

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّآلِ مُحَمَّدٍ وَّعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



جوشکاری ترمیمی

رشته صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب:

جوشکاری ترمیمی - ۲۱۰۴۱۲

پدیدآورنده:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

احمد مرادی، روح‌اله عشیری، محمدرضا سلطان‌محمدی، حسن ضیغمی، بهرام زارعی، کیوان اسماعیلی، بهرام دلیخون، محسن آزموده و رقیه متحیرپسند (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

مدیریت آماده‌سازی هنری:

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی:

جواد صفری (مدیر هنری) - سورش سعادتمندی (صفحه‌آرا) - محمد علی‌محمدی (رسم فنی) - الهام محبوب (رسم) - فریده حسینی، زهرا رشیدی مقدم، زهرا ایمانی نصر، فریبا سیر و حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان:

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌گاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

ناشر:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج-خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه:

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ:

چاپ دوم 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 به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



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

امام خمینی «قَدَسَ سِرُّهُ»



این کتاب در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه‌ای، فروشندگان خدمات و کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

پودمان ۱: جوشکاری اکسی گاز ۱

واحد یادگیری ۱: گرده سازی اکسی گاز ۲

واحد یادگیری ۲: جوش برنج ۴۵

پودمان ۲: لحیم کاری ۶۵

واحد یادگیری ۱: لحیم کاری نرم ۶۶

واحد یادگیری ۲: لحیم کاری سخت فلزات غیر آهنی ۸۶

پودمان ۳: گرده سازی ۱۰۵

واحد یادگیری ۱: اجرای خط جوش ۱۰۶

واحد یادگیری ۲: جوشکاری پوششی ۱۴۳

پودمان ۴: جوشکاری گوشه ۱۵۷

واحد یادگیری ۱: آماده سازی و اجرای قید و بند ۱۵۸

واحد یادگیری ۲: جوشکاری ماهیچه ای ۱۷۰

پودمان ۵: جوشکاری مقاومتی ۲۰۳

واحد یادگیری ۱: اجرای نقطه جوش ۲۰۴

واحد یادگیری ۲: کنترل استحکام نقطه جوش ۲۲۹

منابع ۲۴۰

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

- ۱ شایستگی‌های فنی مرتبط با حرفه و بازار کار
- ۲ شایستگی‌های غیرفنی مرتبط با مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مهارت‌های ارتباطی
- ۳ شایستگی‌های مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات
- ۴ شایستگی‌های مرتبط با یادگیری مادام‌العمر

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

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

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

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

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

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، برنامه درسی رشته صنایع فلزی طراحی و محتوای آموزشی تألیف گردید. این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی است. از ویژگی‌های این کتاب، طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است و لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمان، نکات آموزشی، شایستگی‌های غیرفنی و آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. کتاب شامل پودمان‌های ذیل می‌باشد:

پودمان اول: با عنوان «جوشکاری اکسی‌گاز» شامل دو واحد یادگیری؛ گرده‌سازی اکسی‌گاز و جوش برنج است.

پودمان دوم: با عنوان «لحیم‌کاری» شامل دو واحد یادگیری؛ لحیم‌کاری نرم و لحیم‌کاری سخت است.

پودمان سوم: با عنوان «گرده‌سازی» شامل دو واحد یادگیری؛ اجرای خط جوش و جوش پوششی است.

پودمان چهارم: با عنوان «جوشکاری گوشه» شامل دو واحد یادگیری؛ آماده‌سازی، اجرای قید و بند و جوشکاری ماهیچه‌ای است.

پودمان پنجم: با عنوان «جوشکاری مقاومتی» شامل دو واحد یادگیری؛ اجرای نقطه جوش و کنترل استحکام نقطه جوش است.

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

دفتر برنامه‌ریزی تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش







پودمان ۱

جوشکاری اکسی گاز



جوش برنج



گرده سازی اکسی گاز

جوشکاری اکسی گاز یکی از فرایندهای اتصال دائم است که در آن انرژی گرمایی مورد نیاز برای ذوب لبه های اتصال و فلز پرکننده از سوختن گاز سوختنی و اکسیژن به دست می آید. از این روش می توان برای جوشکاری فلزات نازک، قطعات کوچک و به ویژه کارهای تعمیراتی نیز استفاده کرد.

واحد یادگیری ۱

گرده سازی اکسی گاز

آیا تابه حال پی برده اید؟

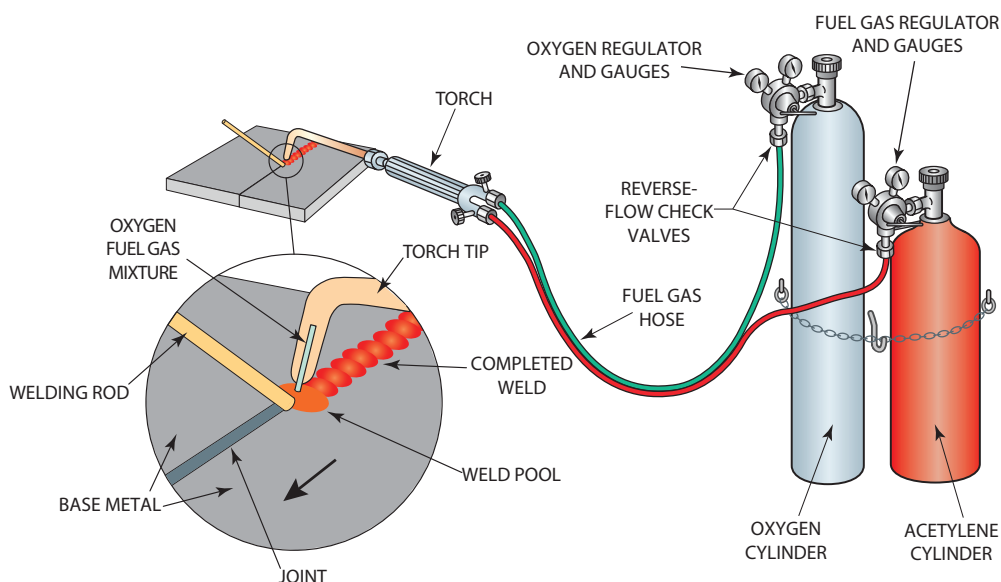
- با استفاده از فرایند جوشکاری اکسی گاز می توان قطعات نازک فلزی را به یکدیگر متصل کرد.
- در این فرایند اتصال ایجاد شده از نوع دائم می باشد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی گرده سازی اکسی گاز، هنرجویان قادر به جوشکاری قطعات فلزی با روش اکسی گاز در وضعیت های مختلف برابر نقشه و دستورالعمل خواهند بود.

