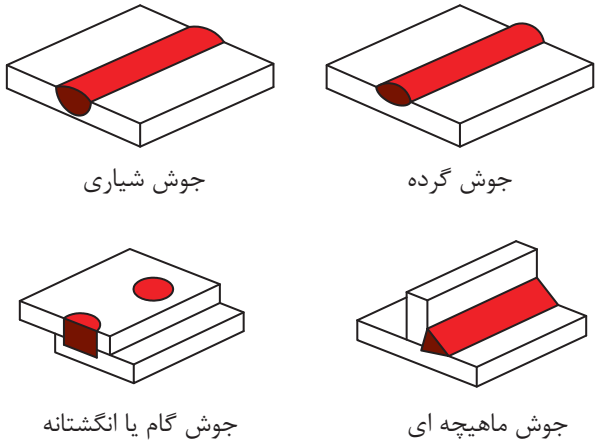
۳- بر روی پلیت شروع به جوش‌کاری کنید و خال جوش ایجاد نمایید.

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 دهنهٔ انبر، الکترود را جدا کنید در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	ایجاد قوس الکتریکی وخال‌جوش	مکان:کارگاه جوش‌کاری ابزار: دستگاه جوش، انبر اتصال، کابل جوش، ماسک جوش‌کاری، دستکش جوش‌کاری، برس سیمی و چکش گل جوش	بالاتر از حد انتظار	۱- الکترودها 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

جوش‌کاری انواع اتصالات

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

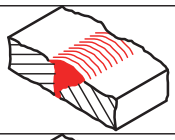
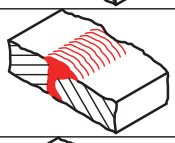
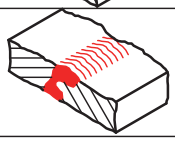
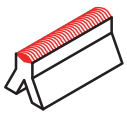
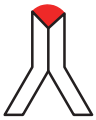
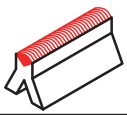
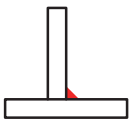
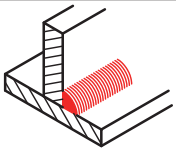
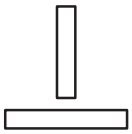
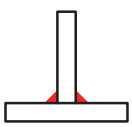
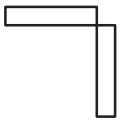


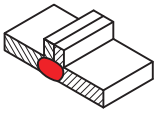
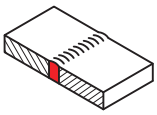
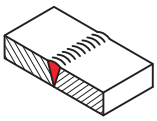
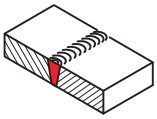
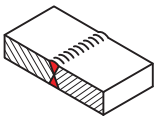
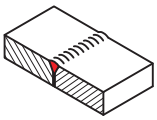
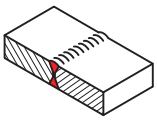
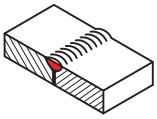
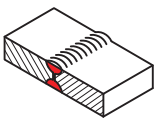
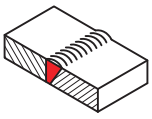
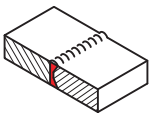
شکل ۲۱- انواع جوش

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

شکل ۲۲- انواع اتصالات اصلی در جوش‌کاری

علایم و نشانه‌های اتصالات جوش‌کاری

نوع درز	نام	شکل نمادین	نمایش		نمای مجسم
			فرم درز	مقطع 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 گلویی	درز گلویی یا گوشه ای				
	درز گلویی یا گوشه ای دو سویه				
	درز گلویی یا گوشه ای بیرونی				
درز نیم جناغی با ریشه باز					

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

شکل ۲۳- علایم و نشانه‌های اتصالات

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: ایجاد گرده جوش به طول ۱۰ سانتی‌متر

شرح کار:

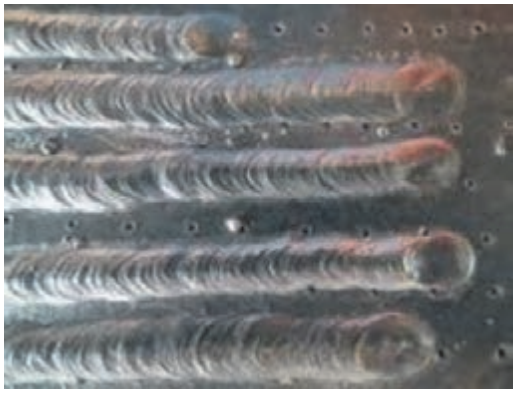
۱- لوازم جوش‌کاری و ایمنی را آماده کنید.

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 سانتی‌متر ایجاد نمایید.

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 دهنهٔ انبر، الکترود را جدا کنید در غیر این صورت، به مولد جریان آسیب خواهد رسید.



شکل ۲۴

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: جوش‌کاری سپری (جناغی) به صورت گوشه

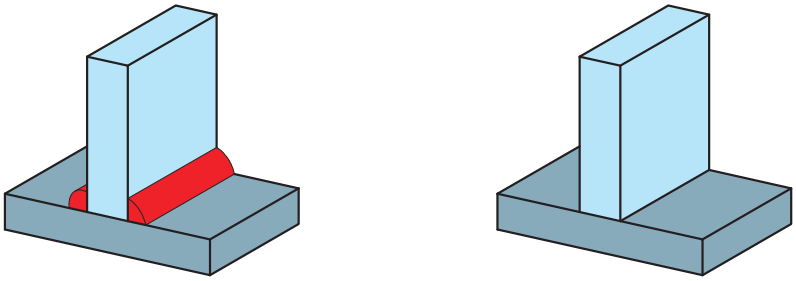
شرح کار:

۱- لوازم جوش‌کاری 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 جوش‌کاری نمایید.



شکل ۲۵

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: جوش‌کاری لب به لب به صورت شیاری

شرح کار:

۱- لوازم جوش‌کاری و ایمنی را آماده کنید.

۲- مولد جریان را تنظیم کنید.

۳- نکات ایمنی را رعایت کنید.



شکل ۲۶

فعالیت کارگاهی

نوع فعالیت: جوش‌کاری سپری(جناغی) به صورت شیاری

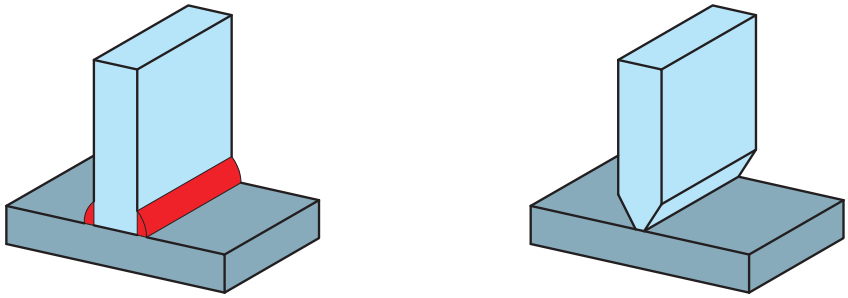
شرح کار:

۱- لوازم جوش‌کاری 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 جوش‌کاری نمایید.



شکل ۲۷

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

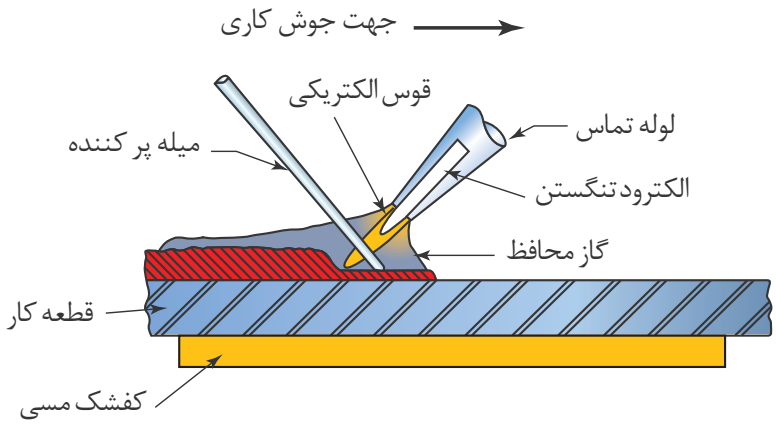
جوش‌کاری با گازهای محافظ (Gas Metal Arc Welding) GMAW

نوع دیگری از جوش‌کاری برق ، جوش‌کاری با گازهای محافظ است که برای جوش دادن فلزات رنگین مثل آلومینیوم ، مس، روی و غیره کاربرد دارد. جوش‌کاری تحت پوشش گازهای محافظ با الکترود مصرفی‌فرایند جوشکاری است که در آن، با ذوب کردن اتصال توسط قوس الکتریکی بین یک الکترود 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 سرباره و بدون کاربرد فشار صورت می‌گیرد و دارای دو نوع زیر است:

جوش‌کاری تیگ(آرگون) TIG (Tungsten Inert Gas)

در جوش آرگون یا تیگ برای ایجاد قوس جوش‌کاری از الکترود تنگستن استفاده می‌شود که این الکترود برخلاف دیگر فرایندهای جوش‌کاری حین عملیات جوش‌کاری مصرف نمی‌شود (شکل۲۸).حین جوش‌کاری گاز خنثی هوا را از ناحیه جوش‌کاری بیرون می‌راند و از اکسیده شدن الکترود جلوگیری می‌کند. در جوش-کاری تیگ الکترود فقط برای ایجاد قوس به‌کار می‌رود و خود الکترود در جوش مصرف نمی‌شود؛ در حالی‌که در جوش قوس فلزی الکترود در جوش مصرف می‌شود. در این نوع جوش‌کاری از سیم جوش به‌عنوان فلز پرکننده استفاده می‌شود و سیم جوش شبیه جوش‌کاری 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 جوش‌کاری با نام سازندگان هم شناخته شود. نام جدید این فرایندG.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 محدودهٔ جوش می‌شود.

کاربرد این جوش عموماً در جوش‌کاری موارد زیر است:
۱- فلزات رنگین از قبیل آلومینیوم، نیکل، مس و برنج (مس و روی)
۲- جوش‌کاری پاس ریشه در لوله‌ها و مخازن
۳- ورق‌های نازک (زیر ۱ میلی‌متر)



شکل ۲۸- نمای جوش تیگ

مزایای جوش تیگ:

۱-به‌دلیل اینکه تزریق فلز پرکننده از خارج قوس صورت می‌گیرد، اغتشاش در جریان قوس پدید نمی‌آید؛ در نتیجه کیفیت فلزجوش بالاتر است.
۲- به‌دلیل نبود سرباره و دود و جرقه، منطقهٔ قوس و حوضچه مذاب به‌وضوح قابل رؤیت است.
۳- امکان جوش‌کاری فلزات رنگین و ورق‌های نازک با دقت بسیار زیاد.

تحقیق کنید

معایب جوش‌کاری تیگ چیست؟

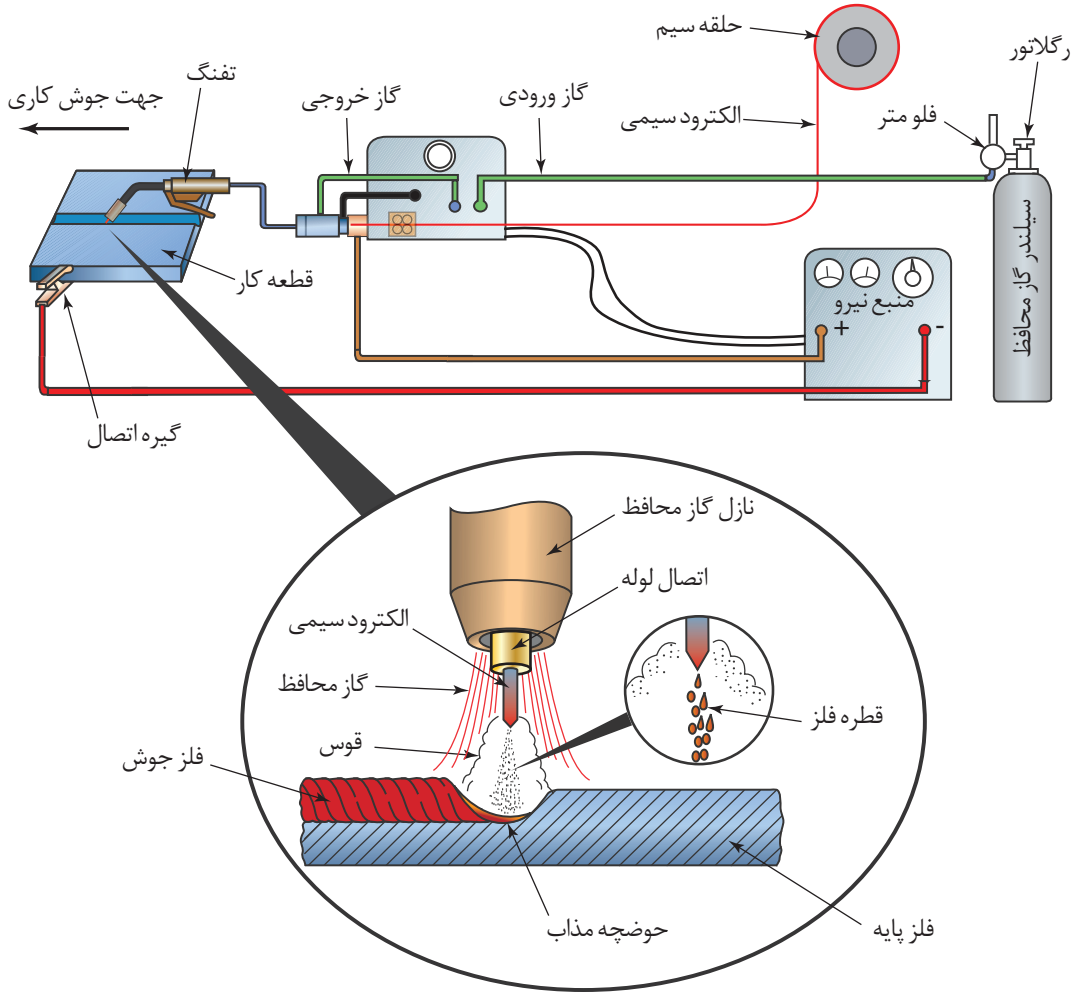
جوش‌کاری میگ MIG (Metal inert Gas) و مگ MAG (Metal Active Gas)

در جوشکاری میگ تغذیهٔ الکترود مداوم است و الکترود (سیم‌جوش) لخت می‌باشد. این فرایند جوش‌کاری را می‌توان با ماشین نیمه‌خودکار یا روش‌های خودکار انجام داد.
جوش‌کاری مگ، همانند فرایند میگ است؛ با این تفاوت که در این روش برای حفاظت از جوش و منطقهٔ مجاور، از گازهای فعال مثل CO_2 استفاده می‌شود؛ به همین دلیل به آن جوش‌کاری CO_2 نیز می‌گویند که برای اتصال فلزات آهنی استفاده می‌شود. گاهی اوقات با اضافه کردن درصدی اکسیژن در گاز محافظ، برای جوش‌کاری فولادهای معمولی (فولاد ساده کربنی) به کار می‌رود، زیرا اضافه کردن مقدار کمی اکسیژن به گاز محافظ باعث

آرام‌تر و محوری شدن قطرات مذاب می‌شود و در نتیجه حوضچهٔ جوش روان به وجود می آید و پهنای جوش مسطح‌تر و صاف‌تر به‌دست می‌آید. البته لازم است که به خاطر این مقدار اکسیژن اضافی، عناصر اکسیژن‌زدا در الکترود استفاده شود تا فلز جوش از نظر متالورژیکی دچار مشکل نگردد.

فرایند جوش‌کاری 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 بی‌اثر (Inert) و غیره استفاده می‌شود. فرایند جوش‌کاری میگ برای جوش‌کاری فلزاتی مانند فولاد زنگ‌نزن، آلومینیوم، نیکل و مس استفاده می‌شود نمونه‌ای از دستگاه مخصوص این جوش‌کاری در شکل ۲۹ نشان داده شده است.



شکل ۲۹- نمای جوش‌کاری میگ

بحث کلاسی

سیستم جوش‌کاری میگ را تشریح کنید.



شکل ۳۰ - دستگاه میگ

مزایای جوش‌کاری میگ:

فرایند این جوش‌کاری 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 روباتیک کردن این فرآیند به دلیل پیوسته بودن الکترود و طول قوس ثابت، آسان است.

۳- تمرکز قوس الکتریکی به‌دلیل نسبت بالای توان بر سطح، زیاد است؛ بنابراین امکان جوش‌کاری ورق‌های نازک و حالت های 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 الکترود صرف نمی‌شود.

۶- این فرایند می‌تواند به راحتی در تمام وضعیت‌ها استفاده شود.

۷- حوضچهٔ مذاب و قوس الکتریکی به راحتی قابل مشاهده است.

۸- سرباره حذف می‌شود یا بسیار نازک است.

۹- از الکترود با قطر نسبتاً کم استفاده می‌شود که باعث چگالی جریان بالاتری می‌گردد.

۱۰- درصد بالایی از الکترود یا سیم جوش در منطقهٔ اتصال، رسوب می‌کند.

۱۱- سرعت انتقال و میزان رسوب بالاتری نسبت به نوع جوش‌کاری 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.

بحث کلاسی

معایب جوش‌کاری میگ را شرح دهید.

تحقیق کنید



در مورد انواع دیگر جوش‌کاری‌های برق تحقیق کنید.

فعالیت کارگاهی



نوع فعالیت: بررسی مولد جوش‌کاری 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 (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۴	جوش‌کاری با گازهای محافظ	مکان: جوش‌کاری کارگاه ابزار: دستگاه جوش‌کاری تیگ و میگ	بالاتر از حد انتظار	۱-دستگاه جوش‌کاری میگ را بشناسد. ۲- دستگاه جوش‌کاری تیگ را بشناسد. ۳- مزایا و معایب جوش‌کاری میگ و تیگ را بداند.	۳
			در حد انتظار	۱-دستگاه جوش‌کاری میگ را بشناسد. ۲- دستگاه جوش‌کاری تیگ را بشناسد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- مزایا و معایب جوش‌کاری میگ و تیگ را بداند.	۱

ارزشیابی شایستگی جوش‌کاری برق

شرح کار:

شناسایی تجهیزات جوش‌کاری برق

ایجاد قوس الکتریکی

جوش‌کاری انواع اتصالات

جوش‌کاری با گاز محافظ

استاندارد عملکرد:

هنرجویان با جریان مورد استفاده در جوش‌کاری، ایجاد قوس الکتریکی، روش‌های مختلف جوش‌کاری برق آشنا می‌شوند و نحوهٔ جوش‌کاری پلیت‌ها با روش‌های مختلف را می‌آموزند.

شاخص‌ها:

- تنظیم دستگاه جوش‌کاری و استفادهٔ صحیح از آن
- جوش‌کاری پلیت‌ها به روش‌های مختلف و با رعایت کامل نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش‌کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی.

ابزار و تجهیزات: پلیت، دستگاه جوش‌کاری، الکترود و تجهیزات ایمنی

معیار شایستگی:

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

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

پودمان ۴

جوش‌کاری گاز







واحد یادگیری ۴
جوش‌کاری گاز

آیا تاکنون پی برده‌اید

- گاز استیلن و اکسیژن در صنعت چگونه تولید می‌شود؟
- جوش‌کاری گاز به چه روش‌هایی انجام می‌گیرد؟
- آیا می‌توان دو ورق نازک را بدون نیاز به الکترود، با جوش‌کاری گاز به هم متصل کرد؟
- آیا در جوش‌کاری گاز با مفتول می‌توان دو قطعه غیرهم‌جنس را به هم جوش داد؟
- در جوش‌کاری 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 جوش‌کاری گاز اکسی استیلن با دو روش بدون مفتول و با مفتول را با رعایت تمامی نکات ایمنی انجام دهند.

شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز (اکسی استیلن)

حرارت لازم برای ذوب لبهٔ قطعات جوش‌کاری را می‌توان از سوختن گاز تأمین کرد؛ که به این روش اصطلاحاً جوش‌کاری گاز می‌گویند.

در این نوع جوش‌کاری به گازهای زیر نیاز داریم:

الف) گاز قابل احتراق ب) اکسیژن عامل احتراق

گاز قابل احتراق

گازهای مختلفی در جوش‌کاری به عنوان گاز مشتعل‌شونده استفاده می‌شوند که مهم‌ترین 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 می‌توانند به عنوان گاز سوختن در جوش‌کاری استفاده شوند. هر کدام از آنها ویژگی‌هایی دارند و حرارت حاصل از احتراق آنها با هم فرق دارد.

در این میان استیلن بهترین گاز از نظر حرارتی است و جوش‌کاری اکسی استیلن متداول‌ترین و عمومی‌ترین روش جوش‌کاری 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 بی‌رنگ، بی‌طعم و دارای بویی شبیه بوی سیر است. در اغلب مایعات به نسبتهای مختلف حل می‌شود.

بهترین حلال آن مایع استون است که می‌تواند در حرارت ۱۵ درجه سانتی‌گراد 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 سانتی‌متر مربع فشرده شود، خودبه‌خود تجزیه و منفجر می‌شود.

مخلوط استیلن با هوا یا اکسیژن قابلیت انفجار دارد.

۱- مخلوط ۲/۳ درصد استیلن با ۹۷/۳ درصد هوا
۲- مخلوط ۸۲ درصد استیلن با ۱۸درصد هوا
۳- مخلوط ۹۳ درصد استیلن با ۷ درصد اکسیژن
۴- استیلن خالص با فشار اتمسفر

قابلیت انفجار دارند حتی بدون استفاده از شعله و جرقه

نکته ایمنی

در صنعت برای ممانعت از خطر انفجار استیلن، آن را در مایع استون حل می‌کنندو 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.

کار در کلاس

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 گرمازاست (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 تهیهٔ کاربید:

برای تهیهٔ 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 ۳۰۰۰درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند. در عمل هیچ‌گاه نباید درجهٔ 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 کورهٔ گاز منواکسید کربن (CO) است که می‌توان از آن در صنعت استفاده کرد.

$$CaO+3C \longrightarrow CaC_2+CO$$

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).

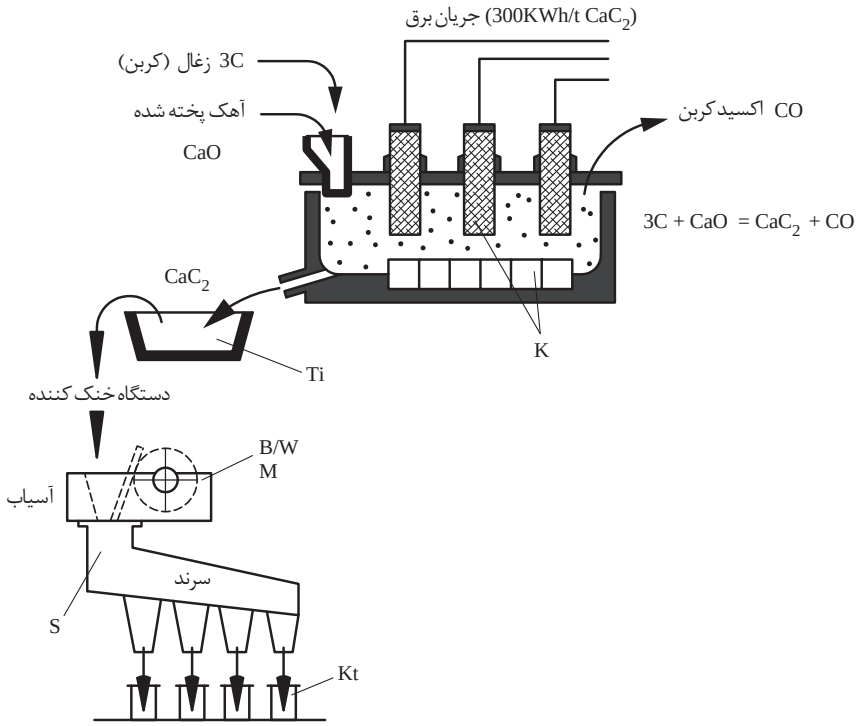


شکل ۲

تحقیق کنید

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

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



شکل ۳- مراحل تولید کاربید

نکات ایمنی

ایمنی نگهداری کاربید:

۱ **بشکه کاربید را در محل خشک و با تهویه کامل انبار کنید.**

۲ **موقع باز کردن در بشکه‌های کاربید باید مراقب بود، چون همیشه مقداری گاز در داخل آنها جمع می‌شود و در صورت بی‌احتیاطی انفجار رخ می‌دهد.**

۳ **برای نگهداری کاربید 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 کاربید به عنوان وسیلهٔ بازی استفاده شود، چون فوق‌العاده خطرناک است.**

۵ **برای خاموش کردن آتش‌سوزی گاز استیلن متصاعدشده از کاربید نباید از آب و فوم استفاده کرد.**

بحث کلاسی

در شکل ۴ چه اشکالاتی در نحوهٔ 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 جوش‌کاری 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؟

درجهٔ حرارت شعله:

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

کار در کلاس



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

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 جوش‌کاری گاز در جدول ۱ آمده است.

کار در کلاس



هنگام ایجاد شعله مناسب جوش‌کاری توسط گازهای سوختنی 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

جدول ۱

گاز سوختنی	درجهٔ حرارت شعله C°	ارزش حرارتی مخروط اولیهٔ شعله Kcal/m³	ارزش حرارتی مخروط ثانویهٔ 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.

تحقیق کنید



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

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

جدول ۲

ردیف	گاز سوختنی	عامل سوختن	درجهٔ حرارت به سانتی‌گراد
۱	استیلن	اکسیژن	۳۲۰۰-۳۱۰۰
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 ۱/۴۳کیلوگرم است. اکسیژن در ۱۸۲/۹۶- درجهٔ سانتی‌گراد به حالت مایع درمی‌آید و در ۲۱۸/۴- درجهٔ سانتی‌گراد منجمد می شود.

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 تهیهٔ 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 تهیهٔ 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	جداکردن 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-درجهٔ 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.

کار در کلاس

جاهای خالی را پر کنید.

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



شکل ۵- دستگاه اکسیژن‌ساز ساخت یک شرکت ایرانی

دستگاه‌ها و تجهیزات جوش گاز

در بحث‌های قبلی اطلاعاتی در مورد گازهای سوختنی مورد مصرف در جوش‌کاری و خواص حرارتی و کاربرد آنها ارائه شد و دانستیم که برای رسیدن به حداکثر راندمان و درجهٔ 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 جوش‌دادنی و مفتول پرکنندهٔ 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 کاربید با آب به منظور تولید گاز استیلن و ذخیرهٔ آن جهت مصرف، از دستگاهی به نام مولد استیلن استفاده می‌کنیم.

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

۱- سقوطی

۲- ریزشی

۳- تماسی

مولد ها 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 ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۳- فشار قوی از ۱/۵ کیلو گرم بر سانتی‌متر مربع به بالا

تحقیق کنید

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

شیر یک‌طرفهٔ شعله‌گیر:

خروج گاز از مولد یا از خط لوله و قبل از ورود به شیلنگ‌های لاستیکی اجباراً از شیر یک‌طرفه شعله‌گیر را طی می‌کند. این امر موجب می‌شود 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 می‌گویند. از طرف دیگر چنانچه شیلنگ‌ها آتش بگیرند، از رسیدن شعله و آتش به مولد ویا خط لولهٔ استیلن جلوگیری می‌شود (شکل۶).



شکل ۶

نمایش فیلم

فیلم آموزشی دربارهٔ نحوهٔ عملکرد شیر یک‌طرفه شعله‌گیر را مشاهده کنید.

نکات ایمنی

نکات ایمنی در مولدها:

۱ **مقدار آب داخل مولد استاندارد باشد.**
۲ **اندازهٔ قطعات کاربید از روی مشخصات مولد انتخاب شود.**
۳ **باید به طرز کار مولد آشنایی کامل داشت و بعد از آن استفاده کرد.**
۴ **مولد استلین باید از یخ زدن مصون باشد.**
۵ **از سالم بودن شیر یک‌طرفه شعله‌گیر باید اطمینان کامل داشته باشیم.**
۶ **در موقع شارژ مولد قبل از تولید گاز باید تمام دریچه‌ها و قسمت‌هایی که باز و بسته کرده‌ایم، دقیق و اصولی محکم بسته شده باشند.**
۷ **تمام دستورالعمل‌های ایمنی و بهره‌برداری توصیه‌شده توسط کارخانه‌سازنده 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 مادهٔ مخصوصی پرمی‌کنند و تا ۳۰۰ درجهٔ 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.

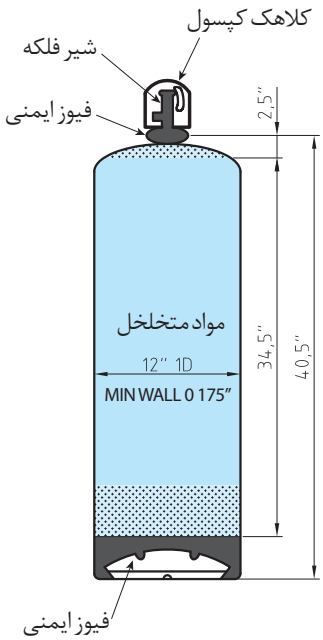
تدابیر فوق به منظور ذخیره‌سازی گاز استیلن در یک کپسول است. چنان چه قبلاً اشاره شد، استون در سطح بزرگی پخش می‌شود و گاز استیلن با وسعت بیشتری در استون حل می‌گردد و در موقع مصرف راحت‌تر ازآن جدا می‌شود. علاوه بر آن وضعیت داخل کپسول موجب می‌شود استیلن به واحدهای کوچک تبدیل شود و خطر انفجار خودبه‌خود و با تجزیهٔ استیلن منتفی گردد(شکل۷).

شکل ۷- کپسول برش خورده استیلن

کار در کلاس

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.



شکل ۸- کپسول استیلن



شکل ۹- کپسول استیلن

با یک محاسبهٔ 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 وسیلهٔ مهرهٔ 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 وسیلهٔ 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 طوردائم 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

نکات ایمنی

استیلن گاز قابل احتراق است و باید نکات ایمنی گاز های مشتعل‌شونده در مورد آنها رعایت شود:

۱ کپسول‌های استیلن باید در حالت ایستاده در محلی که کاملاً تهویه می‌شود، انبار شوند.

۲ در موقع کار باید به دیوار یا محل مناسب دیگر یا در مجوعه کپسول‌ها بسته شده باشد.

۳ چنانچه در اثر برودت شیر فلکه یخ بزند، باید با آب گرم (نه با آب جوش) آن را گرم کنیم.

۴ همیشه باید در حال ایستاده استفاده شود؛ در غیر این صورت، استون به رگولاتور آسیب می‌رساند.

۵ هرگز نباید از لوله‌های مسی برای انتقال گاز استیلن استفاده شود.

کپسول‌های اکسیژن:

اکسیژن را در استوانه‌های فولادی مخصوص بسیار مقاوم به بازار عرضه می‌کنند که به کپسول اکسیژن موسوم‌اند (شکل ۱۱).

کار در کلاس

جاهای خالی را پر کنید.

کپسول‌های اکسیژن استوانه‌های فولادی هستند که مقاومت آن ..... کیلوگرم در میلی‌متر مربع با فشار .....کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع معادل ..... بار یا در حدود ..... پوند در اینچ مربع در حرارت ..... معادل ..... متراکم کپسول‌ها بدون درز ساخته می‌شوند. قطر داخلی آن ..... میلی‌متر و ضخامت جدارهٔ آن ..... میلی‌متر است.

کپسول‌های اکسیژن در سه اندازهٔ مختلف ساخته می‌شوند:

۱- اندازهٔ بزرگ با ظرفیت ۶۸۰۰_۶۳۰۰ لیتر

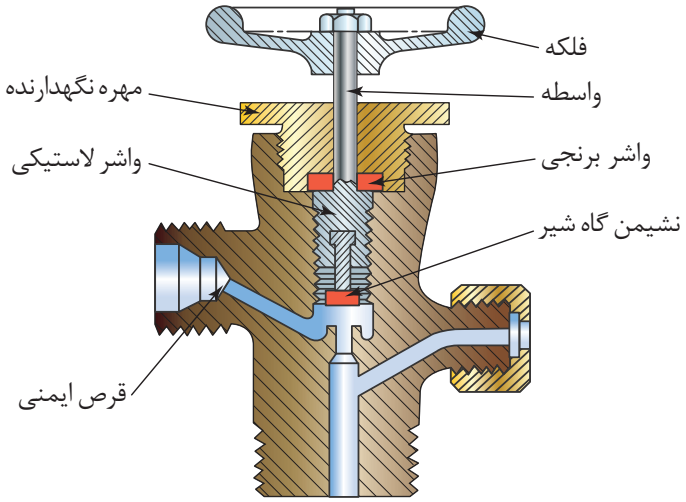
۲- اندازهٔ متوسط با ظرفیت ۳۴۰۰_۳۱۰۰ لیتر

۳- اندازهٔ کوچک با ظرفیت ۲۲۰۰_۱۶۰۰ لیتر



شکل ۱۱

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



شکل ۱۲

این کلاهک گنبدی‌شکل 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 پایهٔ 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.

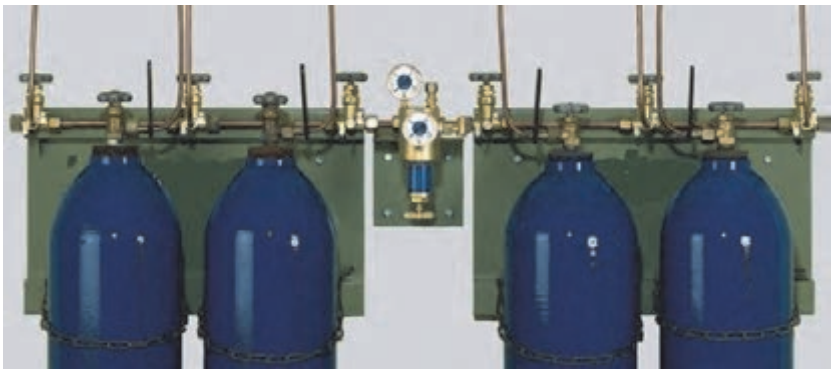
۲ با دست و یا آچار روغنی نباید با کپسول اکسیژن کار کرد.

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 وسیلهٔ 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 وسیلهٔ گرمکن‌های مخصوص که با آب گرم یا برق کار می‌کنند، از حالت مایع به گاز تبدیل می‌شود و به سیستم لوله کشی اکسیژن ارتباط می‌یابد و از حالت مایع به گاز تبدیل شده و به سیستم لوله‌کشی هدایت می‌شود.

اکسیژن مایع از کارخانهٔ تولید اکسیژن به وسیلهٔ 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 جوش‌کاری 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 جوش‌کاری هدایت شود و علاوه برآن 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 فشارگاز 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 راثابت نگه دارند. این عمل ممکن است در فشارسنج‌های یک‌مرحله‌ای 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 مرحلهٔ اول فشار تقلیل پیدا می‌کند(مثلاً از ۱۵۰ اتمسفر به ۱۵ اتمسفر) و در مرحلهٔ دوم با پیچ تنظیم فشار گاز مورد نیاز برای کار تأمین می‌شود. همان‌طورکه 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

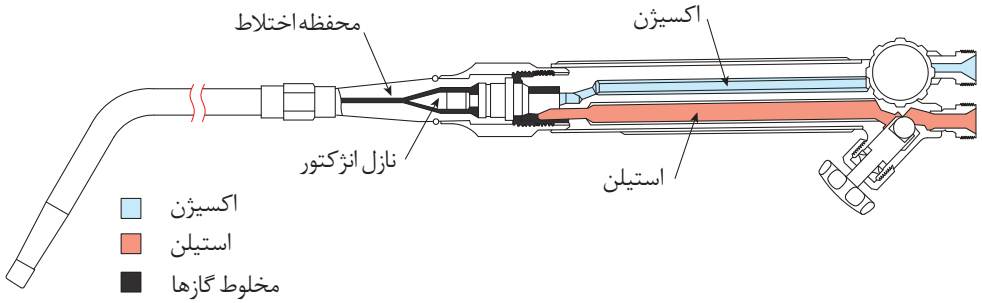


مهرهٔ اتصال مانومتر گاز استیلن چپ‌گرد است.برای شناسایی مهره‌های چپ‌گرد، نشانه یا یک شیار کوچک بر مهره توسط کارخانهٔ سازنده ایجاد شده است.

شکل ۱۵

مشعل‌های جوش‌کاری:

مشعل جوش‌کاری وسیله‌ای برای مخلوط کردن گاز قابل احتراق با اکسیژن به میزان دقیق و معین است که با سرعت از دهانه مشعل خارج می‌شود(شکل۱۶).



شکل ۱۶

مشعل جوش‌کاری از قسمت‌های مختلف تشکیل می‌شود:

۱- دستهٔ مشعل

۲- شیر تنظیم گاز

۳- لولهٔ اختلاط

۴- پستانک

مشعل‌های جوش‌کاری 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 محفظهٔ اختلاط وارد می‌شوند و با هم مخلوط می‌شوند.از این مشعل ها در کارگاه‌هایی که استیلن در مولدهایی فشار قوی تولید می‌شود یا از کپسول گرفته می‌شود، می‌توان استفاده کرد.

مشعل‌های فشارضعیف (انژکتوری):

در این مشعل‌ها اختلاط گاز سوختنی و اکسیژن به وسیلهٔ 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 روزنهٔ 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 جوش‌کاری:

برای جوش‌کاری فلزات با ضخامت‌های گوناگون به وسیله شعلهٔ 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.

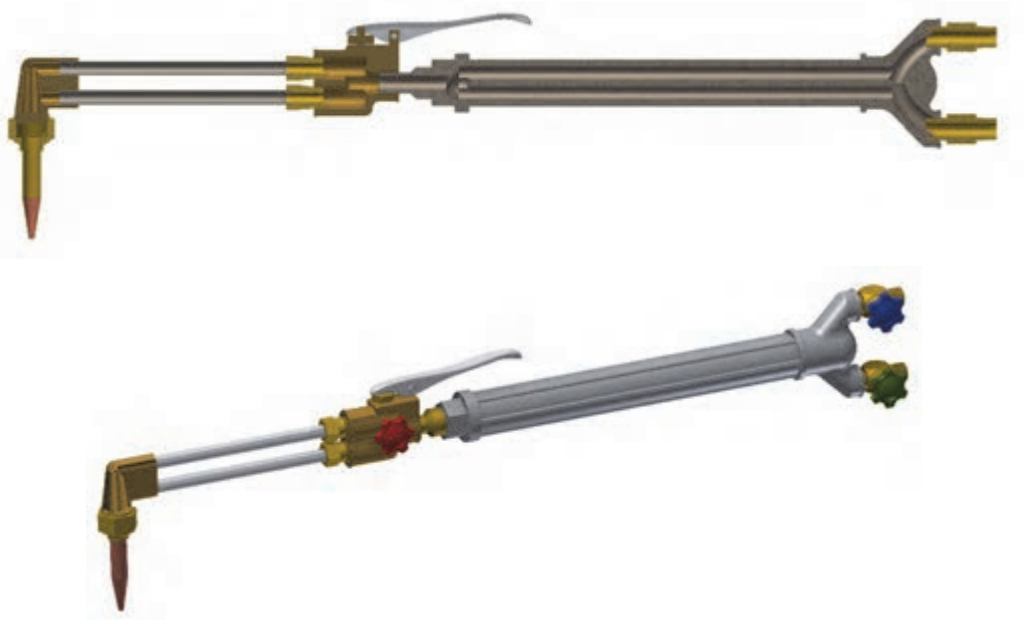
امروزه جعبهٔ مشعل‌ها معدودی سر مشعل دارند و اغلب سه‌تایی هستند (کوچک، متوسطو بزرگ)(شکل ۱۷).



شکل ۱۷

مشعل برش‌کاری:

دارای ساختمان مشابه مشعل جوش‌کاری 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 شعلهٔ 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 درجهٔ 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 قطعهٔ 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 برش‌کاری

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 $\frac{۵}{۱۱}$ اینچ و $\frac{۹}{۱۶}$ اینچ هستند.

شیلنگ‌های گاز در ایران با رنگ آبی یا سبز و شیلنگ‌های حامل استلین 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:

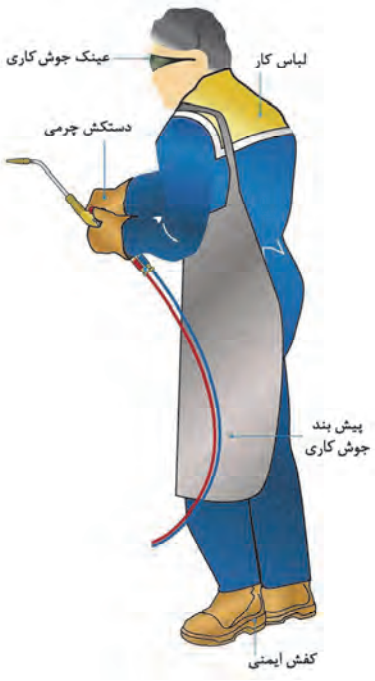
برای روشن کردن مشعل بایداز فندک مخصوص استفاده شود. از روشن کردن مشعل با کبریت خودداری کنید، چون ممکن است باعث سوختگی دست و یا آتش‌سوزی شود(شکل ۲۱).