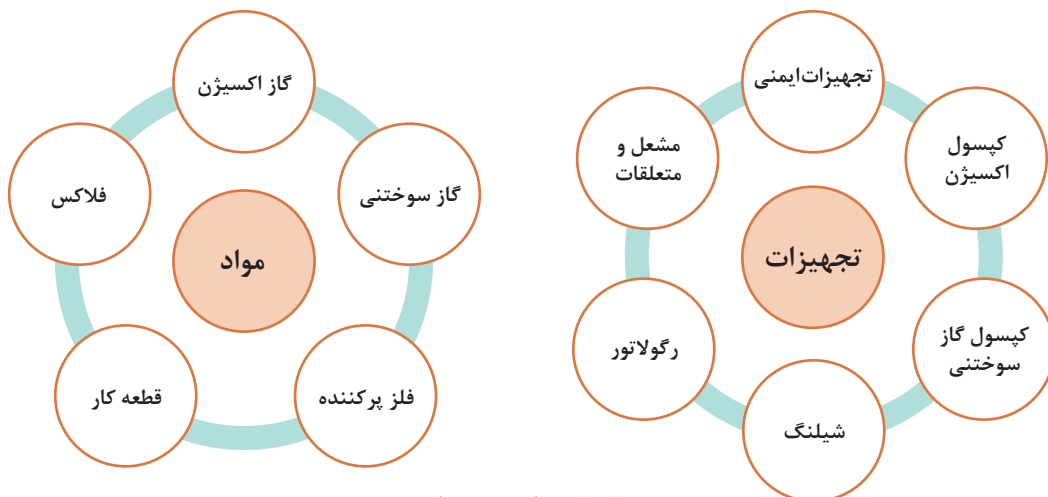
فرایند جوشکاری اکسی گاز (OWF)

جوشکاری اکسی گاز یک فرایند جوشکاری ذوبی است. گرمای لازم برای ذوب فلز پایه و فلز پُرکن از یک گاز سوختنی و یک گاز عامل اشتعال تأمین می‌شود. به‌طور مثال از گاز استیلن به‌عنوان عامل سوختن و از گاز اکسیژن به‌عنوان عامل اشتعال استفاده می‌کنند. مشعل این دو گاز را با نسبت مناسب باهم مخلوط می‌نمایند. فرایند استفاده از گاز استیلن به‌عنوان گاز سوختنی را اکسی‌استیلن می‌نامند. جوشکاری اکسی گاز یکی از قدیمی‌ترین فرایندهای جوشکاری گازی محسوب می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- شماتیک تجهیزات و سیستم احتراق گاز اکسی استیلن و تشکیل حوضچه جوش

مواد و تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری اکسی گاز



شکل ۲- مواد و تجهیزات

گازهای قابل احتراق در جوشکاری گاز

- گازهای سوختنی، که برای جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرند، باید دارای خصوصیات زیر باشند.
- تولید انرژی گرمایی بالا
- ضریب کارایی سوختنی بالا
- ایمنی در هنگام استفاده
- کمترین اثر مخرب روی جوش

روش تولید گازهای سوختنی

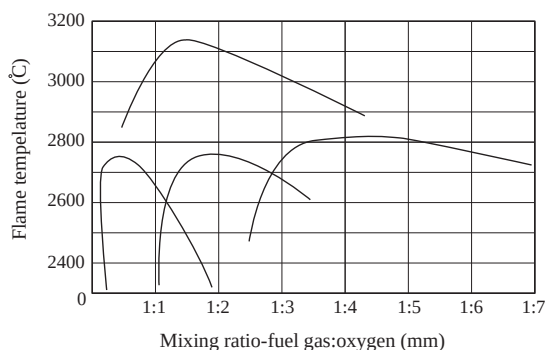
جدول ۱- مقایسه روش تولید، دمای شعله و ارزش گرمایی چند گاز

گاز	گاز استیلن	گاز طبیعی (متان)	گاز مایع	گاز مپ	گاز هیدروژن
روش تولید	واکنش شیمیایی کاربرد کلسیم با آب	استخراج از منابع طبیعی	تقطیر نفت خام	ترکیب متیل، استیلن و پروپادین	الکترولیز آب
دمای شعله به °C (مترمکعب کوچک)	۳۰۸۷	۲۵۳۸	۲۵۲۶	۲۹۲۷	۲۲۶۰
ارزش گرمایی Kcal/m ^۳	۱۳۰۹۰	۸۹۰۰	۲۲۲۴۰	۲۱۲۴۰	۱۰۷۵۰

عوامل مؤثر بر شعله

جدول ۲- عوامل مؤثر بر دمای شعله و مصرف گاز

دمای شعله	بیشترین دمای حاصل از سوختن کامل هر گاز
ارزش گرمایی	مقدار گرمایی که یک گاز سوختنی با حجم واحد هنگام احتراق کامل ایجاد می کند.
نسبت اختلاط	در شرایط عملی ۱:۱/۱۵ تا ۱:۱/۱ به دست آمده است.



نمودار ۱

نمودار ۱ نسبت اختلاط گازهای سوختنی به حداکثر دمای شعله را نشان می دهد که اجزای آن عبارتند از:

- محور عمودی دمای شعله را بر حسب درجه سلسیوس (°C) نشان می دهد، با مقداری از ۲۴۰۰ تا ۳۲۰۰ درجه سلسیوس.
- محور افقی نسبت مخلوط کردن گاز سوخت به اکسیژن را نشان می دهد، با مقداری از ۱:۱ تا ۱:۷
- منحنی مربوط به نوع گاز سوخت و نشان دهنده تغییرات دمای شعله با تغییر نسبت مخلوط هستند.

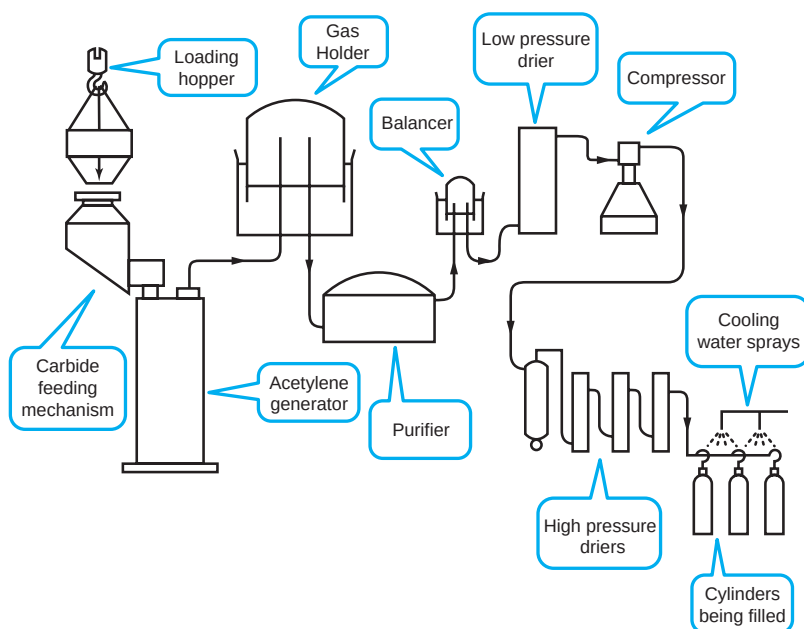


جدول زیر را با توجه به نمودار ۱ برای دمای حداکثر شعله تکمیل نمایید.

نام گاز	استیلن	هیدروژن	پروپان	متان
حدود نسبت اختلاط				
حداکثر دمای شعله				

طرز تهیه گاز استیلن

این گاز در طبیعت وجود ندارد اما از سوختن ناقص مواد آلی مثل نفت به دست می آید. استیلن گازی است بی رنگ و سبک تر از هوا، اگر خالص باشد بی بو است، اما استیلن ناخالص به علت وجود فسفین بویی شبیه بوی سیر دارد. (شکل ۳)



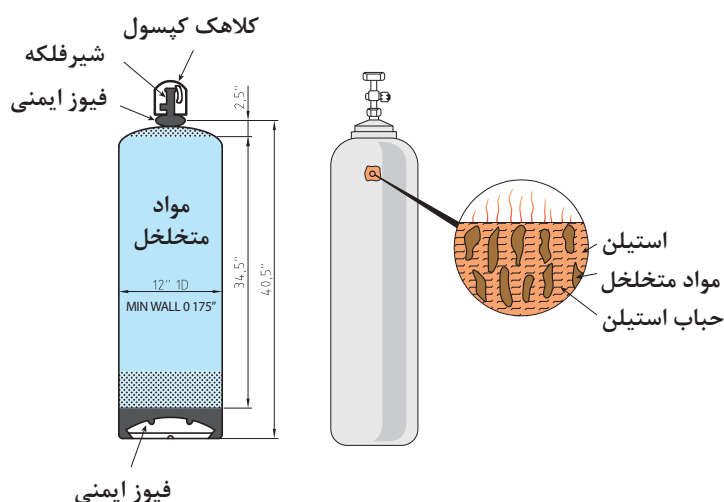
شکل ۳- شماتیک طرز تهیه استیلن

در مورد مراحل تولید نشان داده شده در شکل ۳ بحث کنید و با کمک گرفتن از درس شیمی خود، نتیجه را به همراه فرمول شیمیایی تولید گاز استیلن به کلاس ارائه کنید.



کپسول استیلن

به روش درزدار تولید شده و در شکل ۴ قسمت‌های مختلف کپسول نشان داده شده است.



شکل ۴

رنگ کپسول استیلن زرد است. گاز استیلن در فشار بالای ۲ بار خاصیت انفجاری دارد. لذا برای ذخیره‌سازی گاز استیلن در داخل کپسول آن را با مایع استن حل می‌کنند. برای توزیع یکنواخت مایع استن، داخل کپسول استیلن را از مواد اسفنجی شکل (سیمان مخصوص، زغال چوب و سنگ‌های متخلخل سلیس‌دار) پر می‌کنند. یک کپسول ۴۰ لیتری استیلن حاوی ۱۶ لیتر استن است و هر لیتر استن در فشار یک بار و دمای ۱۵ درجه سلسیوس، توان جذب ۲۵ لیتر استیلن را دارد. حجم گاز استیلن موجود در کپسول از معادله زیر محاسبه می‌شود.

فشار مانومتر $\times$ میزان حلالیت استیلن در استن $\times$ مقدار استن = حجم گاز موجود در کپسول

حجم داخلی یک کپسول استیلن ۴۰ لیتر است و کپسول پر است که فشار نشان داده شده آن ۱۵ بار است. حجم گاز استیلن چند لیتر است؟

$$V = 25 \times 15 \times 16 = 6000 \text{ lit}$$

مثال

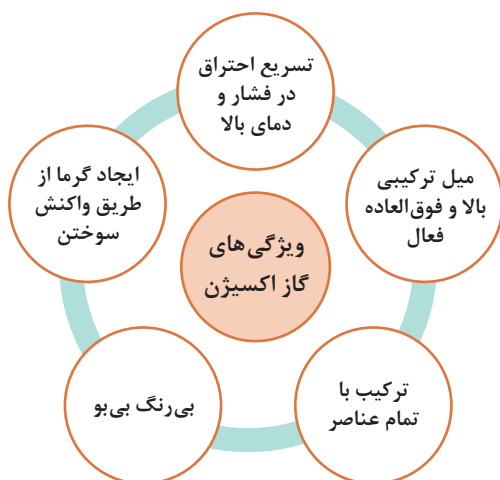




چنانچه مانومتر کپسول فشار ۱۰ بار را نشان دهد، حجم داخل کپسول گاز چند لیتر است؟
(کپسول ۴۰ لیتری)

اکسیژن و ویژگی آن

برای سوختن، وجود اکسیژن الزامی است.