شکل ۲۱

تجهیزات فردی:

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



شکل ۲۲

لباس کار جوش‌کار: موقع جوش‌کاری با شعلهٔ اکسی استلین باید روپوش و پیش‌بند با لباس کار پوشید، چون جرقه‌ها و ذرات فلزی مذاب در موقع کار به سمت جوش‌کار پرتاب می‌شود(شکل ۲۳).



شکل ۲۳

نکته ایمنی

در موقع جوش‌کاری از پوشیدن لباس‌های پشمی و نایلونی خودداری کنید.

عینک جوش‌کاری:

شعلهٔ اکسی استلین نور زیادی دارد و اگر بدون عینک مخصوص جوش‌کاری به آن نگاه کنیم، چشم دچار آسیب می‌شود. شیشه‌های عینک باید به قدر کافی تیره باشد. اصولاً این نوع شیشه‌ها از صفرتا چهارده شماره‌گذاری شده‌اند. در جدول ۴ نمرهٔ شیشه عینک و ماسک جوش‌کاری برای کارهای مختلف درج شده است و برای انتخاب شیشه عینک و ماسک باید مورد توجه باشد.



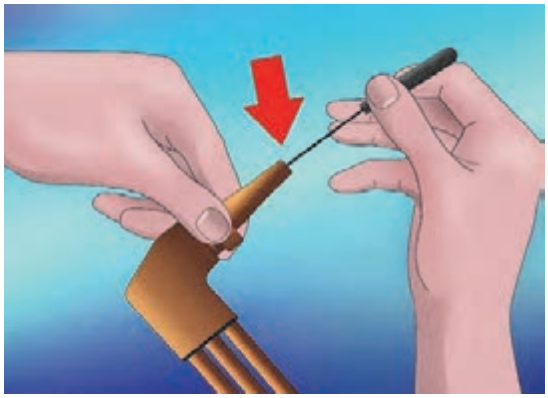
شکل ۲۴

جدول ۴

نمرهٔ شیشه	موارد استفاده	درصد اشعه‌های عبوری از شیشه		
		نور مرئی غیرمضر	مادون قرمز	ماوراءبنفش
نمره۲	انعکاس نور شدید وگرمای قطعات	٪ ۲۸	٪ ۸۷	٪ ۱/۰۷۵
نمره۳	لحیم نرم با شعله	٪ ۱۶	٪ ۴۳	٪ ۱/۰۳۵
نمره۴	لحیم سخت با شعلهٔ استیلن	٪ ۶/۵	٪ ۰	٪ ۰/۰۹۷
نمره۵	جوش‌کاری و برش‌کاری سبک استیلن	٪ ۲	٪ ۰	٪ ۰/۰۴۶
نمره۶	استاندارد جوش‌کاری اکسی استیلن	٪ ۰/۸	٪ ۰	٪ ۰
نمره۸	جوش‌کاری سنگین – برش‌کاری و جوش‌کاری برق تا۷۵ آمپر	٪ ۰/۲۵	٪ ۰	٪ ۰
نمره۱۰	جوش‌کاری و برش‌کاری برق بین ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر	٪ ۰/۰۱۴	٪ ۰	٪ ۰
نمره۱۲	جوش‌کاری و برش‌کاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	٪ ۰/۰۰۲	٪ ۰	٪ ۰
نمره۱۴	جوش‌کاری و برش‌کاری با الکترود کربنی	٪ ۰/۰۰۰۳	٪ ۰	٪ ۰

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(شکل۲۵).



شکل ۲۵

ایمنی در جوش‌کاری گاز

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

۱- نداشتن دانش کافی نسبت به نکات ایمنی و بهداشتی

۲- سهل‌انگاری و بی‌توجهی نسبت به رعایت نکات ایمنی.

نکته ایمنی

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

در جوش‌کاری 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 جوش‌کاری می‌دهد.

۳-أکسید ازت تشکیل می‌گردد و فضا را آلوده می‌کند.

نکته ایمنی

تهویهٔ فضاهای بسته در هنگام جوش‌کاری بسیار ضروری است.

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



شکل ۲۶

نور خروجی از شعلهٔ 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 جوش‌کاری 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 به‌وسیله لامپ‌های ضدانفجار و کلیدهای برق استاندارد تأمین شود.

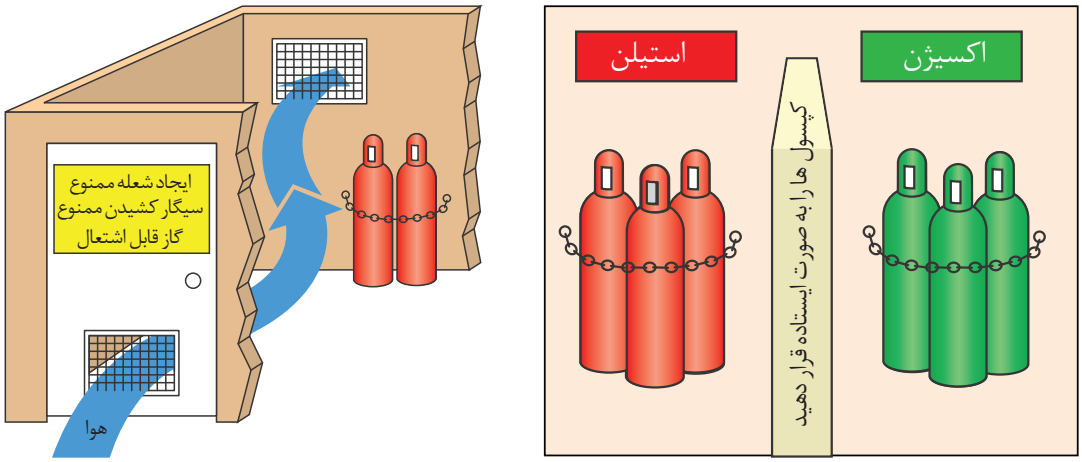
۴-کپسول‌ها را دور از مواد سوختنی و وسایل ایجاد حرارت قرار دهید.

۵- کپسول‌ها و مولدهای استیلن و ظروف حاوی کاربید را از جرقه و شعلهٔ جوش‌کاری و برش‌کاری دور نگه دارید.

۶- در حمل کپسول‌ها دقت کنید. چنانچه در اثر بی‌احتیاطی 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 نغلتانید.

۸- کپسول‌های گاز را در حالت ایستاده به صورت ایمن مهار کنید.


ایجاد شعله ممنوع
سیگار کشیدن ممنوع
گاز قابل اشتعال
هوا
استیلن
اکسیژن
کپسول ها را به صورت ایستاده قرار دهید

شکل ۲۷



شکل ۲۸

آماده‌سازی دستگاه برای جوش‌کاری

یک واحد جوش‌کاری گاز دارای تجهیزات زیر است:

۱- کپسول گاز

۲- مشعل جوش‌کاری

۳- تجهیزات فردی جوش‌کار

۴- کپسول اکسیژن

۵- دستگاه تقلیل و تنظیم فشار گاز

۶- شیلنگ‌ها

تجهیزات فوق می‌تواند در محل مناسبی استقرار یابد و یا روی ارابهٔ دستی چرخ‌دار قرار گیرد.

در برخی کارگاه‌ها برای جوش‌کاری، گاز استیلن و اکسیژن توسط سامانهٔ لوله‌کشی ثابت و از جنس فلز به محل کار می‌رسد و دستگاه‌های تقلیل فشار به لوله‌ها و یا سیلندرها وصل شده و فشار گاز در آنها به وسیله جوش‌کار تنظیم می‌گردد.



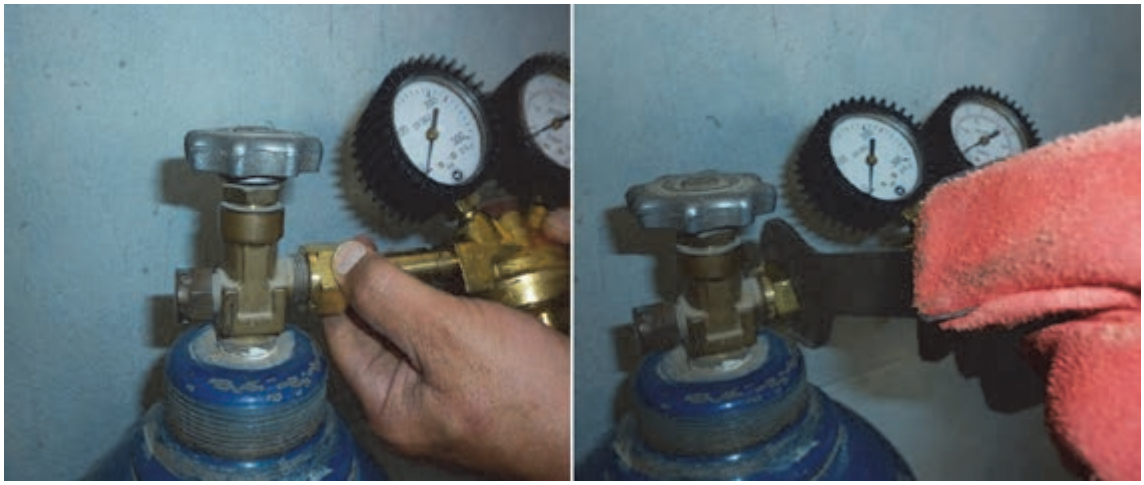
شکل ۲۹- یک واحد جوش‌کاری گاز

نصب و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز:

قبل از شروع به جوش‌کاری لازم است دستگاه آماده به کار شود. در آماده‌سازی دستگاه‌های جوش گاز باید نکات ایمنی با دقت رعایت شود تا انفجار و حادثهٔ 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 شُل کنید.

۷- شیر خروجی کپسول اکسیژن را به آرامی باز کنید (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

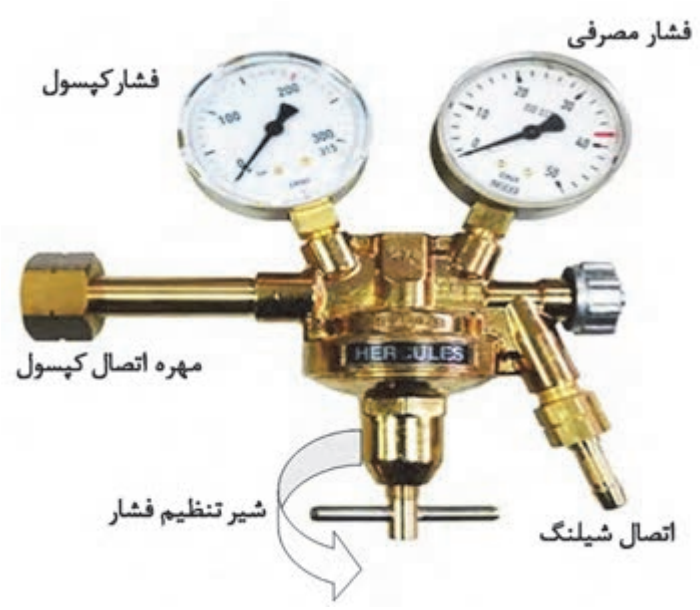
۸- فشارسنج اول نشان‌دهندهٔ فشار درون کپسول است و فشارسنج دوم، فشار درون شیلنگ را نشان می‌دهد. به وسیلهٔ شیر تنظیم فشار(رگلاتور) فشار درون شیلنگ اکسیژن را تنظیم کنید(شکل ۳۵).



شکل ۳۵

۹- به آرامی و فقط نیم تا یک دور شیر خروجی سیلندر استیلن را باز کنید.

۱۰- فشارسنج اول نشان‌دهندهٔ فشار درون کپسول است و فشارسنج دوم، فشار درون شیلنگ را نشان می‌دهد. به وسیله شیر تنظیم فشار (رگلاتور) فشار درون شیلنگ استیلن را تنظیم کنید (شکل ۳۶)



شکل ۳۶

فعالیت کارگاهی

هنرجویان دستگاه جوش‌کاری گاز را برای جوش‌کاری 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 جوش‌کاری ابزار: کپسول‌اکسیژن، کپسول‌استیلن، رگلاتور، وسایل ایمنی جوش‌کاری	بالاتر از حد انتظار	۱- شیوهٔ تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را بدانند. ۲- وسایل و لوازم جوش‌کاری گاز رابشناسند. ۳- دستگاه جوش‌کاری گاز را برای جوش‌کاری آماده سازند. ۴- نکات ایمنی قبل و در حین جوش‌کاری را بدانند و رعایت کنند.	۳
			در حد انتظار	۱- شیوهٔ تولید استیلن و اکسیژن در صنعت را بدانند. ۲- وسایل و لوازم جوش‌کاری گاز را بشناسند. ۳- نکات ایمنی قبل و در حین جوش‌کاری را بدانند و رعایت کنند.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- وسایل و لوازم جوش‌کاری گاز رابشناسند. ۲- نکات ایمنی قبل و در حین جوش‌کاری را بدانند و رعایت کنند.	۱

جوش‌کاری گاز بدون مفتول

روشن کردن مشعل جوش‌کاری(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 بارتنظیم می‌کنیم.

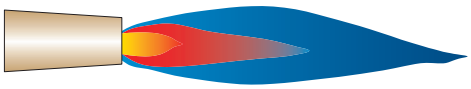
حال با اعتماد اقدام به روشن کردن مشعل می‌کنیم. اول شیر استیلن را باز می‌کنیم و فندک می‌زنیم. گاز استیلن با شعلهٔ زرد رنگی همراه با دود و دوده می‌سوزد. در اینجا گاز استیلن برای سوختن از اکسیژن هوا استفاده می‌کند.

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:

شعلهٔ احیاکننده:

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

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

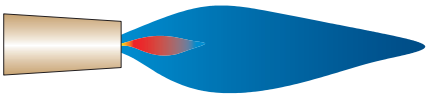


شکل ۳۷

شعلهٔ خنثی:

اگر به شعله احیا آرام‌آرام 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. همان طور که مشاهده می‌شود، احتراق کامل است و برای سوختن یک حجم استیلن به طور کامل ۲/۵حجم اکسیژن لازم است که یک حجم به صورت مخلوط با استیلن از مشعل خارج می‌گردد و مابقی از هوا تأمین می شود.

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 فولاد ها 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).

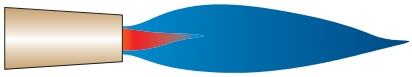


شکل ۳۸

شعلهٔ اکسیدکننده:

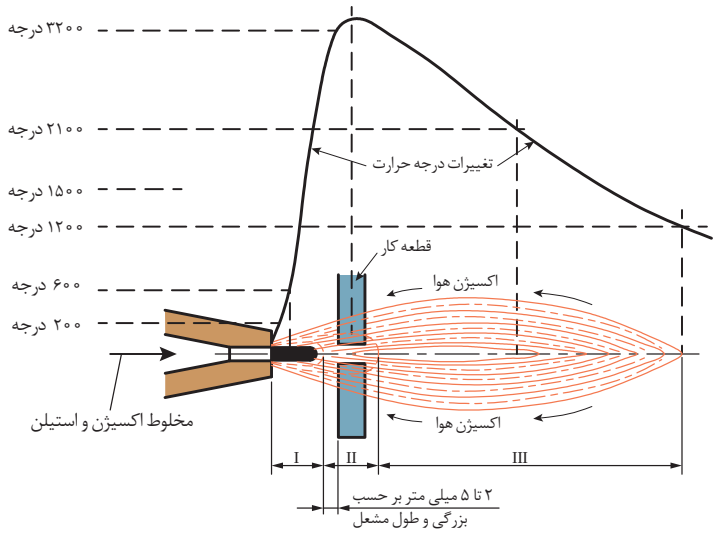
چنانچه به شعله خنثی باز هم اکسیژن بدهیم، به عبارت دیگر مقدار اکسیژن بیشتر از گاز استیلن باشد، شعلهٔ حاصل اکسیدکننده است.

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 جوش‌کاری 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 جوش‌کاری به ندرت کاربرد دارد. بیشترین درجهٔ حرارت شعله به فاصله ۳ تا ۵ میلی‌متری مخروط اول است. نقاط نزدیک‌تر به مشعل و نقاط دورتر از این فاصله درجهٔ 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 اندازهٔ کمی گود باشد. به همین نسبت سمت دیگر کار گرده‌های جوش به عرض کمتر

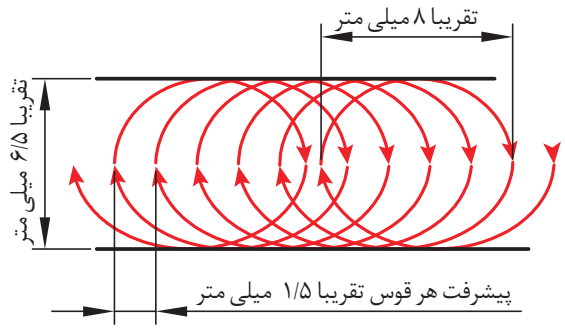
از روی جوش به صورت یکنواخت به وجود می‌آیند. به نحوی که اگر جوش صاف‌کاری شود، هیچ‌گونه برآمدگی یا فرورفتگی در طرفین کار باقی نمی‌ماند. برای انجام ذوب سطحی لازم است که قدرت مشعل متناسب با ضخامت ورق باشد. معمولاً برای هر میلی‌متر ضخامت ورق باید ۱۰۰ لیتر در ساعت استیلن مصرف شود. با استفاده از جدول ۵ می‌توان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

جدول ۵

ضخامت ورق میلی‌متر	پستانک 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	$۲\frac{۱}{۲}$	۲۴	۳	۳/۶
۱	۱۰۰	۳	۲۰	۵	۶
۱/۲	۱۰۰	$۳\frac{۳}{۴}$	۱۶	۷/۵	۹
۱/۵	۱۴۰	$۴\frac{۱}{۳}$	۱۴	۱۱	۱۳
۲	۲۰۰	۵	۱۲	۱۸	۴۲

زاویه و حرکت مشعل در اجرای ذوب سطحی:

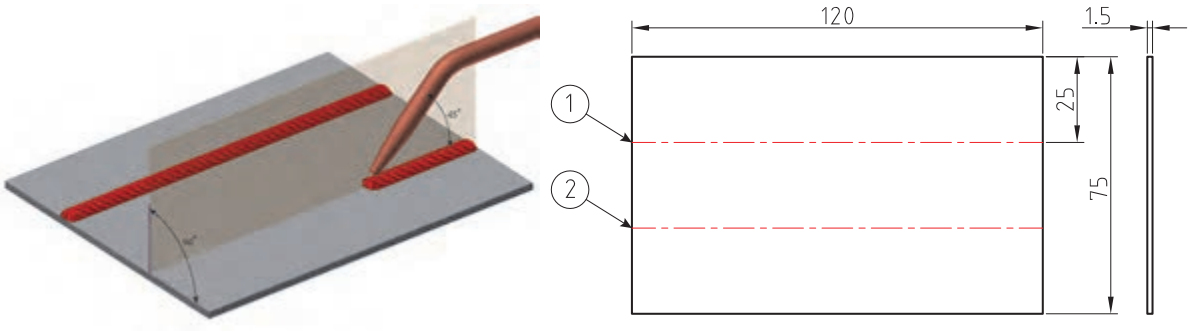
زاویهٔ مشعل نسبت به سطح کار هنگام شروع و تشکیل حوضچهٔ مذاب در حدود ۶۰ تا ۷۰ درجه و در موقع ذوب سطحی حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه است. شعلهٔ پشت مذاب با حرکت نوسانی مطابق شکل ۴۱ حرکت می‌نماید و موج‌های صاف روی کار ایجاد می‌کند و فرورفتگی‌ای که قبلاً اشاره شد، ایجاد می‌شود. روش ذوب بدون مفتول روی ورق‌های نازک فولادی کاملاً رضایت بخش است؛ به طوری که ناحیهٔ جوش دارای استحکامی برابر با ۸۰ الی ۹۵ درصد ورق اصلی است. سرعت جوش‌کاری 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

فعالیت کارگاهی

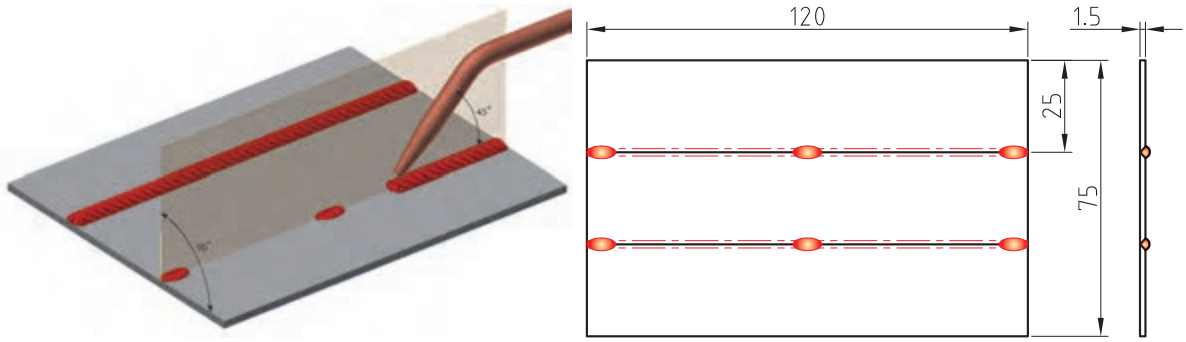
سه ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۷۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرید و شکل ۴۲ را بر آن پیاده نمایید و جوش‌کاری کنید.