شکل ۵- ویژگی های گاز اکسیژن

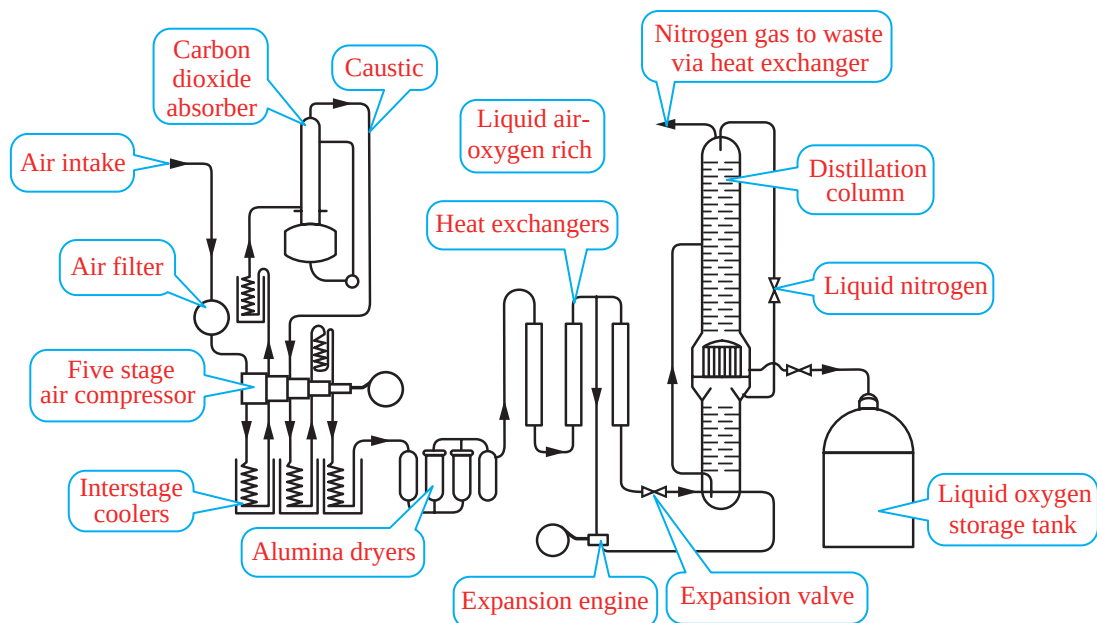
طرز تهیه اکسیژن

برای تهیه گاز اکسیژن راه های مختلفی وجود دارد که دو راه آن در جدول ۳ و شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳- روش های تولید اکسیژن

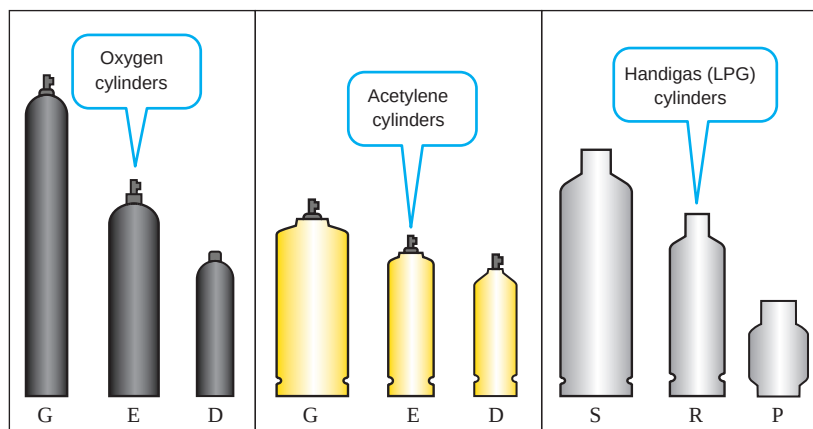
آب را توسط جریان الکتریکی تجزیه نموده و اکسیژن خالص را از آن جدا می نمایند. در این روش جریان الکتریکی از داخل آب گذرانده می شود و آب به عنصرهای سازنده خود یعنی اکسیژن و هیدروژن تجزیه می شود. در تجزیه آب به وسیله جریان الکتریکی، اکسیژن در قطب مثبت و هیدروژن در قطب منفی جمع می شود.	تجزیه الکتریکی آب $2H_2O \Rightarrow 2H_2 + O_2$
با عبور دادن هوا از داخل صافی های ویژه گردوغبار، چربی و بخار آب آن گرفته شود.	از طریق هوا
هوا توسط کمپرسور تا فشار ۲۰۰ بار متراکم می شود.	
در فشار ۵۰-۶۰ بار گاز دی اکسیدکربن CO_2 جدا می شود.	
هوای متراکم از داخل کویل ها عبور و متراکم گردیده و مایع می شود و در این قسمت فشار گاز افت نموده و به ۶-۵ بار کاهش یافته و دمای هوای مایع به $170^{\circ}C$ می رسد.	
هوای مایع را مجدداً گرما داده و در $193/8$ - درجه سلسیوس گاز نیتروژن و در $181/3$ - درجه سلسیوس گاز اکسیژن تبخیر و جدا می شود.	

تولید اکسیژن



شکل ۶- تهیه گاز اکسیژن از هوا

مشخصات کپسول اکسیژن: برای ساخت کپسول اکسیژن از فولاد با استحکام بالا استفاده می‌شود چون با فشار بالایی در داخل کپسول ذخیره می‌شود. این کپسول به روش اکستروژن (بدون درز) تولید می‌شود. ضخامت دیواره‌های کپسول در حدود ۸-۹ میلی‌متر و ارتفاع آن ۱۸۰۰ میلی‌متر است. (شکل ۷)



شکل ۷

پودمان اول: جوشکاری اکسی گاز

محاسبه مقدار اکسیژن در کپسول: به طور معمول وزن خالی کپسول ۷۵ کیلوگرم و گنجایش آن معادل ۴۰ لیتر است. کپسول هایی با ظرفیت بیشتر و کمتر نیز وجود دارد. فشار داخل کپسول های اکسیژن حدود ۱۵۰ بار است. برای محاسبه حجم گاز موجود در کپسول می توانید فشار کپسول را در حجم کپسول ضرب کنید. طبق قانون عمومی گازهای کامل در دمای ثابت:

$$PV = NRT \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$$

مثال



حجم گاز داخل سیلندری با حجم ۴۰ لیتری و فشار ۱۵۰ بار را در شرایط محیط محاسبه کنید.

$$40 \text{ lit} \times 150 \text{ bar} = V \times 1 \text{ bar}$$

$$V = \frac{40 \text{ lit} \times 150 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$V = 6000 \text{ Lit} = 6 \text{ m}^3$$