شکل ۴۲

فعالیت کارگاهی

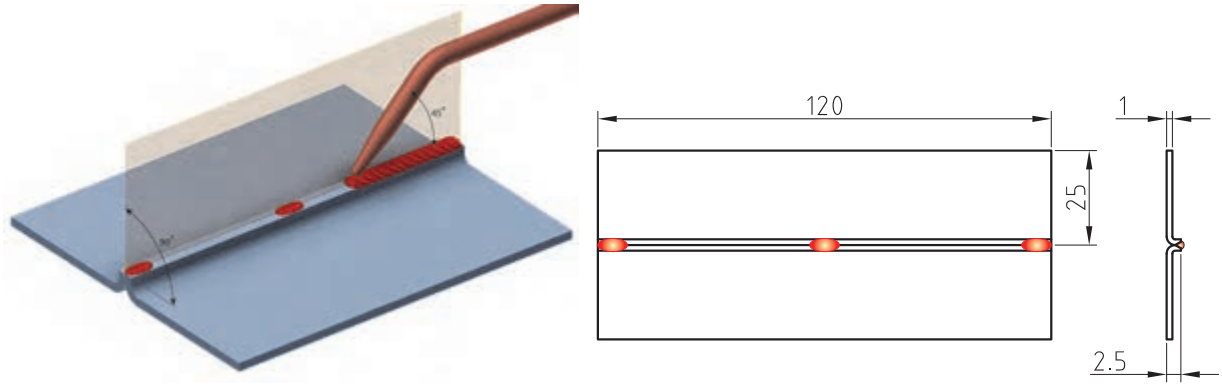
شش ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۴۳ خال جوش بزنید و سپس دو طرف را جوش‌کاری کنید.



شکل ۴۳

فعالیت کارگاهی

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۱×۲۵×۱۲۰میلی‌متر مطابق شکل ۴۴ ببرید و لبه‌های آنها را به اندازهٔ ۱/۵ میلی‌متر با زاویهٔ ۹۰ درجه خم بزنید. سپس لبه‌ها را جوش‌کاری کنید



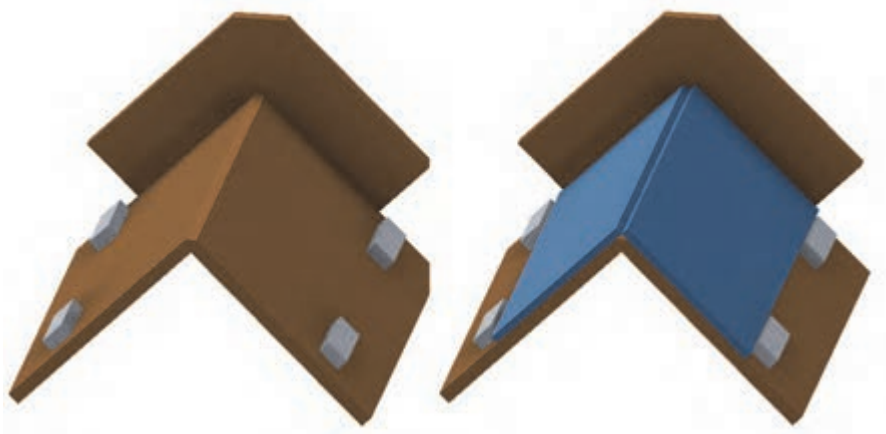
شکل ۴۴

جوش زاویهٔ خارجی (بدون مفتول)

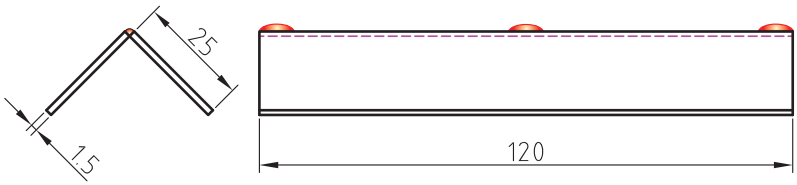
جوش زاویهٔ خارجی بدون مفتول برای ورق‌های تا ضخامت دو میلی‌متری معمول است. در این روش مانند ذوب سطحی عمل می‌شود؛ منتهی قدرت مشعل۲۵ درصد کمتر از حالت ذوب سطحی است و برای هر میلی‌متر ضخامت، ۷۵ لیتر استیلن در ساعت در نظر گرفته می‌شود.

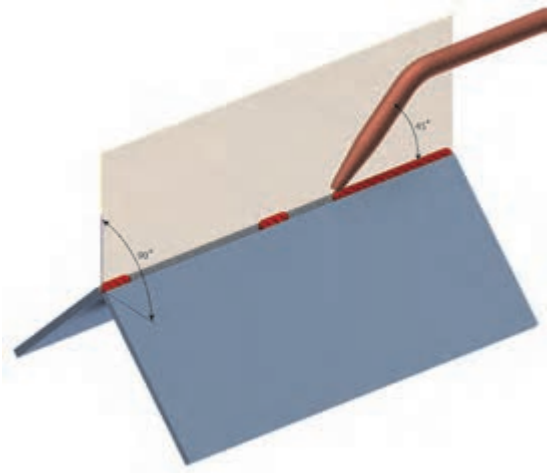
فعالیت کارگاهی

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۴۶ به کمک محکم‌کننده شکل ۴۵ خال جوش بزنید و سپس جوش‌کاری 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، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۲	جوش‌کاری گاز بدون مفتول	مکان: کارگاه جوش‌کاری ابزار: واحد جوش‌کاری گاز، وسایل ایمنی فردی و قطعهٔ 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

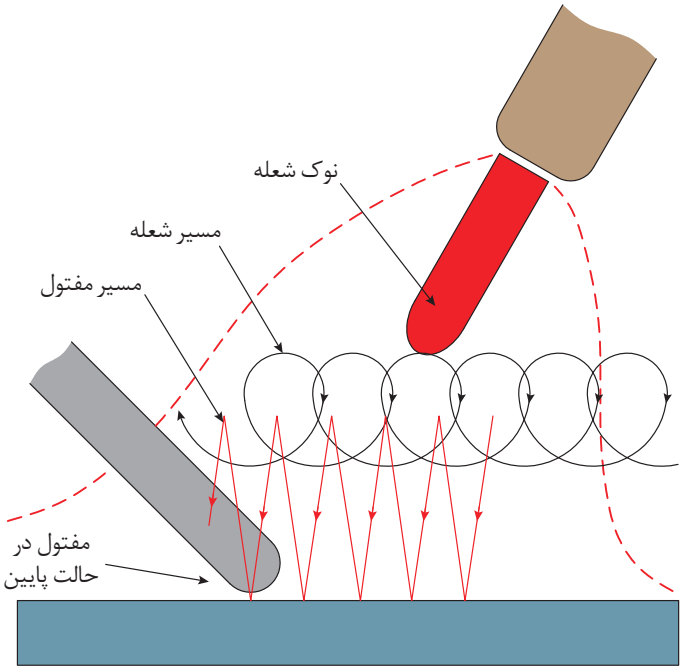
جوش‌کاری گاز با مفتول مس (مسوار)

جوش گاز روی ورق‌های نازک فولادی به ضخامت ۲ میلی‌متر

در این روش جوش‌کاری با یک دست مشعل را می‌گیرند و حوضچه مذاب تشکیل می‌گردد و با دست دیگر مفتول به حوضچهٔ مذاب هدایت می‌کنند. جنس مفتول مسوار از فولاد کم‌کربن است که لایهٔ نازکی از مس روی آن را پوشانده است.

ایجاد گردهٔ جوش روی ورق فولاد کم‌کربن با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر

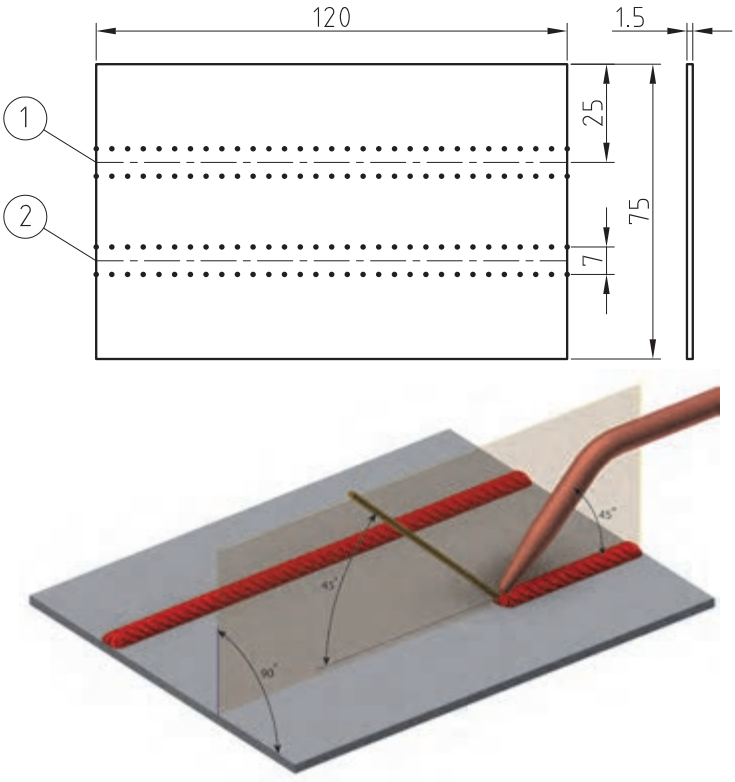
با استفاده از مفتول پرکننده می‌توان گردهٔ جوش کاملاً صاف و یکنواخت به دست آورد. یاد گرفتن این روش خیلی آسان است. سرعت این نوع جوش‌کاری از جوش‌کاری بدون مفتول کندتر است و مصرف گاز بیشتر از حالت قبلی است. در شکل ۴۷ مشاهده می‌شود که مشعل حرکت دورانی دارد و مفتول مسوار حرکت نوسانی وقتی که بالا می‌آید به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



شکل ۴۷

فعالیت کارگاهی

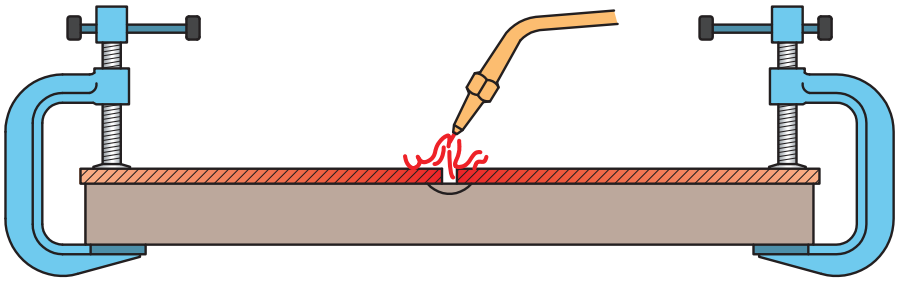
سه ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۷۵×۱۲۰میلی‌متر ببرید و شکل ۴۸ را بر آن پیاده نمایید و جوش‌کاری کنید.



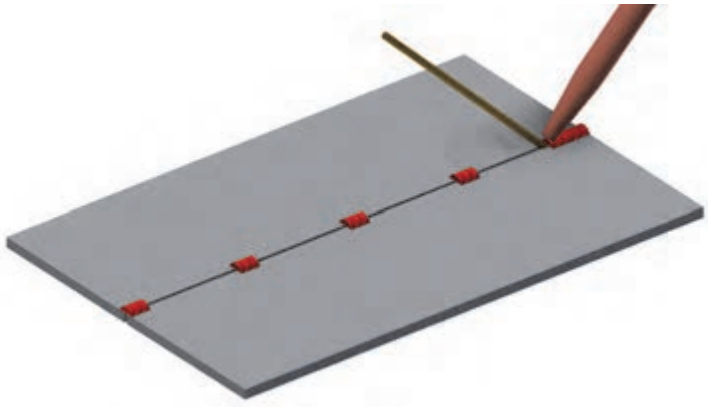
شکل ۴۸

خال‌جوش زدن قطعات

برای ثابت کردن قطعات جوش‌کاری، بهترین وسیله خال‌جوش زدن است که به فواصل معینی انجام می‌شود. این فواصل با توجه به ضخامت قطعات تعیین می‌شود که برای جوش‌کاری سطحی به صورت زیر اقدام می‌گردد: در ورق‌ها با ضخامت کمتر از ۵ میلی‌متر فاصلهٔ خال‌جوش‌ها ۳۰ برابر ضخامت ورق است و در ورق‌های با ضخامت بیش از ۵ میلی‌متر فاصلهٔ خال‌جوش‌ها ۲۰ برابر ضخامت آنهاست. در ضمن قطعاتی که دارای پخ v شکل هستند، از پشت خال‌جوش می‌شوند. خال‌جوش معمولاً از وسط کار شروع می‌شود و به طور متناوب یکی چپ و بعدی راست، با فاصله تعیین‌شده، خال‌جوش زده می‌شود؛ به نحوی که همیشه شعله متوجه قسمت‌های خال‌جوش نخوردهٔ کار باشد. البته بدون خال‌جوش 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 لب‌به‌لب در حالت سطحی

ورق‌هایی که ضخامت آنها از ۰/۷۵ تا ۳میلی‌متر است، بدون پخ زدن در حالت سطحی جوش‌کاری می‌شوند. روش کار بدین صورت است که قطعات را به هم خال‌جوش می‌زنند و در محل مناسب برای جوش‌کاری قرار می‌دهند. در این نوع جوش‌کاری، شعله به طرف قسمت جوش‌نخوردهٔ کار متمایل است و مفتول در جلوی شعله از راست به چپ با سرعت یکنواخت پیشروی می‌کند. شعله و مفتول در صفحه‌ای عمود بر خط جوش قرار می‌گیرند. زاویهٔ بین مفتول و شعله ۹۰ درجه است و زاویه مشعل و مفتول نسبت به کار هر کدام ۴۵درجه است (برای افراد چپ‌دست جوش‌کاری از چپ به راست با همین زوایا معمول است). قدرت شعله با توجه به ضخامت قطعه تغییر می‌کند. برای هر میلی‌متر ضخامت ورق مشعل با میزان مصرف هر میلی‌متر ۱۰۰لیتر در ساعت استیلن در نظر گرفته می‌شود. قطر مفتول جوش نیز یک میلی‌متر بیش از نصف ضخامت ورق انتخاب می‌شود.

$$D = \frac{e}{۲} + ۱\ mm$$

در این فرمول D قطر مفتول پرکنندهٔ درز برحسب میلی‌متر و e ضخامت ورق برحسب میلی‌متر است.

کار در کلاس

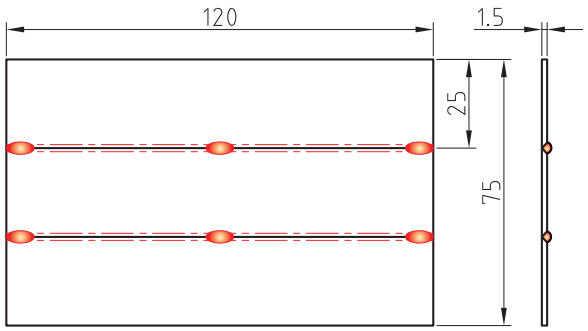
برای جوش‌کاری ورق با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر باید قطر مفتول چقدر باشد؟

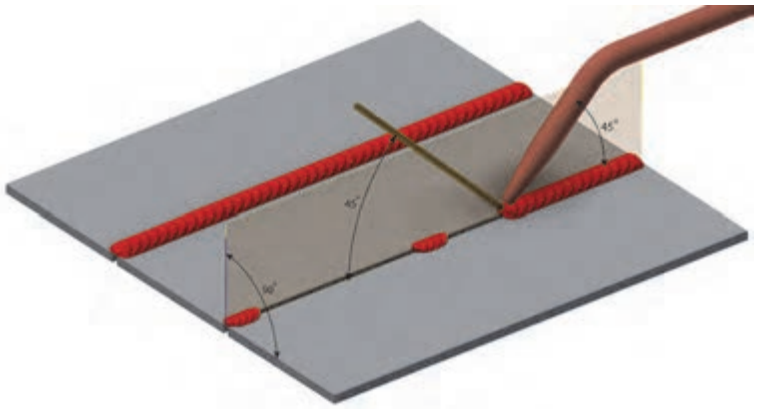
جدول ۶- تعیین پارامترها در جوش‌کاری لب‌به‌لب در حالت سطحی

ضخامت ورق به میلی‌متر	شمارهٔ پستانک	قطر مفتول به میلی‌متر	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

فعالیت کارگاهی

شش ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۱ خال‌جوش بزنید، سپس دو طرف را جوش‌کاری کنید.





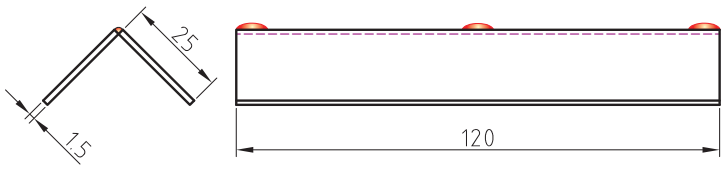
شکل ۵۱

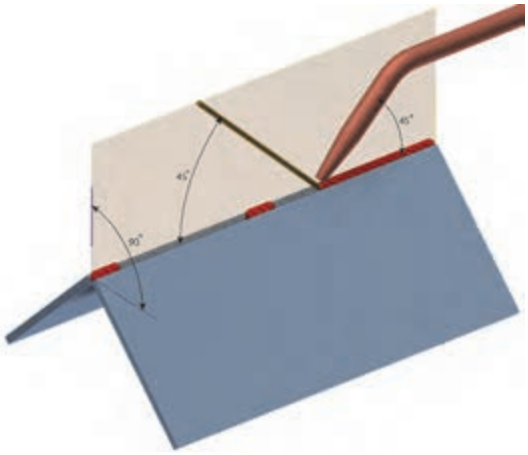
جدول ۷ - قطر مفتول و دیگر پارامترهای جوش‌کاری زاویه‌ای

ضخامت ورق به میلی‌متر	پستانک مورد لزوم	قطر مفتول به میلی‌متر	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	۷۰	۱/۵	۵	۱۲	۶	۷	۱۵
۲	۱۴۰	۲	۸	۷/۵	۲۰	۲۴	۳۰
۳	۲۰۰	۳	۱۲	۵	۴۵	۵۴	۶۰
۴	۳۱۵	۳	۱۶	۳/۷۵	۸۰	۹۶	۱۰۰
۵	۴۰۰	۴	۲۰	۳	۱۲۵	۱۵۰	۱۶۰
۶	۵۰۰	۴	۲۴	۲/۵	۲۰۰	۲۴۰	۲۵۰
۸	۶۳۰	۴	۳۲	۱/۸۵	۳۲۰	۳۸۰	۴۰۰
۱۰	۸۰۰	۵	۴۰	۱/۵	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰

فعالیت کارگاهی

چهار قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۲×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۲ خال‌جوش بزنید، سپس جوش‌کاری کنید.