با توجه به فشار اتمسفر، حجم اکسیژن باقی مانده در داخل کپسول از حاصل ضرب حجم کپسول (برحسب لیتر) در فشار اکسیژن داخل کپسول (برحسب بار) که از روی عقربه فشارسنج خوانده می شود، به دست می آید. از رابطه زیر می توان مقدار اکسیژن مصرف شده در طول عملیات جوشکاری را به دست آورد.

$$V = \frac{V(P_1 - P_2)}{Pa \times mb}$$

کار کلاسی



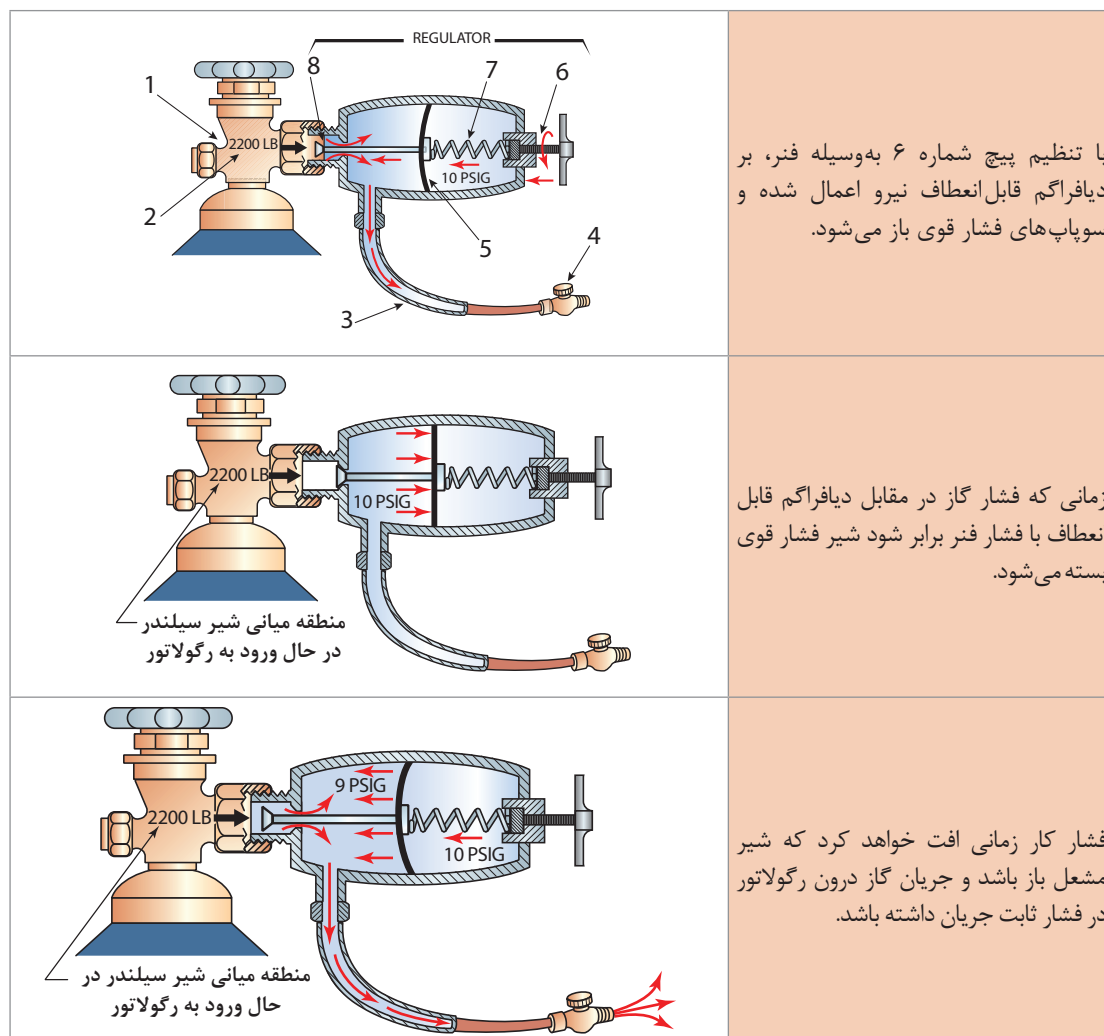
جدول زیر را تکمیل نمایید؛ در صورتی که کپسول ۴۰ لیتری باشد.

فشار گاز قبل از جوشکاری (bar)	فشار گاز بعد از جوشکاری (bar)	فشار محیط (bar)	مقدار اکسیژن مصرفی (lit)	حجم داخل کپسول گاز قبل از جوشکاری (lit)
۱۰۰	۶۰	۱	.....	.....
۱۵۰	۱۰۰	۱	.....	.....

رگولاتورها و فشارسنج‌ها

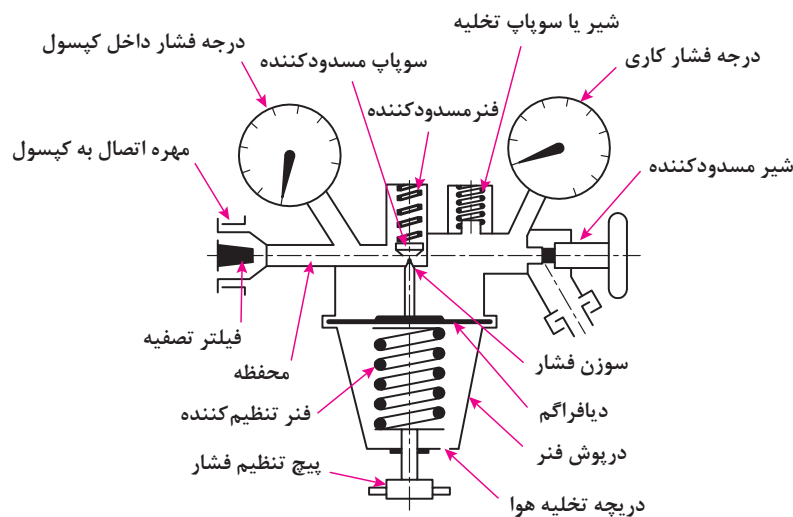
گاز در کپسول‌های اکسیژن و گاز سوختنی با فشار زیادی ذخیره می‌شوند و این فشار برای جوشکاری مناسب نیست و باید با رگولاتور فشار گاز را تقلیل و تنظیم نمود تا به‌طور یکنواخت و با فشار مناسب به طرف مشعل هدایت شود.

روش کار رگولاتورها مشابه است، ولی نمی‌توان از آنها برای گازها و فشارهای مختلف به جای یکدیگر استفاده کرد، برای اینکه خطر انفجار و آتش‌سوزی پیش می‌آید. عملکرد یک نمونه رگولاتور یک مرحله‌ای که با فشار به دیافراگم جریان گاز را تنظیم می‌کند، در شکل ۸ نشان داده شده است. برش رگولاتور یک مرحله‌ای (شکل ۸).



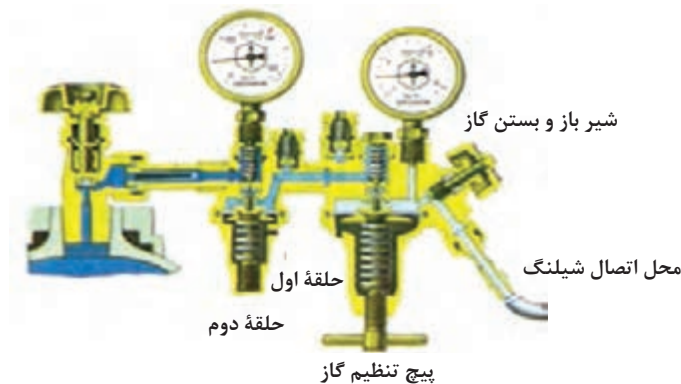
شکل ۸- رگولاتور

در صنعت از هر دو نوع رگولاتورهای یک مرحله‌ای و رگولاتورهای دو مرحله‌ای استفاده می‌شود.



شکل ۹

روش کار بدین ترتیب است که گاز از دریچه اول وارد یک فضای بزرگ‌تر شده، انبساط پیدا کرده و فشار آن کاهش می‌یابد و از طریق شیر به شیلنگ هدایت می‌شود. هر رگولاتور دارای یک پیچ است که با گردش آن می‌توان حجم این فضا را افزایش یا کاهش داد و فشار گاز خروجی را تنظیم نمود.



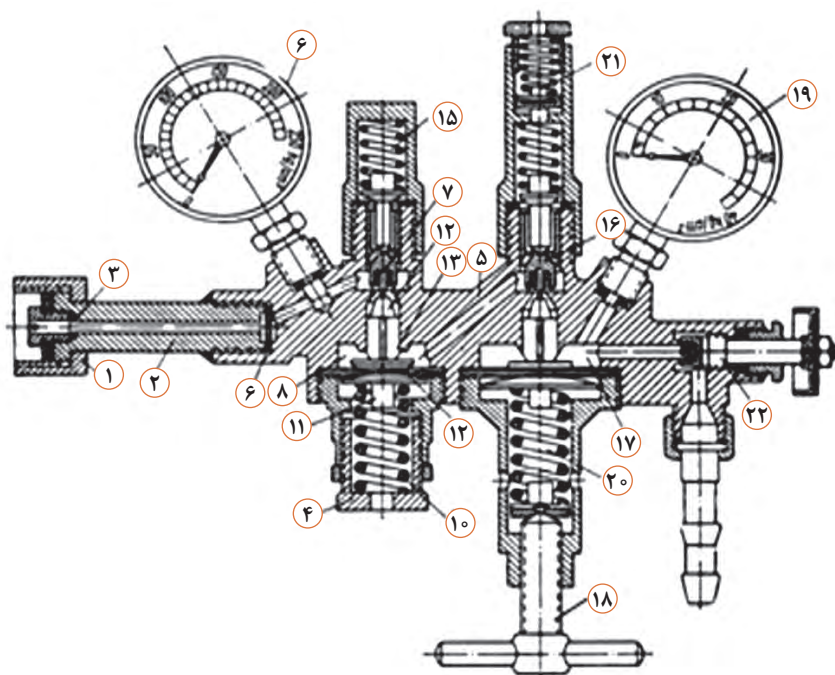
شکل ۱۰- رگولاتور دو مرحله‌ای

ویژگی رگولاتورهای دو مرحله‌ای عدم نیاز به تنظیم مجدد حین کار است و برای جلوگیری از افت فشار در دو مرحله این عملیات انجام می‌شود.

در یک مرحله فشار گاز ۱۰ برابر کم شده، مثلاً از ۱۵۰ bar به ۱۵ bar می‌رسد و در مرحله بعد که با پیچ تنظیم گردشی با دست قابل تنظیم است از ۱۵ bar تا فشار مصرفی کاهش می‌یابد و تنظیم می‌شود. (شکل ۱۰)



با توجه به شماره گذاری روی شکل، جدول زیر را تکمیل نمایید.



شماره	نام	شماره	نام
	مجرای ورود گاز		مهره اتصال روی کپسول
	سوپاپ کاهش فشار		بدنه
	واشر جذب کننده گرما		لوله واسط
	نمایشگر فشار کپسول		پیچ قطع جریان گاز
	فنر اصلی		مهره تنظیم فشار
	اتاقک اول کاهش فشار		میله تنظیم فشار
	صفحه تنظیم فشار		واسطه اتصال حرکت
	واسطه بالا برنده سوپاپ		فنر برگشت سوپاپ
	سوپاپ کاهش فشار		اتاقک دوم کاهش فشار
	پیچ تنظیم فشار مورد لزوم		نمایشگر فشار کاری

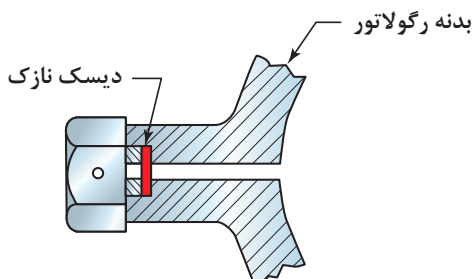
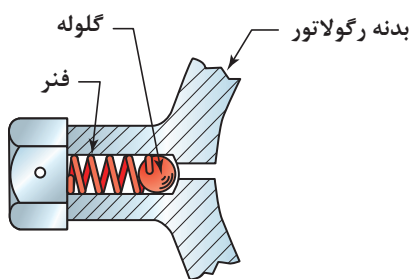


شکل ۱۱

نمایشگر فشار: روی هر رگولاتور دو عدد نمایشگر فشارسنج نصب شده که یکی از آنها فشار داخل کپسول و دیگری فشار گاز خروجی (مصرفی) را نشان می‌دهد. (شکل ۱۱)

فشار کاری همان فشاری است که برای شعله مورد نظر بر روی مشعل نیازمند آن هستیم. فشار کپسول همان فشاری است که درون کپسول به صورت ذخیره شده موجود می‌باشد.