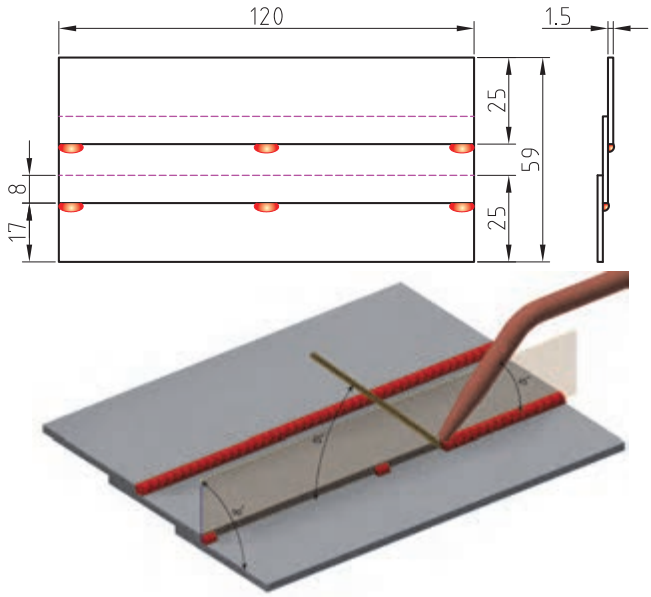
شکل ۵۲

جوش‌کاری لب روی‌هم

در جوش‌کاری حالت سطحی، معمولاً درز جوش به شکل لب‌به‌لب، لب روی هم، گونیایی یا سپری است. در جوش‌کاری لب روی هم، لبهٔ قطعات باید کاملاً صاف باشد تا لبه‌ها کنار هم قرار گیرد و بین آنها فاصله ایجاد نشود. ورق‌هایی تا ضخامت ۳ میلی‌متر را می‌توان با این روش جوش‌کاری کرد. اندازه پستانک و سایر پارامترها مانند جوش لب‌به‌لب است.

فعالیت کارگاهی

شش قطعه از ورق فولادی به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۳ خال‌جوش بزنید، سپس جوش‌کاری کنید.



شکل ۵۳

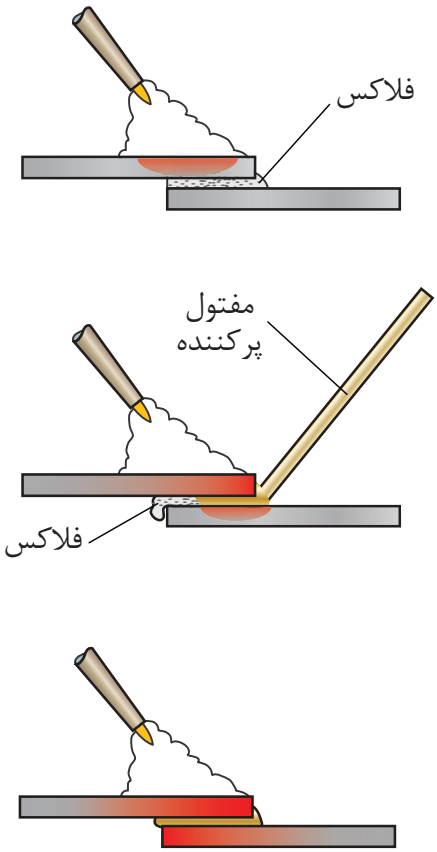
ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	جوش‌کاری گاز با مفتول مسوار	مکان: کارگاه جوش‌کاری ابزار: واحد جوش‌کاری گاز، مفتول مسوار و وسایل ایمنی فردی و قطعهٔ کار	بالاتر از حد انتظار	۱- جوش لب‌به‌لب را انجام دهد. ۲- جوش گوشه را انجام دهد. ۳- جوش لب روی هم را انجام دهد.	۳
			در حد انتظار	۱- جوش لب‌به‌لب را انجام دهد. ۲- جوش گوشه را انجام دهد.	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- جوش لب‌به‌لب را انجام دهد.	۱

جوش‌کاری گاز با مفتول برنجی

جوش زرد برای اتصال فلزات مشابه و یا غیرهم‌جنس به کار می‌رود و روشی است مابین جوش‌کاری و لحیم‌کاری سخت. مقاومت این جوش از لحیم سخت بیشتر است و با شعلهٔ گاز و در حرارتی حدود ۸۸۰ الی ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد اجرا می‌شود؛ بدین طریق که سطح لبه‌های مورد اتصال حرارت داده شده است (تا درجهٔ حرارت ذوب مفتول و پایین‌تر از نقطهٔ ذوب قطعهٔ کار) سپس با حضور فلاکس مفتول که غالباً آلیاژهای مس(برنج و برنز) هستند، ذوب در محل درز رسوب داده می‌شود (شکل ۵۴).

بحث کلاسی

تفاوت جوش زرد با روش‌های دیگر جوش‌کاری در چیست؟



شکل ۵۴- مراحل مختلف جوش با مفتول برنجی

مفتول‌های جوش برنج

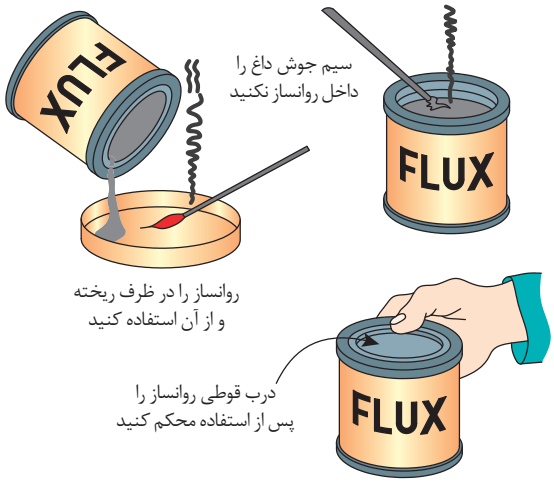
چندین نوع مفتول جوش برنج موجود است که مشهورترین آنها برنج است، متشکل از ۶۰ درصد مس و ۴۰ درصد روی است که برای افزایش برخی خواص فیزیکی و شیمیایی آن عناصری از قبیل سیلیسیم، قلع، منگنز، آهن و نیکل به آن افزوده می‌شود.

جدول ۸- مفتول‌های برنجی

مشخصات مفتول	درصد عناصر آلیاژی					استحکام کشش		درجه	درجه
استاندارد AWS	Cu	Zn	Sn	Fe	Ni	MPa	ksi	ذوب C°	ذوب f°
RBcuzn-A	۶۰	۳۹	۱	–	–	۲۷۵	۴۰	۶۰۰	۱۶۵۰
RBcuzn-B	۶۰	۳۷/۵	۱	۱	۰/۵	۳۴۴	۵۰	۸۹۰	۱۶۳۰
RBcuzn-C	۶۰	۳۸	۱	۱	–	۳۴۴	۵۰	۸۹۰	۱۶۳۰
RBcuzn-D	۵۰	۴۰	–	–	۱۰	۴۱۳	۶۰	۹۳۵	۱۷۱۵

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 جوش‌کاری به موضع اتصال منتقل می‌شود.

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

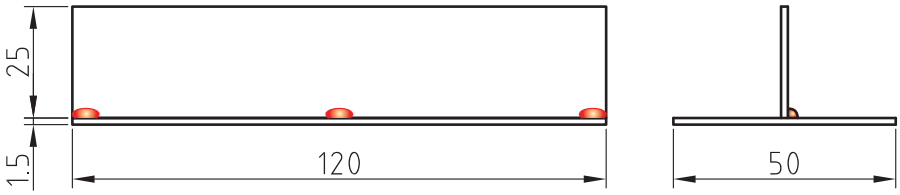
پ) اضافه کردن پودر یا مایع بر روی مسیر اتصال.

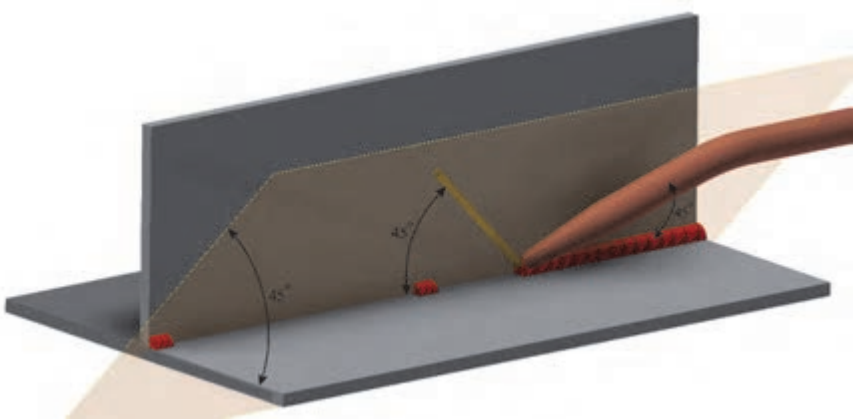
ت) اتصال تنه کار به موضع جوش همراه با گازهای مصرفی.

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 استیلن و برای جوش زاویهٔ داخلی ۷۵ الی ۸۰ لیتر استیلن در ساعت باید به مصرف برسد. در جوش زرد قطر مفتول ۳/۴ ضخامت قطعهٔ کار در نظر گرفته می‌شود. جوش برنج به دلیل پایین بون درجهٔ حرارت جوش‌کاری 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 خورندگی آن حفظ می‌گردد. جوش برنج در جوش‌کاری چدن و قطعات مسی و لوله‌های مسی به راحتی مورد استفاده است.

فعالیت کارگاهی

دو قطعه از ورق فولاد کم‌کربن با ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۰ و ۱/۵×۵۰×۱۲۰میلی‌متر ببرید و مطابق شکل ۵۶ خال‌جوش بزنید، سپس جوش‌کاری کنید.

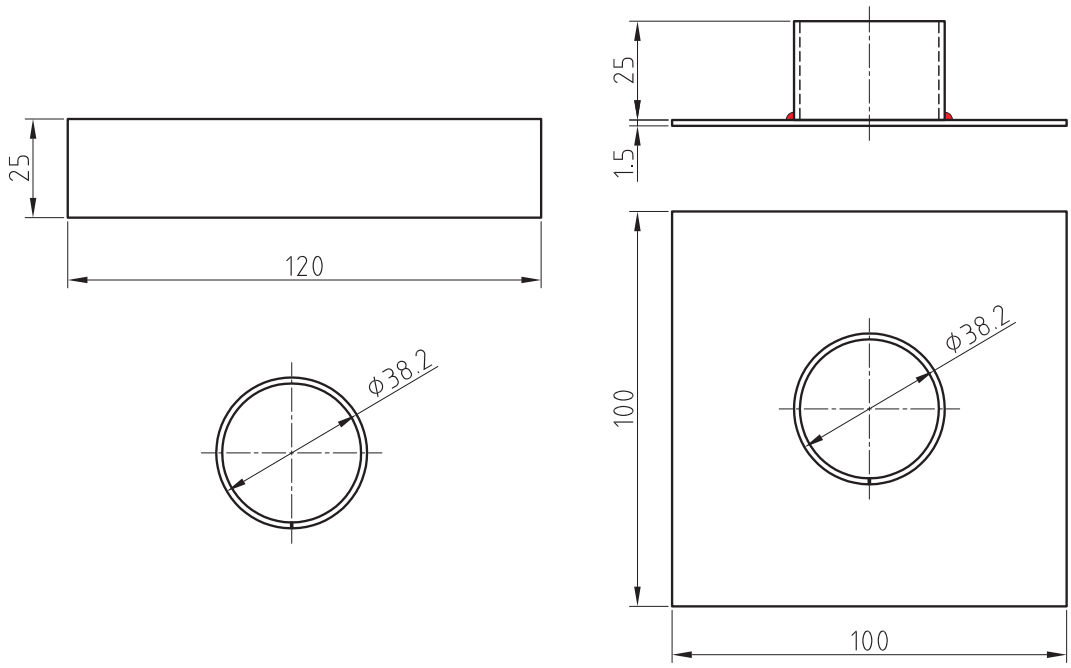




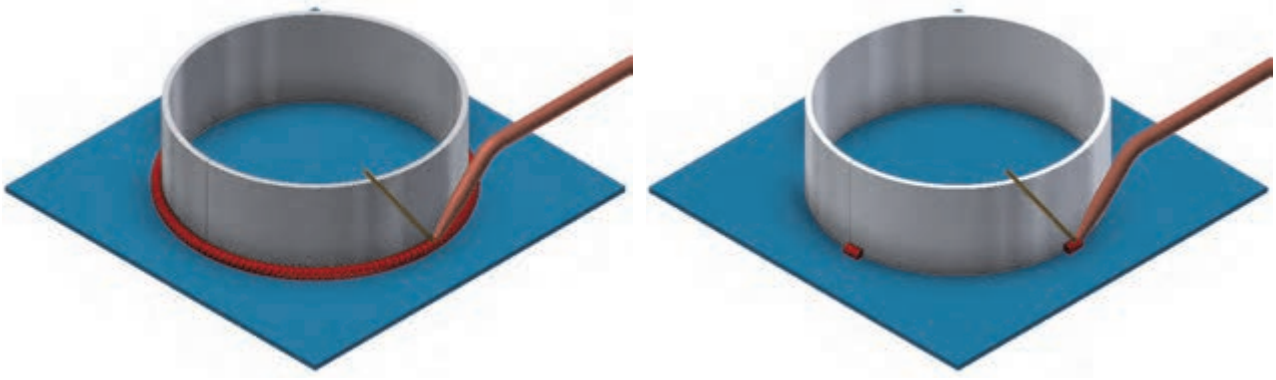
شکل ۵۶

فعالیت کارگاهی

دو قطعه از ورق فولاد با ابعاد۱/۵×۲۵×۱۲۰ 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 ۱/۵×۱۰۰×۱۰۰ 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، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۴	جوش‌کاری گاز با مفتول برنجی	مکان: کارگاه جوش‌کاری ابزار: واحد جوش‌کاری گاز، مفتول برنجی و وسایل ایمنی فردی و قطعهٔ 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
			پایین‌تر از حد انتظار	۱- جوش سپری را انجام دهد.	۱

ارزشیابی برش‌کاری ورق فلزی

شرح کار:

شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز

جوش‌کاری گاز بدون مفتول

جوش‌کاری گاز با مفتول مسوار

جوش‌کاری گاز با مفتول برنجی

استاندارد عملکرد:

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

شاخص‌ها:

- سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار و زنگ‌زدگی باشد
- برش قطعهٔ کار طبق نقشه و نشانه‌گذاری لازم
- جوش‌کاری قطعهٔ کار با رعایت نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش‌کاری با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی.

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

معیار شایستگی:

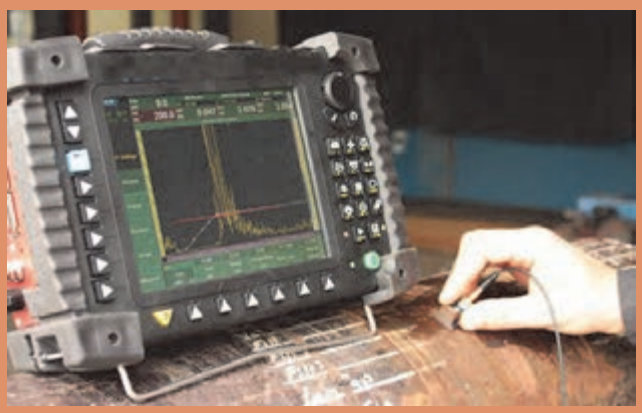
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی و راه‌اندازی دستگاه جوش گاز	۲	
۲	جوش‌کاری گاز بدون مفتول	۱	
۳	جوش‌کاری گاز با مفتول مسوار	۱	
۴	جوش‌کاری گاز با مفتول برنجی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ... ۱- رعایت نکات ایمنی قبل و حین جوش‌کاری ۲- تمیزکاری محل جوش‌کاری ۳- رعایت نکات زیست‌محیطی و جمع‌آوری دورریزها	۲	
	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 منطقهٔ جوش

متداول‌ترین انواع جوش‌ها، جوش ذوبی است که دارای ۳ قسمت کاملاً مجزا به شرح زیر است:

۱- حوضچهٔ مذاب

۲- منطقهٔ تحت تأثیر حرارت (HAZ) یا تفتیده

۳- فلز مبنا (فلز مورد جوش‌کاری)

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

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

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

- تغییر خصوصیات مکانیکی
- افزایش تردی فلز جوش
- افزایش حساسیت در مقابل ترک‌خوردگی
- کاهش مقاومت در برابرخوردگی و زنگ‌زدگی

نکته

شدت این تغییرات و تأثیرات به نوع فرایند جوش‌کاری وابسته است.

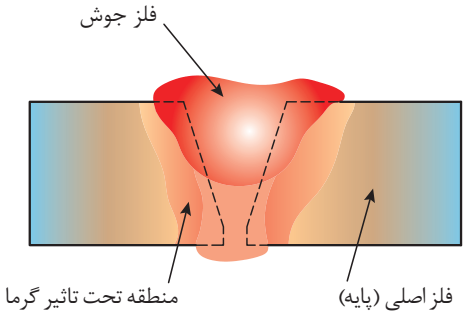
قسمت‌های مختلف منطقهٔ جوش‌شده

قسمت‌های مختلف منطقهٔ جوش‌شده مطابق (شکل ۱) عبارتند از:

۱ فلز جوش

۲ منطقهٔ 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 الکترود 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.

منطقهٔ تحت تأثیر حرارت (HAZ):

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

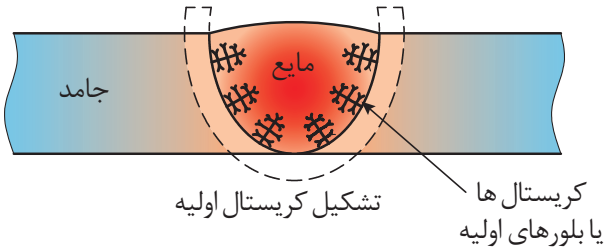
فلز پایه:

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

چگونگی انجماد حوضچهٔ مذاب:

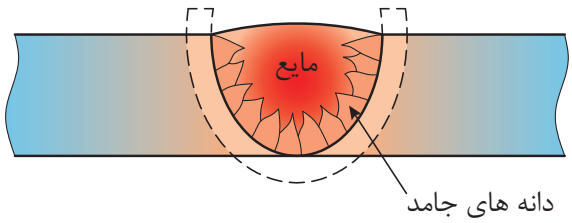
می‌دانیم اتم‌های فلزی بی‌نظم و آمورف (بی‌شکل) هستند، ولی در اثر سرد شدن اتم‌ها با نظم خاص و تکرارشونده منجمد می‌شوند؛ یعنی ساختار کریستالی دارند.

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



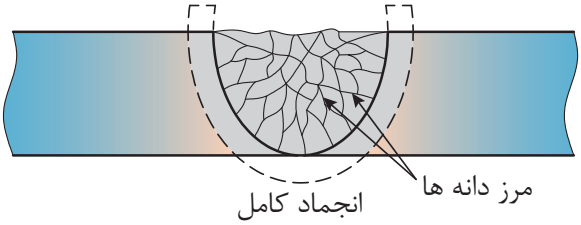
شکل ۲

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(شکل۳).



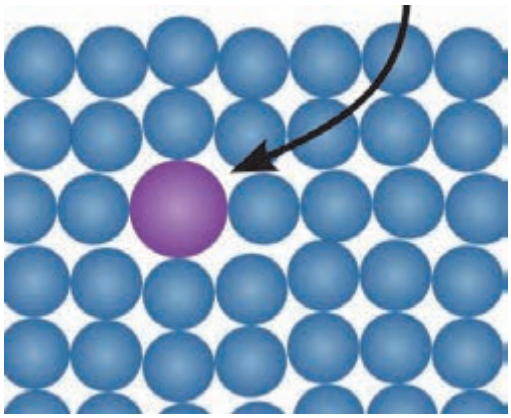
شکل ۳

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.

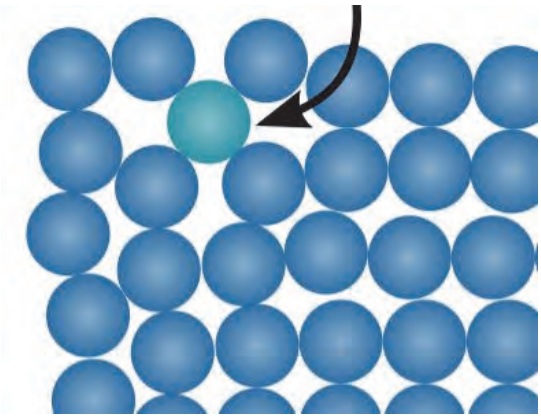


شکل ۴

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.



شکل۵



شکل ۶

تحقیق کنید

درباره جانشینی مستقیم و بین‌نشینی در فلزات 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 درجهٔ 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 می‌شود که کاربید آهن Fe_3C تجزیه گردد و به کربن و اتم آهن تبدیل شود.

$$Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$$

در شرایط فوق وقتی فولاد، گرم می‌شود، از شبکه BCC به FCC هم تغییر شبکه می‌دهد.

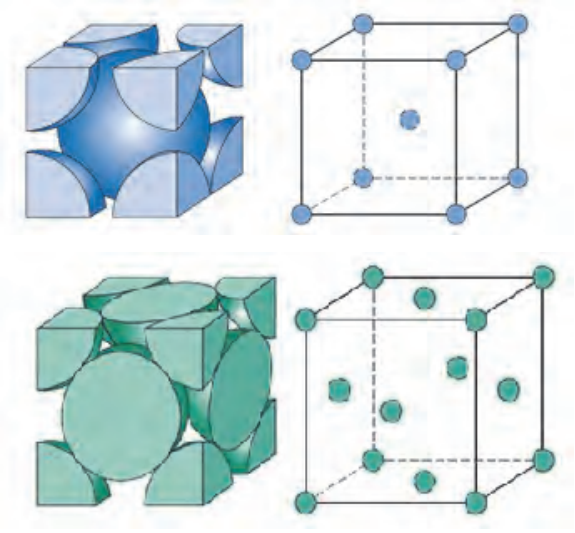
پس دو اتفاق با هم افتاده است، هم اتم‌های کربن آزاد شده‌اند و هم شبکهٔ اتمی FCC تشکیل شده است که به دلیل حجم بزرگتر فضای خالی این شبکه می‌تواند مقدار بیشتری اتم کربن به صورت بین‌نشین در بین‌اتم های خود جای دهد.

حال برای سرد کردن دو حالت در نظر می‌گیریم:

الف) سردکاری آرام (تعادلی)

ب) سردکاری تند (سریع)

اگر فولاد گرمادیده و سرخ‌شده را (به وسیلهٔ آب یا هوای فشرده) سریع سرد می‌کنیم اتم‌های کربن بین‌نشین در شبکهٔ FCC فرصت پیدا نمی‌کنند 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 می‌شود مقدار زیادی اتم کربن به صورت فشرده درون شبکه BCC باقی بماند و شبکه به شکل مکعب مستطیل می‌شود؛ لذا سختی زیاد می‌شود و فولاد حاصل شده شکننده‌تر است. شکل ۷ شبکهٔ BCC و FCC را نشان می‌دهد.



شبکه BCC

شبکه FCC

شکل ۷

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

حرارت حاصل از جوش‌کاری می‌تواند تغییرات فوق را در منطقهٔ ذوب و HAZ ایجاد کند. به علاوه گرما جوش‌کاری باعث انبساط و انقباض می‌شود و تنش‌های زیادی تولید می‌کند که این عوامل باید تحت کنترل باشد تا جوش با کیفیت مطلوب به دست آید.

تحقیق کنید



درباره شبکهٔ کریستالی FCC وBCC تحقیق کنید.

اشکالات و عیوب جوش

اجرای عملیات جوش‌کاری با کیفیت صددرصد و ایده‌آل و ایجاد یک اتصال بدون عیب به ندرت ممکن است. و به طور معمول جوش‌کاری‌ها دارای معایب و ناپیوستگی‌هایی هر چند کوچک هستند. ناپیوستگی‌هایی که مورد پذیرش استاندارد مرجع قرار گیرد، عیب محسوب نمی‌شود.

استانداردها با در نظر گرفتن مؤلفه‌هایی مثل کیفیت، قابل اعتماد بودن از نظر تأمین نیازهای طراحی همراه با صرفهٔ اقتصادی، محدوده پذیرش عیب را در جوش برای کاربردهای مختلف مشخص کرده‌اند. ولی جوش‌کاران بدون در نظر گرفتن این ملاحظات، همواره باید خود را به اجرای جوش‌کاری بدون عیب و نقص موظف بدانند و دائماً تحت کنترل و بازرسی باشند و تشویق و ترغیب شوند .جوش‌هایی که ناپیوستگی در خارج از محدوده مجاز استاندارد داشته باشد، عیب‌دار به حساب می‌آید و بدون ملاحظات اقتصادی و سایر مسائل پروژه باید طبق دستورالعمل‌های تعمیراتی و با روش‌های اجرایی مورد تأیید، تخریب و دوباره جوش‌کاری شود.درخصوص ناپیوستگی‌ها در جوش ملاحظات زیر در قراردادها و پیمان‌های اجرای یک پروژه دیده می‌شود.

روش‌های بازدید عیب‌یابی، روش‌های بازرسی‌های مخرب (DT) و غیرمخرب (NDT) خواهد بود.

تهیه دستورالعمل تعمیر جوش‌کاری نیز براساس معیارهای پذیرفتن استاندارد مرجع و توافق قراردادی و اقتصادی در قراردادها گنجانده می‌شود.

عیوب متداول در جوش‌کاری:

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)

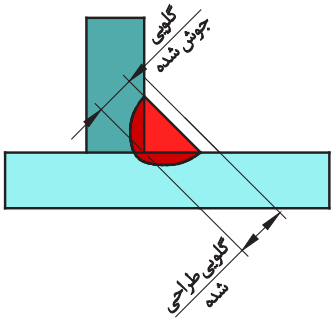
۲- عیوب ابعادی در اتصال سر به سر (Butt)

عیوب ابعادی در اتصال سپری:

ساق ناکافی (z):

در اتصالات سپری چنانچه در wps اجرایی قید نشده باشد، معمولاً میزان ساق جوش مورد نیاز $\frac{۱۰}{۷}$ ضخامت نازکترین قطعه در نظر گرفته می‌شود. چنانچه ساق جوش مورد نظر از حد مشخص‌شده کمتر باشد، عیب تلقی می‌شوند و باید ترمیم گردد(شکل ۸).

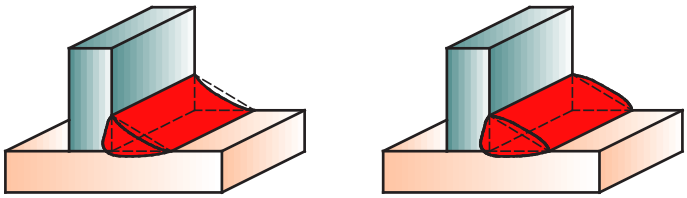
نکته مهم این است که جوش سپری (Fillet) در هر شرایطی باید دارای ساق‌هایی برابر بر روی دو بال و جان قطعه باشد؛ مگر طبق دستور طراح.



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 ۰/۷ ضخامت نازکترین قطعه مورد نظر گرفته می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹

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

تحدب گرده جوش:

چنانچه ابعاد گلویی جوش Fillet از حد مورد انتظار (۰/۷t) بیشتر باشد، با ثابت ماندن ساق جوش مناسب، عیب تلقی می‌گردد، زیرا گردهٔ جوش اضافی نه تنها در استحکام جوش نقشی ایفا نمی‌کند، بلکه از آنجایی که می‌تواند زوایایی تیز در کنارهٔ 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.

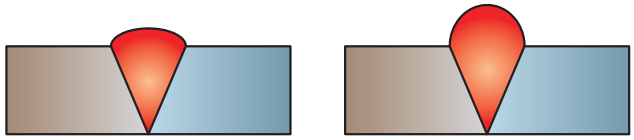
تحقیق کنید

WPS چیست و چه کاربردی در جوش‌کاری دارد.

عیوب ابعادی در جوش سر به سر (Butt):

تحدب گرده جوش(Convexity):

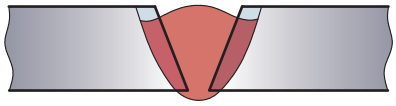
بیشترین حد برآمدگی گرده جوش برای اتصالات لب‌به‌لب (Butt) حدود سه میلی‌متر است و بیش از آن مجاز نیست و عیب تلقی می‌گردد، زیرا باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش در اتصال می‌گردد(شکل ۱۰).



شکل ۱۰

تقعر گردهٔ جوش (عدم پرشدگی)(Concavity):

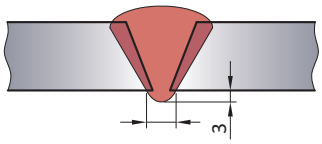
حداقل میزان پرشدگی در جوش‌های Butt باید در حد ضخامت قطعه باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

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

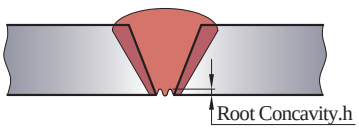
حداکثر میزان بیرون‌زدگی نفوذ جوش از پشت قطعه ۳میلی‌متر است بیرون‌زدگی بیش از این حد مجاز نیست و به عنوان عیب نفوذ اضافی تلقی می‌گردد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

تقعر ریشهٔ جوش(Root Concavity):

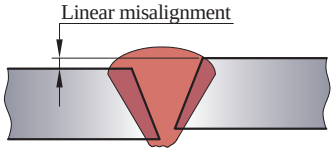
نفوذ جوش باید به انتهای لبهٔ قطعه در پشت کار برسد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

نا هم‌ترازی(Liner Misalignment)(Mismatch):

اگر در این اتصال Butt دو جزء اتصال در یک راستا نباشند، این عیب ایجاد می‌گردد(شکل۱۴).



شکل ۱۴



شکل ۱۵ - وسیله‌ای برای تشخیص نا هم‌ترازی(HI-LO GAUGE)

کار عملی

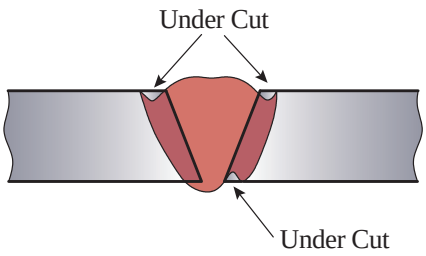
قطعهٔ کاری را که جوش شیاری (سر به سر) داده اید، بررسی کنید. چه عیوب ابعادی در آن قابل مشاهده است.

ب- ناپیوستگی ظاهری:

کناره (Under Cut):

پر نشدن حوضچهٔ مذاب در کناره‌های جوش و همچنین خوردگی کنارهٔ جوش روی قطعات اتصال را کنارهٔ جوش می‌گویند (شکل ۱۶).





شکل ۱۶

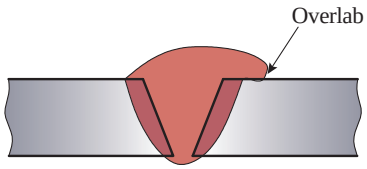
بحث کلاسی

برای رفع عیب کناره چه کاری باید انجام داد؟

سررفتگی جوش (Over Lap):

این عیب، پرشدگی بیش از اندازهٔ 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).

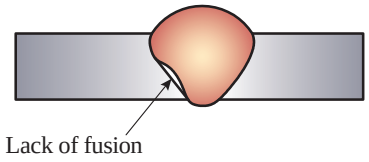


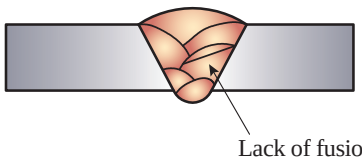


شکل ۱۷

ذوب ناقص Lack of Fusion (Lof):

حوضچهٔ مذاب در هر مرحله باید با دیوارهٔ 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

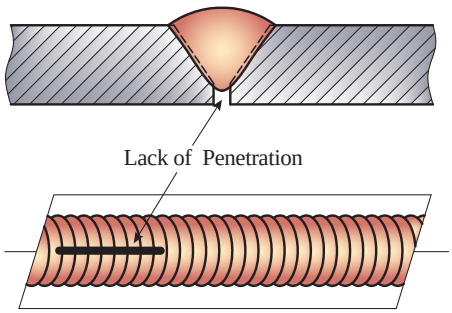
نفوذ ناقص Lack of Penetration (Lop):

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 درصورتی نفوذ کامل است که دو لبهٔ 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 شیاریک‌طرفه:

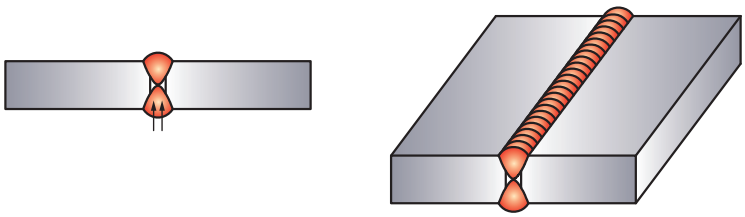
جوش ذوبی باید در پشت قطعهٔ اتصال یا هم‌سطح در قطعه باشد (در استفاده از پشت‌بند) و یا از پشت کار بیرون بزند (نهایتاً به اندازه ۳میلی‌متر) و در غیر این صورت نفوذ ناقص است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

ب) نفوذ ناقص در اتصالات شیاری دوطرفه:

در این‌گونه اتصالات پاشنهٔ کار و ریشهٔ اتصال در مرکز ضخامت قطعه واقع می‌گردد که باید توسط جوش ذوبی به طور کامل ذوب و پر گردد. اگر این شرایط ایجاد نشود، عیب در نظر گرفته می‌شود(شکل ۲۰).



شکل ۲۰

لکهٔ قوس (Stray Arcing):

در اثر برخورد نوک الکترود به اطراف درز جوش و قطعه در هنگام شروع جوش‌کاری ایجاد می‌شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

چالهٔ جوش(Black Point):

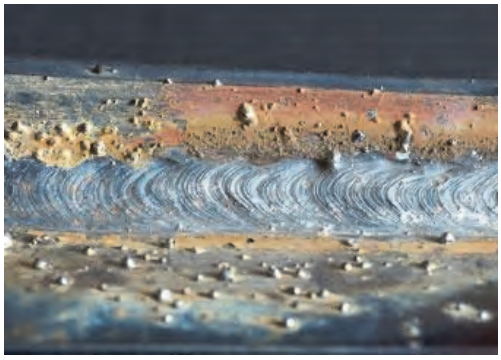
این عیب در نقاط انتهایی خط جوش دیده‌می شود که عبارت است از پر نشدن انتهای جوش و می‌تواند محل مناسبی برای بروز عیوب خطرناکی نظیر ترک باشد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

پاشش و جرقه (Spatter):

اگر در هنگام جوش‌کاری پارامترهای اساسی جوش رعایت نشود، جرقه و پاشش‌های ایجادشده از حد طبیعی بزرگتر می‌شود؛ که در نتیجه به سطح قطعه و جوش می‌چسبد و بر روی کار باقی می ماند. این نقاط می‌توانند محل مناسبی برای جوانه‌زنی ترک‌ها و شکست قطعه باشند (شکل۲۳).



شکل ۲۳

کار عملی

قطعهٔ کاری را که جوش شیاری (سر به سر) و سپری داده‌اید، بررسی کنید. چه عیوب ناپیوستگی ظاهری در آنها قابل مشاهده است.

عیوب داخلی جوش

تخلخل(Porosity):

این عیب در اثر حبس شدن گاز در داخل جوش ایجاد می‌شود. بنابراین هر عاملی که باعث ایجاد گاز شود، از قبیل چربی و رطوبت، می‌تواند عامل ایجاد این عیب باشد. همچنین اگر شرایطی پیش بیاید که گازهای ایجادشده در داخل جوش فرصت خروج را پیدا نکنند، باز هم باعث ایجاد این عیب می‌گردند. این عیب می‌تواند در مدل‌های مختلفی مشاهده شود که عبارت است از :

۱-تخلخل با پخش یکنو اخت:

در این حالت حباب‌های گاز در تمام طول جوش وجود دارند که ناشی از موادمصرفی کثیف و ناسالم است(شکل۲۴).

۲-تخلخل خوشه‌ای:

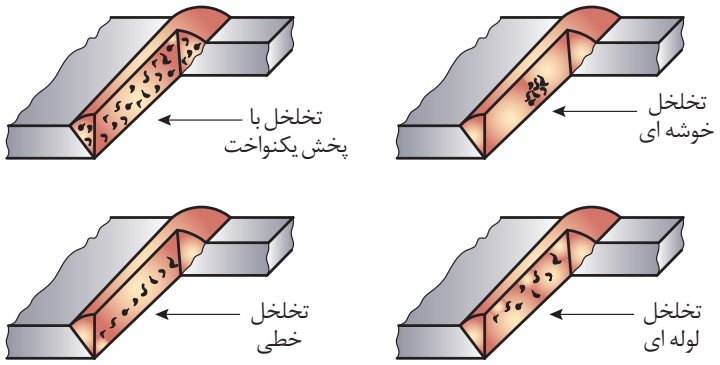
در این حالت حباب‌های گازی در نقاطی از خط جوش تجمع یافته‌اند که معمولاً ناشی از قطع و وصل شدن جریان جوش‌کاری در حین کار است. این وضعیت باعث می‌شود حوضچه مذاب سریع سرد شود و حباب‌های ایجادشده فرصت خروج پیدا نکنند (شکل۲۴).

۳-تخلخل خطی:

این حالت ناشی از ایجاد حباب‌های گازی و کشیده شدن آن در طول مسیر جوش‌کاری است (شکل۲۴).

۴-تخلخل لوله‌ای:

این عیب ناشی از حرکت همزمان حباب به سمت قطعه و انجماد حوضچه است (شکل۲۴).



شکل ۲۴

فکر کنید

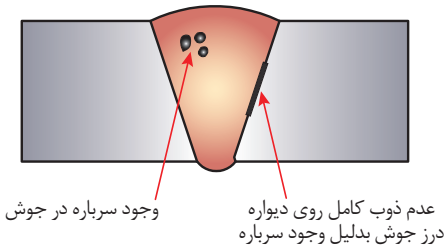
به نظر شما برای جلوگیری از ایجاد تخلخل در جوش چه کاری باید انجام داد؟

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:

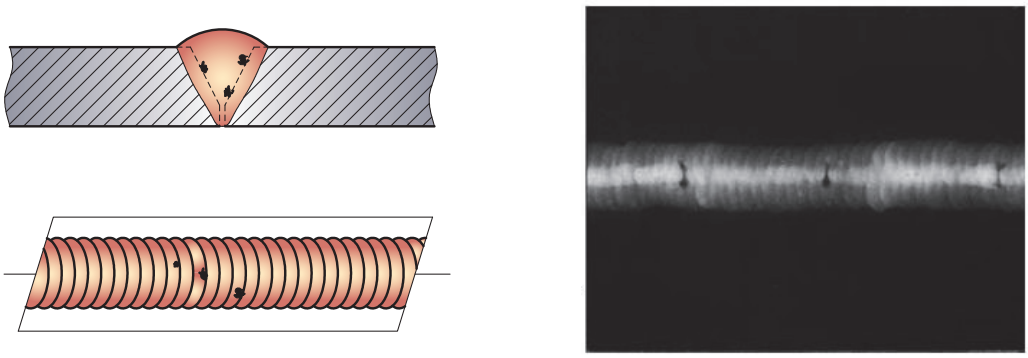
ناشی از جا ماندن سربارهٔ جوش قبلی است که در جوش‌های الکترود دستی و زیرپودری می‌تواند رخ دهد(شکل ۲۵).



شکل ۲۵

۲- آخال تنگستنی:

این عیب در جوش‌کاری TIG رخ می‌دهد و ناشی از برخورد الکترود تنگستنی به حوضچهٔ مذاب در حین جوش‌کاری است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

فکر کنید

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

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 چالهٔ 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).

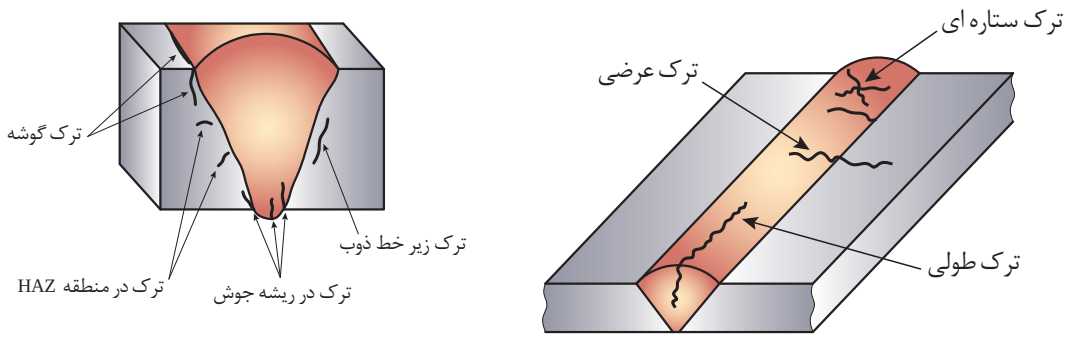
۳- ترک طولی: این ترک در امتداد طولی جوش رخ می‌دهد (شکل ۲۷- الف).

۴- ترک زبانه (گوشه) (شکل ۲۷- ب)

۵- ترک زیر خط ذوب (شکل ۲۷- ب)

۶- ترک در منطقهٔ HAZ (شکل ۲۷- ب)

۷- ترک در ریشهٔ جوش (شکل ۲۷- ب)



الف ب

شکل ۲۷

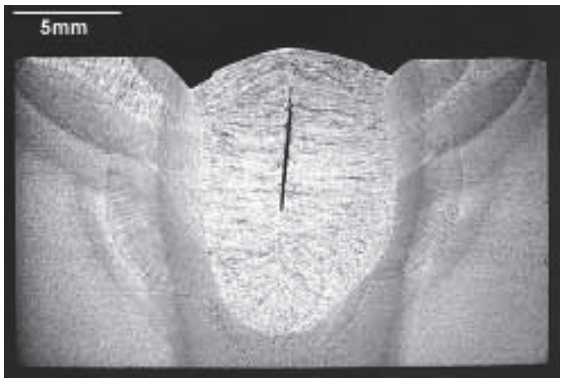
تحقیق کنید

دربارهٔ دلیل ایجاد ترک در جوش تحقیق کنید.