سوپاپ اطمینان: رگولاتورها مجهز به یک شیر اطمینان هستند تا از ایجاد فشار اضافی ممانعت کنند و به رگولاتور آسیبی نرسد. شیر اطمینان از توپ کوچکی تشکیل شده است که با فنری به سختی مقابل سر لوله قرار گرفته است. پس از اینکه فشار اضافی رها شد، شیر اطمینان خود به خود به حالت اول برمی‌گردد (دیسک محافظ قطعه نازکی است که بین دو فلز برای آب‌بندی استفاده می‌شود).

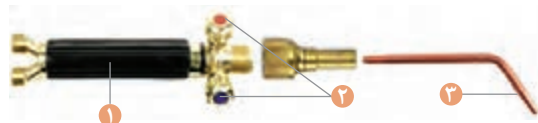


سوپاپ‌های رهاکننده محافظ

سوپاپ صفحه محافظ

شکل ۱۲- سوپاپ‌های اطمینان (آزادکننده فشار)

مشعل‌های جوشکاری



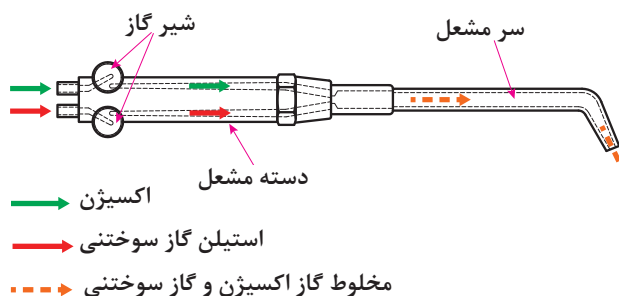
- ۱ دسته
- ۲ شیرهای با دریچه تنظیم گاز
- ۳ افشانک یا نازل

شکل ۱۳

وظیفه اختلاط و هدایت مخلوط گازها را دارند. روی مشعل دو عدد شیر برای تنظیم شدت جریان گازها وجود دارد و سر مشعل به دسته متصل می‌شود. به مشعل اکسی‌استیلن بک و نوک آن سربک نیز می‌گویند. (شکل ۱۳)

بعضی کارخانه‌های سازنده سرمشعل، اعدادی را که نشان‌دهنده مصرف گاز استیلن (استیلن یا کل گاز) برحسب لیتر در ساعت است روی سر مشعل حک می‌کنند (مثلاً شماره ۱۰۰ یعنی در هر ساعت ۱۰۰ لیتر گاز مصرف می‌شود)، برخی دیگر ضخامت‌های فلز مورد جوشکاری را روی آن حک می‌کنند.

فشار قوی یا برابر



شکل ۱۴- شماتیک مشعل جوشکاری اکسی استیلن

در مشعل‌های فشار برابر، گاز اکسیژن و استیلن با فشار مساوی وارد محفظه اختلاط شده و باهم مخلوط می‌شوند و در سرمشعل با جرقه فندک جوشکاری روشن شده و شعله متمرکز ایجاد می‌کنند. در گذشته این مشعل در جوشکاری مورد استفاده بوده است. (شکل ۱۴)

جنس مشعل‌ها ممکن است از فلزات مختلف مثل برنج، آلومینیم یا فولاد زنگ نزن باشد.

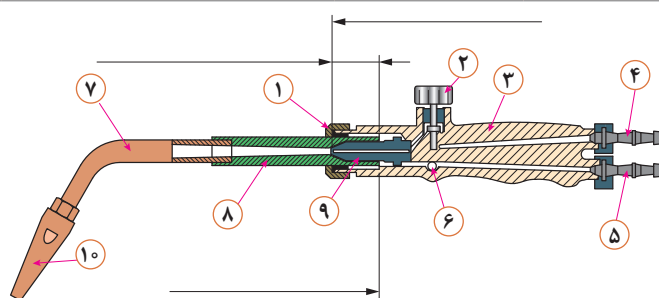
فشار ضعیف یا انژکتوری

در این مشعل‌ها گاز سوختنی و اکسیژن به وسیله انژکتور باهم مخلوط می‌شوند و فشار گاز سوختنی کم و فشار اکسیژن بیشتر است. امروزه این نوع مشعل‌ها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمل مخلوط شدن گاز اکسیژن با گاز سوختنی در سر مشعل انجام می‌شود. انژکتور دارای سوراخ ریزی در وسط بوده که اطراف آن روزنه‌هایی به شکل تاج دایره تعبیه شده است. مزیت اصلی مشعل فشار ضعیف یا انژکتوری این است که می‌توان از فشار کم استیلن استفاده کرد.

کار کلاسی



با توجه به شماره گذاری، روی شکل ۱۵ جدول زیر را تکمیل نمایید.



شکل ۱۵- شماتیک دسته مشعل و سرمشعل جوشکاری

شماره	نام	شماره	نام
	نازل انژکتور		لوله اختلاط گازها
	نازل مخلوط کننده		مهره اتصال
	سر مشعل		شیر اکسیژن
	شیر گاز سوختنی		محل اتصال شیلنگ اکسیژن
	محل اتصال گاز سوختنی		دسته

همراه هر دسته مشعل چند سرمشعل جوشکاری با شماره‌های مختلف وجود دارد، سرمشعل‌ها دارای شماره‌هایی هستند که روی سرمشعل حک می‌شود و باتوجه به ضخامت ورق یا میزان مصرف گازها در ساعت شماره‌گذاری شده‌اند. (جدول ۴).

جدول ۴- شماره انتخاب مشعل با توجه به ضخامت ورق

			
مصرف استیلن (لیتر در ساعت)	۱۵۰	۳۰۰	۵۰۰
ضخامت ورق (میلی‌متر)	۱	۲ تا ۴	۶ تا ۴
شماره مشعل (میلی‌متر)	۱-۲	۲-۴	۴-۶

تجهیزات جانبی در فرایند اکسی استیلن



محافظت از چشم در مقابل نور شعله



تمیز کاری سوراخ سرمشعل



برای روشن کردن مشعل

شکل ۱۶

با توجه به نوع کار از عینک با شیشه مختلف استفاده می‌شود.