انواع ترک از نظر دما:

۱-ترک گرم (سرخ‌شکنی):

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 (شکل۲۸).



شکل ۲۸- ترک گرم

۲- شکست سرد:

این ترک در درجهٔ 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 جوش‌کاری اتفاق می‌افتد. همراه شدن تردی در فلز جوش و منطقهٔ HAZ و تجاوز تنش‌های کششی از حد تنش شکست قطعه موجب شکست سرد می‌شود (شکل۲۹).



شکل ۲۹- شکست سرد

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

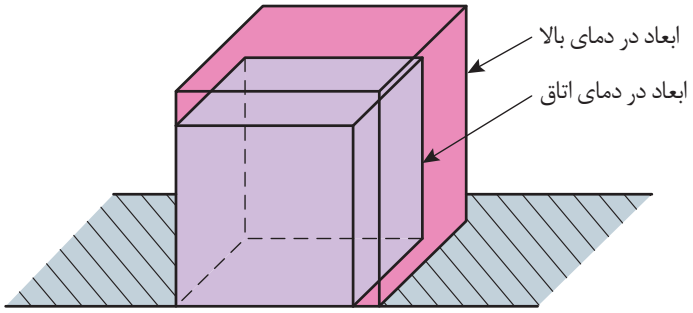
۱ ترد و سخت شدن منطقهٔ جوش

۲ افزایش تنش‌های پسماند حرارتی

۳ حفره‌های گازی و هیدروژن تردی

پیچیدگی و دلایل آن در اتصالات جوش‌کاری شده

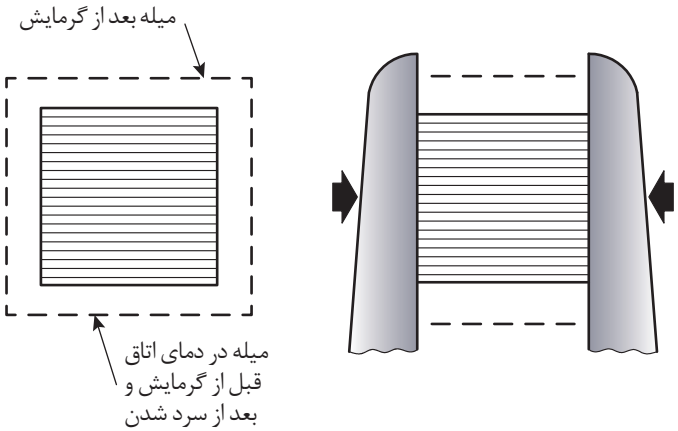
اگر یک مکعب فلزی را به صورت یکنواخت تا نزدیکی دمای ذوب گرم کنیم، مشاهده می‌شود که مکعب گرمادیده دارای ابعاد بزرگتری است و پس از سرد شدن به ابعاد اولیه باز می‌گردد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

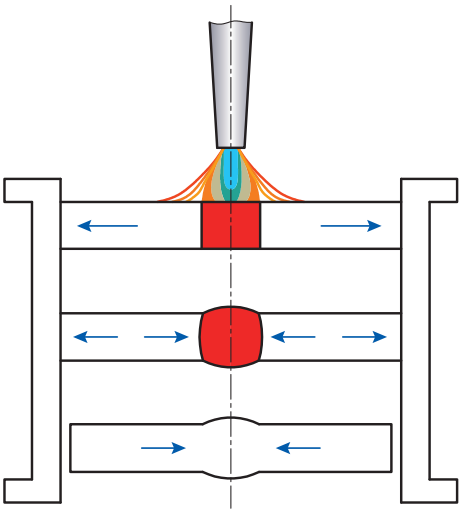
حال اگر میلهٔ استوانه‌ای را بین فک‌های ثابت قرار دهیم، به نحوی که اندازهٔ میله درست به اندازهٔ فاصلهٔ فک‌ها از هم باشد و نیرویی از طرف فک‌ها به میله وارد نشود (تنش در میله نباشد) (شکل۳۱)، سپس میله را حرارت دهیم تا گرم شود (مثلاً ۲۰۰ سانتی‌گراد)، میله انبساط پیدا می‌کند و به فک‌ها فشار می‌آورد و چون فک‌ها

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



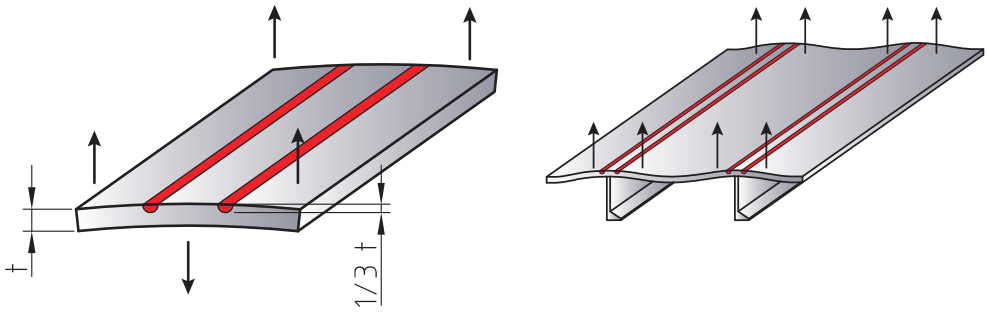
شکل ۳۱

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 اندازهٔ اولیه خود را خواهد داشت. دفعهٔ 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، به‌دلیل انقباض میله کوتاه می‌شود و دیگر نمی‌تواند بین دو فک بماند و می‌افتد (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

در جوش‌کاری هم همین اتفاق می‌افتد و منطقهٔ جوش خورده و گرما (فلز جوش و ناحیه HAZ) شباهت کامل به میلهٔ بین دو فک ثابت را دارد، چون قسمت‌های سرد قطعه ثابت هستند و قسمت گرم‌شده در وسط قطعهٔ کار قرار دارد و محصور است؛ لذا پس از سرد شدن منقبض می‌شود. تنش‌های انقباضی باعث پیچیدگی می‌شود؛ مطابق شکل ۳۳، یا به صورت تنش باقی‌مانده (تنش پسماند) در قطعه می‌ماند.



شکل ۳۳

کار عملی

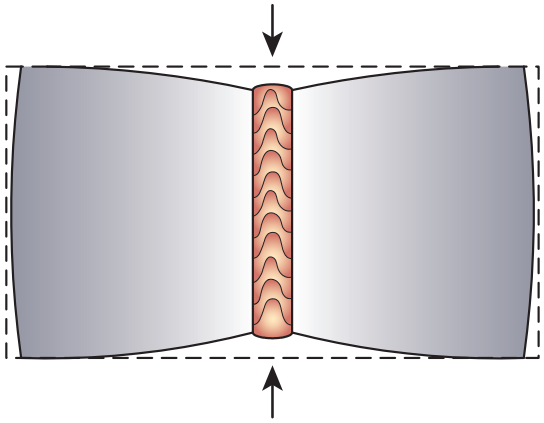
در جوش شیاری و سپری که در کار عملی بخش جوش‌کاری برق انجام داده‌اید بررسی کنید پیچیدگی وجود دارد یا نه؟ در صورت نبودِ پیچیدگی روش جلوگیری از پیچیدگی را توضیح دهید.

انواع پیچیدگی:

هنگام جوش‌کاری ممکن است در قطعه یا قطعه‌های مورد جوش‌کاری پیچیدگی اتفاق بیفتد. پیچیدگی قطعات جوش‌کاری‌شده سه نوع است:

۱- پیچیدگی طولی:

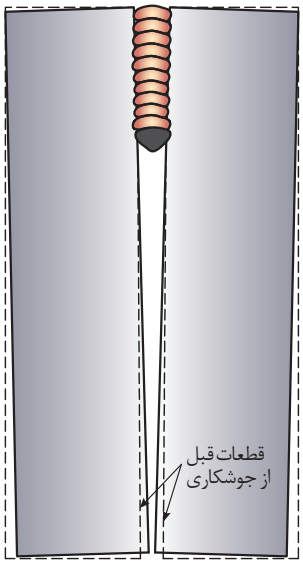
روی دیواره لبهٔ یک تسمه فولادی مطابق شکل ۳۴ جوش‌کاری شده است. تسمه آزاد و بدون مهار است و عامل خمیدگی پس از سرد شدن، انقباضی است که گردهٔ جوش برجسته روی دیواره تسمه ایجاد می‌کند و این پیچیدگی طولی است.



شکل ۳۴

۲- پیچیدگی عرضی:

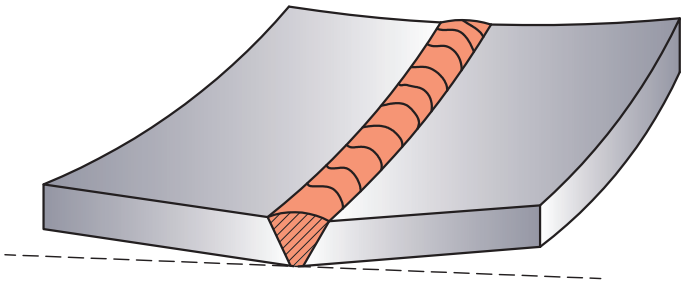
اگر دو ورق به صورت لب‌به‌لب جوش‌کاری شود، بدون این که دو سر ورق خال‌جوش شود و قید و بستی هم وجود نداشته باشد، در هنگام جوش‌کاری انتهای ورق، مطابق شکل ۳۵، به هم نزدیک می‌شود و یا روی هم سوار می‌شود که به دلیل انقباض عرضی است و به آن پیچیدگی عرضی گویند.



شکل ۳۵

۳- پیچیدگی زاویه‌ای:

در جوش‌هایی که قطعات ضخیم به هم جوش می‌خورند و زمانی که تعداد پاس‌های جوش‌کاری زیاد باشد، در اثر انقباض فلز جوش قطعات کار به طرف پخ V یا U جمع می‌شوند و یا در جوش‌کاری سه پری (سپری) پیچیدگی‌های زاویه‌ای شکل می‌گیرد(شکل۳۶).



شکل ۳۶

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	شناسایی عیوب جوش	مکان: کارگاه جوش‌کاری	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 جوش‌کاری مجدد آن است.

دانستن دلایل بروز عیب جوش مستلزم آگاهی از اصول کلی جوش‌کاری 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 جوش‌کاری عملیات حرارتی صورت می‌گیرد.

پیش‌گرما (Preheating):

یعنی حرارت دادن فلز پایه قبل از جوش‌کاری 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 جوش‌کاری آرام سرد شود.

رسیدن به درجهٔ 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 درجهٔ حرارت ذوب برسد.

کنترل درجهٔ حرارت بین پاسی:

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

پس‌گرما (Post Heating) :

این عملیات در جوش‌کاری قطعات فولادی سختی‌پذیر و بعضی از آلیاژها اجرا می‌شود. پس‌گرما برای حذف تنش‌ها و حذف سختی و تردی و گاهی رسیدن به زیرساختار مورد نظر اجرا می‌شود. نحوهٔ این عملیات گرمایشی بسته به خواصی که از جوش انتظار داریم و همچنین با توجه به نحوهٔ سرد شدن قطعه، متفاوت خواهد بود.
در حقیقت پس‌گرما 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 جوش‌کاری تنش‌زدایی می‌شوند.
برای اجرای تنش‌زدایی بعضی محصولات صنعتی، کوره مخصوص پس‌گرما برای همان منظور طراحی و ساخته می‌شود

تحقیق کنید



در صنعت کشتی‌سازی پیش‌گرما و پس‌گرما 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 الکترود با قطر بالاتر و پخ مناسب و پهنای جوش کمتر و همچنین کاهش درجهٔ 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 الکترود
- پیش‌گرم 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 جوش‌کاری
- کنترل درجهٔ حرارت بین پاسی

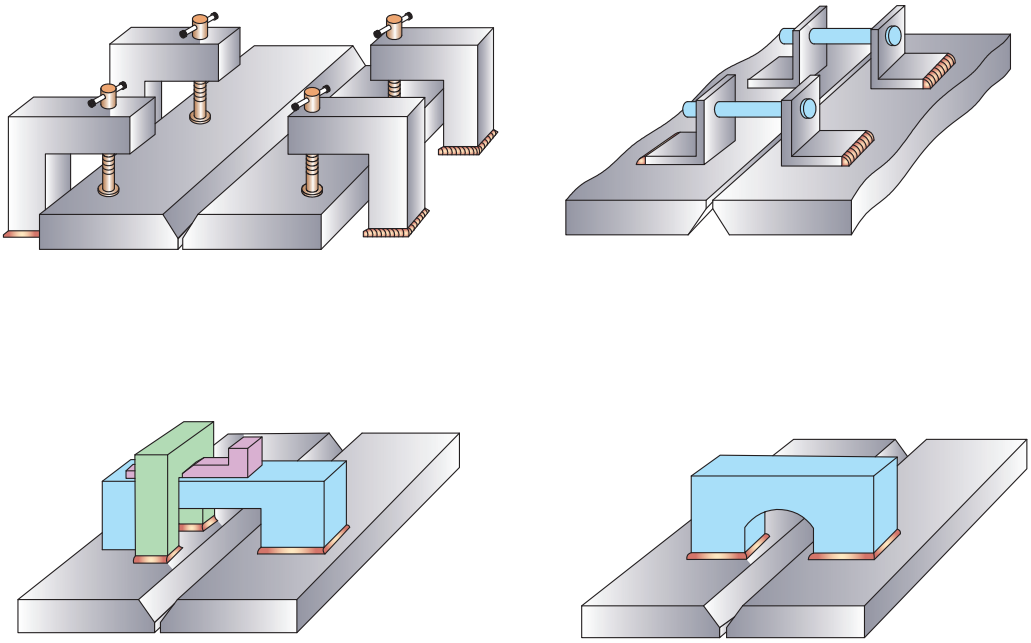
همواره باید مدنظر داشت که عیوب داخلی جوش نیز می‌تواند به سطح قطعه راه پیدا کند و قابل مشاهده شود.

روش‌های جلوگیری از پیچیدگی در جوش‌کاری

جوش‌کاران برای جلوگیری از پیچیدگی تدابیری به کار می‌گیرند و در اجرای جوش‌کاری 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 (شکل۳۷).



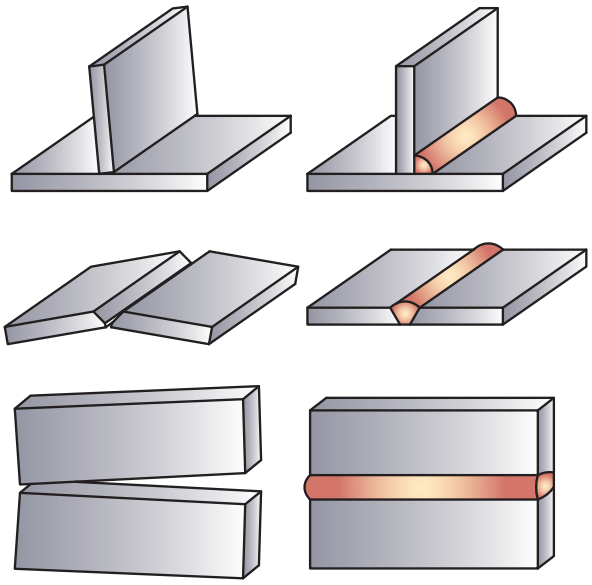
شکل ۳۷

تحقیق کنید

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

پیش‌تنظیمی:

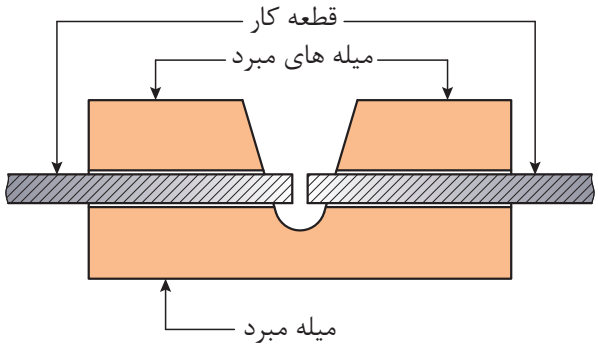
خال‌جوش زدن خارج از وضعیت اصلی در جهت عکس پیچیدگی مطابق شکل ۳۸ است. به این روش پیش‌تنظیمی گویند که پس از عملیات جوش‌کاری به حالت استاندارد درمی‌آید.



شکل ۳۸

کاهش گرمای قطعه در حین جوش‌کاری:

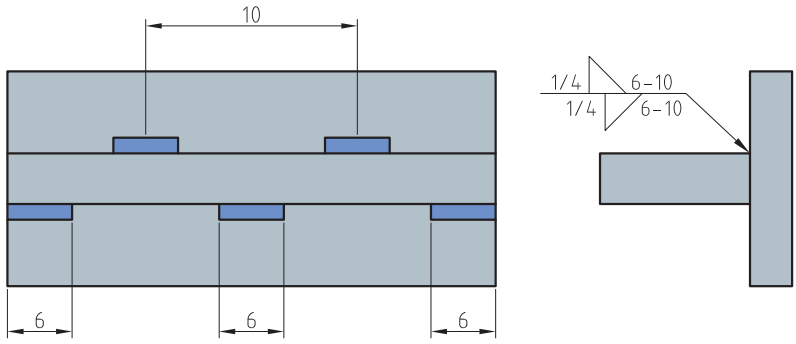
در جوش‌کاری ورق‌های فولاد زنگ‌نزن می‌توان از تسمه‌های مبرد از جنس مس استفاده کرد که در مواردی هم جریان آب در این نگه‌دارنده‌ها جریان دارد تا گرمای قطعه بالا نرود و پیچیدگی کمتر باشد. تعریف تسمهٔ مبرد: نوعی سیستم خنک‌کننده است که با گردش آب یا گازهای خنک‌کننده باعث می‌شود قطعهٔ کار خنک شود (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

استفاده از خط جوش‌ها خلاف جهت پیچیدگی:

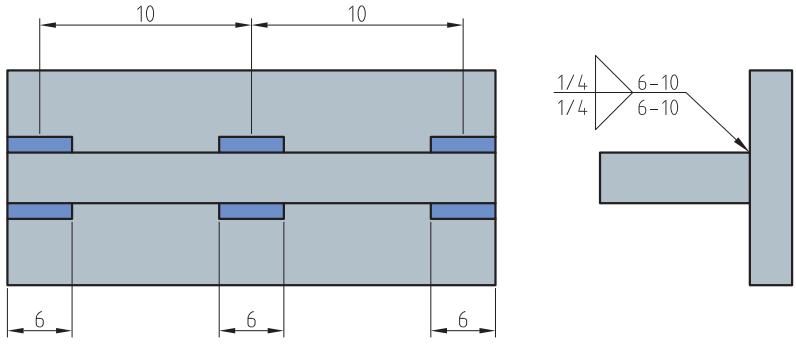
در این کار جوش یک‌طرفه به جوش دوطرفه تبدیل می‌شود. در اتصال T شکل از گردهٔ جوش مخالف جهت استفاده شده است(شکل ۴۰).



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 جای‌گردهٔ جوش پیوسته و طولانی می‌توان از یک گروه جوش متقارن بهره گرفت تا تنش‌های باقی‌مانده در قطعه متعادل شوند. در روش جوش متوالی جوش‌کار 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 جوش‌کاری 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 گردهٔ جوش‌ها یک در میان متوالی انجام می‌شود.

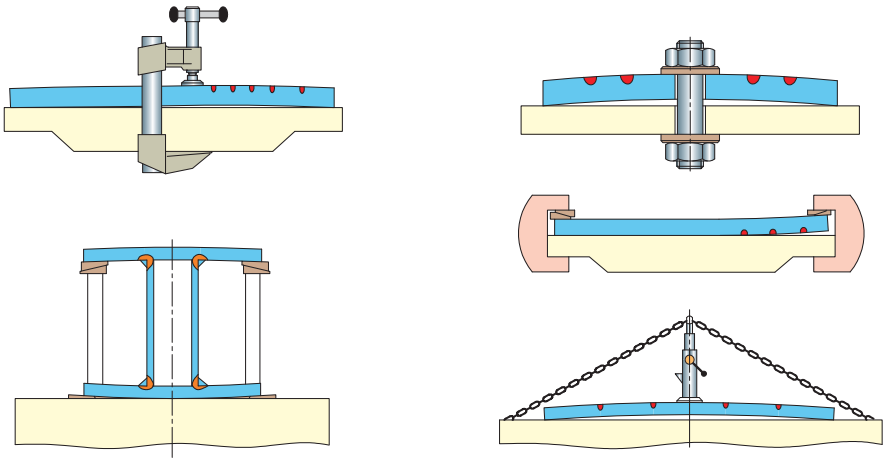
روش‌های دیگر جلوگیری از پیچیدگی عبارتند از:

- پیش‌گرما: گرما دادن فلز پایه قبل از جوشکاری باعث کاهش پیچیدگی می‌شود.
- استفاده از تعداد پاس های کمتر.
- استفاده از فاصلهٔ ریشه بیشتر و زاویهٔ پخ کمتر.
- استفاده از پشت‌بند.
- استفاده از پخ U شکل به جای پخ V شکل.

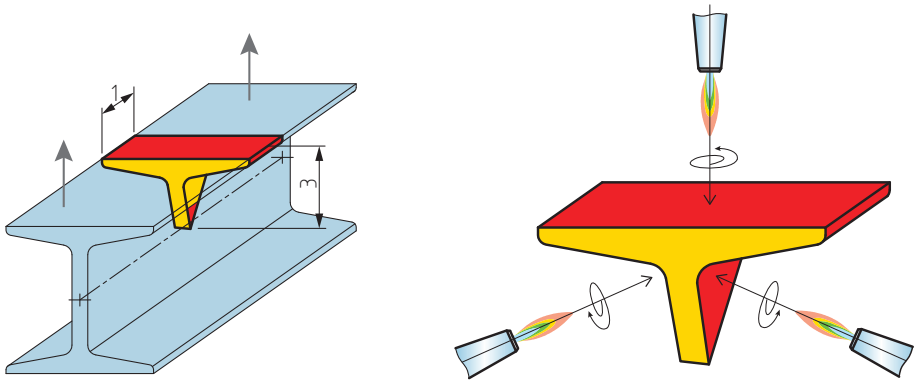
رفع پیچیدگی پس از جوش‌کاری

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.

تحقیق کنید



در جوش‌کاری 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 جوش‌کاری	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 خواستهٔ 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 جوش‌کاری عبارتند از:

AWS D1.1 و ASME بخشIX و API STD1104برای اجرای جوش‌کاری یک دستورالعمل یا مشخصهٔ روش جوش‌کاری (WPS) برای اتصالات تنظیم می‌شود. این سند اطلاعات مفصلی راجع به شرایط جوش‌کاری (متغیرها) در کاربرد خاص را ارائه می‌کند.

سپس جوش‌کار با توجه به پارامترهایی که در (WPS) آمده است، یک اتصال مشابه را جوش‌کاری می‌کند و در صورت تأیید و دارا بودن گواهینامه با اعتبار می‌تواند به عملیات جوش‌کاری بپردازد. یعنی جوش‌کاران باید نشان دهند که می‌توانند اتصالاتی را که در این (WPS) آمده است، بدون عیب جوش‌کاری کند.

آزمایش‌های عملیات جوش‌کاری به دو دستهٔ عمده تقسیم می‌شوند:

آزمایش‌های مخرب

آزمایش‌های غیرمخرب

آزمایش‌های مخرب(DT)

این آزمایش‌ها با تخریب اتصال از طریق اعمال تنش‌های متفاوت تا مرحلهٔ 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 جوش‌کاری)

تعیین کیفیت طراحی در اتصال

تعیین صلاحیت جوش‌کاری

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:

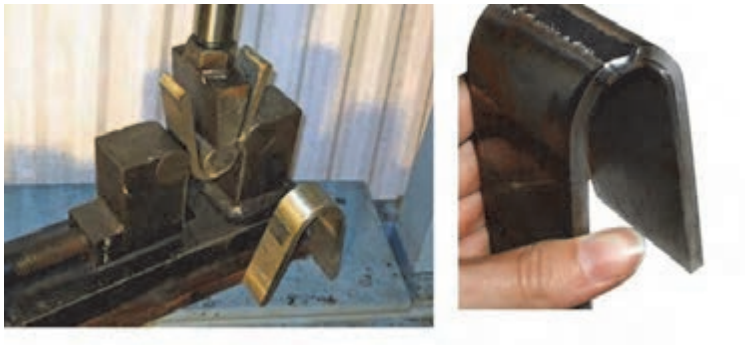
آزمایش کشش:

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



شکل ۴۴

■ **آزمایش خمش:** در این آزمایش، اتصالات جوش‌کاری‌شده را در جهت ریشه، رویهٔ جوش و نیز در جهت عرضی جوش تحت خمش قرار می‌دهند(شکل۴۵).

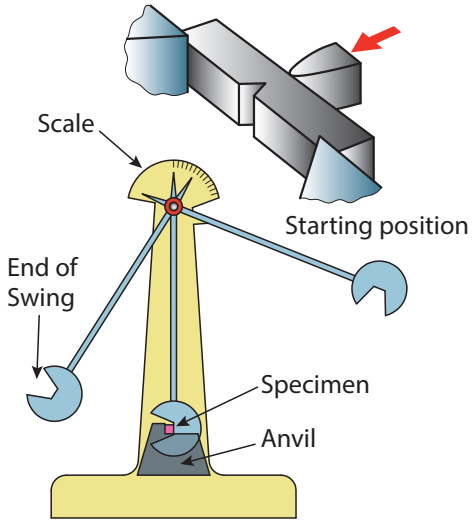


شکل ۴۵

تحقیق کنید

دربارهٔ آزمایش کشش و خمش تحقیق کنید.

■ **مقاومت در برابرضربه**: نمونه‌هایی از فلز جوش طبق ابعاد داده شده تهیه می‌کنند و تحت آزمایش ضربه، رفتار جوش را بررسی می‌کنند(شکل ۴۶).



شکل ۴۶



شکل ۴۷ - روش تهیهٔ نمونه برای آزمایش کشش و ضربه

آزمایش‌های غیرمخرب (روش‌های NDT)(Non DestraCtive 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 جوش‌کاری، در حین جوش‌کاری و پس از جوش‌کاری است. مشخصات مواد مورد جوش‌کاری باید با آنالیز و اطلاعات ثبت شده در (WPS) مطابقت داده شود؛ درز اتصال از نظر ابعاد و اندازه و تلرانس مطابقت داده شود و از مواد خارجی از قبیل گریس، رنگ و اکسید باید عاری بوده و تمیز باشد. قطعات صدمه‌دیده که پیچیدگی یا خمیدگی دارند، قبل از جوش‌کاری باید تعمیر یا تعویض گردند. هم‌محور بودن قطعات باید مورد توجه باشد. عملیات حرارتی مانند خشک کردن الکترود، جریان مناسب الکتریسیته و دستگاه جوش‌کاری با قدرت لازم باید قبل از جوش‌کاری بازرسی شود.

مهمترین عملیات، بازرسی چشمی پس از جوش‌کاری است. جوش باید از لحاظ تمامی عیوب ظاهری، بررسی شود. کنترل خلل و فُرج، سرباره باقی‌مانده روی جوش، نفوذناپذیری، ترک‌های سطحی، ذوب‌شدن، بریدگی کناره، بررسی مقعر و یا محدب بودن سطح روی جوش و سطح زیر جوش از نظر یکنواختی، شکل موج‌ها، جرقه‌های جوش و اندازهٔ جوش‌ها، یکسان بودن ساق جوش‌های ماهیچه‌ای (Fillet)، طول خط جوش‌ها، میزان نفوذ در اتصالاتی که از یک طرف جوش‌کاری می‌شوند، به راحتی از ظاهر جوش توسط بازرس واقعی تشخیص داده می‌شود. از طرف دیگر با این بازرسی می‌توان در خصوص عیوب داخلی جوش هم تا حدودی اطمینان حاصل کرد.

کار عملی

از یک کارخانهٔ کشتی‌سازی یا کارگاه جوش‌کاری بازدید کنید و جوش‌کاری‌های انجام شده را بررسی کنید.

وسایل استفاده‌شده در بازرسی چشمی عبارتند از:

گپ‌سنج(Gap gauge):

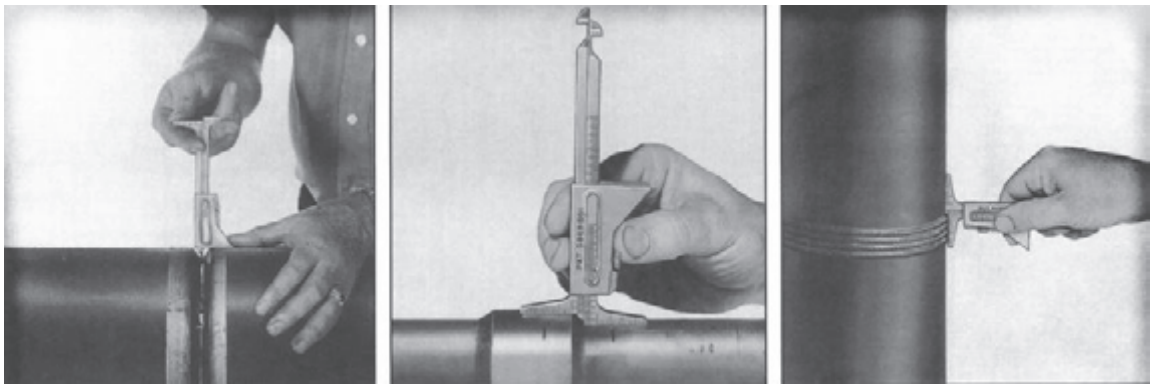
برای اندازه‌گیری فاصلهٔ ریشهٔ جوش قبل از جوش‌کاری استفاده می‌شود (شکل۴۸).



شکل ۴۸

هایلو گیج (HI-LO Gauge):

برای اندازه‌گیری گرده‌های جوش از $\frac{۱}{۸}$ اینچ تا یک اینچ یعنی (۲/۳ تا ۲۵ میلی‌متر) به کار می‌رود و تحدب و تقعر جوش و ناهم‌ترازی را نیز می‌توان کنترل کرد (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

گیج چندمنظوره یا کم گیج (Camgauge):

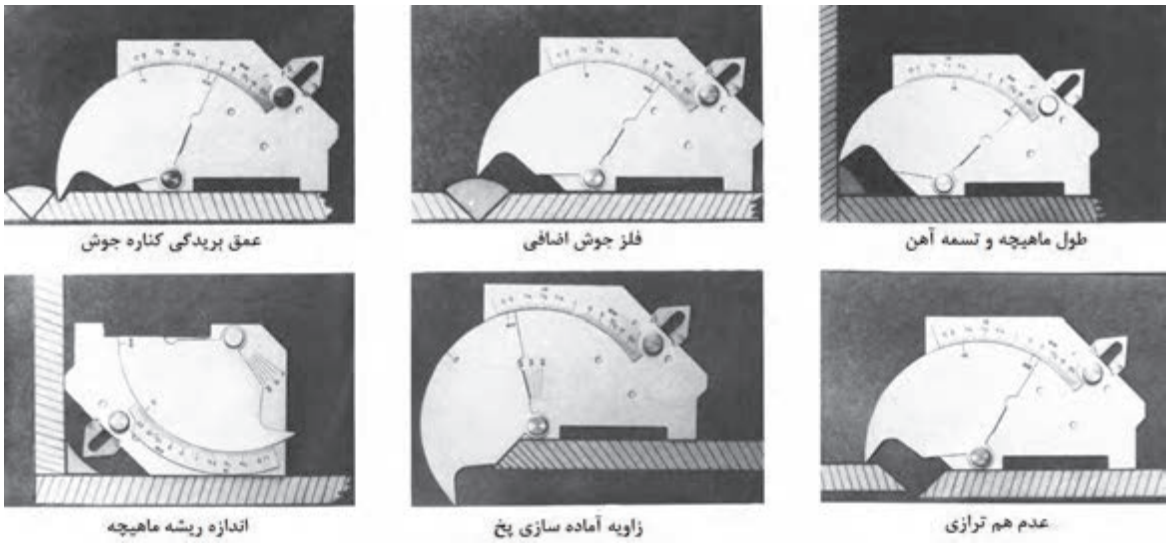
این گیج‌ها قادر به انجام چندین اندازه‌گیری هستند؛ مانند تحدب و تقعر جوش، گردهٔ جوش و اندازهٔ ریشه که در (شکل‌های ۵۰ و ۵۱) همراه با روش‌های اندازه‌گیری آمده است.



شکل ۵۰

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

۱- زاویهٔ آماده‌سازی
۲- فلز جوش اضافی
۳ -عمق بریدگی کنارهٔ جوش
۴- اندازهٔ ریشه
۵- ارتفاع گرده
۶- ناهم‌ترازی
۷- اندازهٔ گلویی جوش
۸- طول گردهٔ جوش



شکل ۵۱

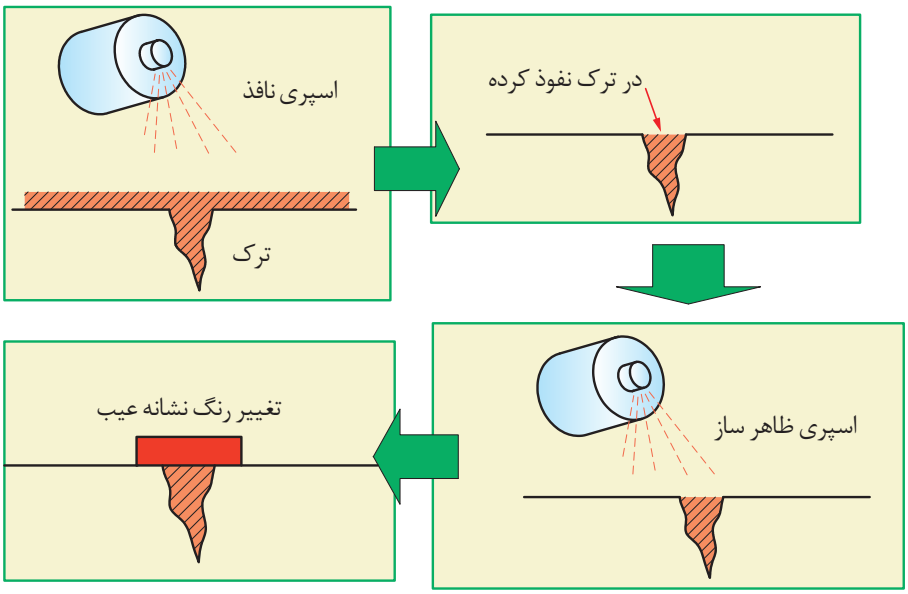
کار عملی

دو قطعه که برای جوش‌کاری شیاری لبه‌سازی شده است و دو قطعه که قبلا به‌صورت شیاری و سپری جوش داده شده‌اند، توسط ابزار بازرسی چشمی کنترل کنید؟

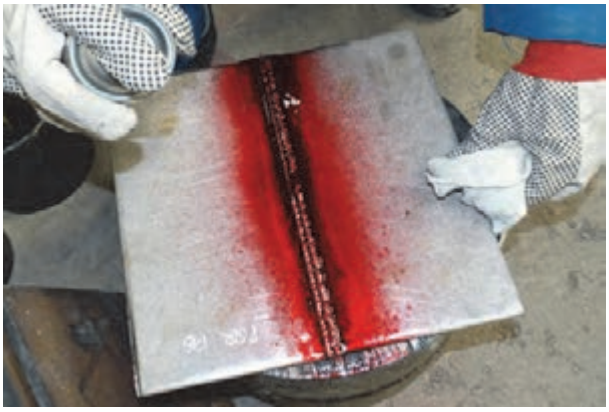
تست مایعات نفوذی (PT):

این آزمایش با نفوذ مایع با استفاده از خاصیت موئینگی در درزها و شکاف‌ها و سوراخ‌هایی که در سطح جوش ظاهر می‌شوند، عملی می‌گردد. روش کار به این صورت است که ابتدا سطح جوش کاملاً برس زده می‌شود و به اندازهٔ کافی تمیز می‌گردد و قبل از آزمایش کاملاً خشک می‌شود.

بعد از تمیزکاری سطح جوش، مایع نافذ اغلب به صورت اسپری روی کار پاشیده می‌شود (این اسپری معمولاً قرمز رنگ است). سپس مدت زمان کافی روی قطعه می‌ماند تا بتواند داخل عیب‌هایی که تا سطح جوش رسیده‌اند، نفوذ کند (اعمال مایع نافذ با استفاده از برس و یا به روش غوطه‌وری نیز می‌تواند انجام شود). سپس مایع به طور کامل از سطح کار پاک می‌شود و مایع ظهور که اغلب سفید رنگ است، روی کار پاشیده می‌شود و سپس به تحلیل نشانه‌ها پرداخته می‌شود. چنانچه عیب به سطح جوش برسد و مایع نافذ در آن جای گرفته باشد، در تماس با مایع ظهور آن محل تغییر رنگ می‌دهد و عیب مشخص می‌شود (شکل۵۲).



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 برادهٔ 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 الکتریکی‌مغناطیسی می‌کنند. در صورت ناپیوستگی در جوش خطوط مغناطیسی که روی سطح کار قرار دار، منحرف می‌شود و باعث تجمع براده‌های آهن می‌گردد؛ از این طریق می‌توان به وجود ناپیوستگی‌ها در جوش پی برد (شکل۵۴).



شکل ۵۴

بحث کلاسی

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

آزمایش اولتراسونیک(UT):

آزمایش فراصوتی به طور گسترده در آشکارسازی نقص‌های درونی مواد استفاده قرار می‌شود. 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 بازرسیUT و سرعت صوت در جسم مورد نظر می‌توان ضخامت قطعه را به دست آورد. حال اگر اکوی رؤیت‌شده روی صفحهٔ مانیتور دستگاه زودتر از محل مورد انتظار ظاهر گردد، نشان‌دهندهٔ وجود ناپیوستگی در داخل قطعه است. در این حالت با جابه‌جا کردن پروب بر روی قطعه می‌توان به نوع، محل و اندازهٔ عیب دست یافت (شکل۵۵).



شکل۵۵

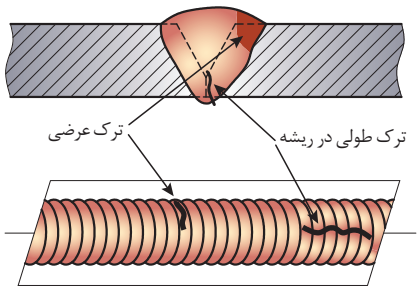
آزمایش رادیوگرافی (RT):

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 (شکل۵۶).



شکل۵۶

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 صفحهٔ حساس را در طرف دیگر مستقیماً قرار دهیم تا اشعه بر روی آن اثر کند، ضخامت‌های بیشتر باعث عبور کمتر اشعه می‌شود و صفحهٔ فیلم روشن‌تر است و نیز قسمت‌های نازک‌تر اشعه بیشتر عبور می‌کند و در نتیجه صفحهٔ فیلم تیره‌تر است؛ در خصوص عیوب هم از این خاصیت استفاده می‌شود (شکل۵۷).



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 حفرهٔ گازی، سربارهٔ 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. چشمهٔ پرتو ممکن است تیوپ ایکس یا دوربین رادیوگرافی گاما باشد. در این روش با قرار دادن حروف سربی روی قطعه می‌توان شمارهٔ قطعه را روی تصویر داشته باشیم (شکل۵۸).



شکل ۵۸

نکته ایمنی

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

نکته زیست محیطی

در انجام این آزمایش باید توجه داشت اگر در محیط باز و یا در محیط زیست جانوران قرار دارد، به دلیل تأثیر اشعهٔ 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.

ارزشیابی					
ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۳	آزمایش‌های جوش	مکان: کارگاه جوش‌کاری 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 وتجهیزات:

شرایط: کارگاه جوش‌کاری با شرایط تهویهٔ 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 ... ۱- رعایت نکات زیست‌محیطی ۲- تمیزکاری محیط پس از انجام آزمایش مایع نافذ ۳- رعایت نکات ایمنی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

منابع

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 جوش‌کاری. موسسسه انتشارات علمی.

۶- اسکندری، حسین و زارعی، عبدالخالد. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر جوش‌کاری در صنعت کشتی‌سازی. انتشارات دانشگاه خلیج فارس.

۷- شاهدی، علی و استاد رحیمی، محمد مهدی. (۱۳۸۴). تکنولوژی و کارگاه جوش‌کاری، 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. Vadomphol. (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 می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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

همکاران هنرآموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت فعال داشته‌اند.

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 فرآیند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند:

۱- اداره کل امور دریایی و سازمان‌های تخصصی بین‌المللی 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 هنرستان‌های علوم و فنون دریایی

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز مکانیک موتورهای دریایی

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات عمومی و تخصصی استخدام آموزش و پرورش

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

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

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

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