جدول ۵- شماره شیشه عینک و ماسک جوشکاری

شماره شیشه	موارد استفاده	درصد اشعه‌های عبوری از شیشه		
		نور مرئی	فرو سرخ	فرابنفش
۲	انعکاس نور شدید و گرم کاری	۲۸	۰/۸۷	۱۰/۷۵
۳	لحیم نرم با شعله	۱۶	۰/۴۳	۱۰/۳۵
۴	لحیم سخت با شعله استیلن	۶/۵	-	۰/۰۹۷
۵	جوشکاری و برشکاری استیلن (سبک)	۲	-	۰/۰۴۶
۶	استاندارد جوشکاری استیلن	۰/۸	-	-

نکته



ایمنی در جوشکاری اکسی سوخت

اجرای قواعد و مقررات حفاظت فنی و ایجاد شرایط ایمن در کار یکی از مهم ترین و اساسی ترین موضوعاتی است که هر شخص باید قبل از شروع کار با آن آشنا بوده و با مطالعه و بررسی همه جانبه محیط شروع به کار نماید. در کارگاه جوشکاری یک گاز سوختنی و گاز اکسیژن در کنار هم قرار دارند. کمترین بی توجهی، آتش سوزی و انفجار را موجب می شود.

آلودگی های گازی

از سوختن گازها در جوشکاری و برشکاری آلودگی های گازی تولید می شود که در جدول ۶ به برخی از آنها اشاره شده است.

جدول ۶

نوع آلودگی	مشخصات و عوارض آلودگی
بخارات فلزی	در اثر دمای زیاد شعله، فلزات تبخیر شده و بخارات فلزی تولید می کنند. استنشاق بخارات فلزی می تواند همانند جوشکاری ورق های گالوانیزه موجب تب بخارات فلزی گردد.
گاز CO_2	گاز کربنیک از هوا سنگین تر بوده و فضای جوشکاری را اشغال کرده و اکسیژن هوا هم صرف سوختن گاز در مشعل می شود و باعث می شود اکسیژن کافی در محل جوشکاری نباشد.
گاز CO	این گاز موجب سرگیجه، تهوع، تاری چشم، خواب آلودگی و مسمومیت شود.

استفاده از سیستم تهویه عمومی و تهویه موضعی الزام آور است و باید دود و غبار ناشی از این فرایند از محیط اطراف جوشکار دور گردد.

رعایت نکات ضروری در کارگاه جوشکاری اکسی گاز:

- هرگونه تماس چربی و روغن با کپسول اکسیژن باعث انفجار می شود.
- جلو و پشت درهای خروج اضطراری مانعی نباشد.
- کپسول های آتش نشانی و شیلنگ های آب و ظرف شن مخصوص آتش نشانی در دسترس باشند.
- قبل از روشن کردن مشعل اطراف محل کار را از مواد سوختنی پاک کنید.
- از جوشکاری سطوح رنگ شده خودداری نمایید.
- وجود سیم های سیار برق در کنار شیلنگ های گاز خطرناک است.
- در هنگام آتش سوزی شیرفلکه گازها را بسته و مواد قابل اشتعال را از محل دور کنید.



تجهیزات فردی مورد نیاز هنگام جوشکاری با شعله اکسی سوخت

در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

لباس کار، پیش بند چرمی، دستکش چرمی، کفش چرمی، پای بند، عینک جوشکاری و تجهیزات کلاه ایمنی

شکل ۱۷- تجهیزات ایمنی فردی در جوشکاری اکسی استیلن

ایمنی فردی



شیلنگ ها و اتصالات

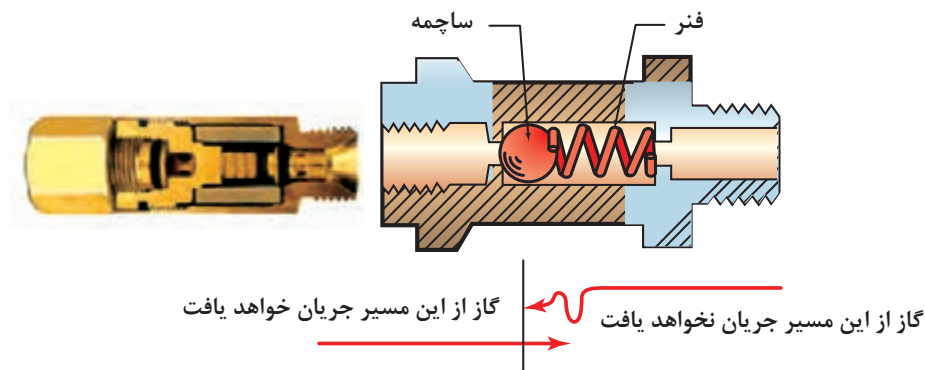
شیلنگ های جوشکاری به صورت چسبیده به هم و یکپارچه است که شیلنگ دوقلو نامیده می شوند. رنگ شیلنگ گازها سوختنی قرمز و اکسیژن سبز یا آبی رنگ می باشد.

شیلنگ های جدا از هم را در چند نقطه با نوار چسب به هم متصل کنید. البته نوار نباید کل طول شیلنگ را بپوشاند.

نکته



شیر یک طرفه Check valve	شیر یک طرفه پشت مشعل در مسیر ورودی گازها بسته می شود و به طور مؤثری از معکوس شدن جریان جلوگیری می نماید.
بازدارنده برگشت شعله Flash back	در خروجی رگولاتور نصب شده و مانع از کشیده شدن شعله به داخل کپسول یا سیستم تأمین سوخت می شود (شکل ۱۸)
پس زدن عمقی Flash back	شعله از مشعل عبور نموده و به شیلنگ ها و کپسول ها می رسد که می تواند باعث انفجار کپسول و ترکیدن شیلنگ شود.
پس زدن سطحی Back fire	شعله روشن به داخل مشعل کشیده شده و با یک صدای بنگ همراه است. چنانچه سوختن گاز در داخل مشعل ادامه یابد، با یک صدای هیس همراه می شود و باعث ذوب شدن قسمت های انژکتوری مشعل می شود.



شکل ۱۸

مراحل آماده سازی یک سیستم جوشکاری سیار اکسی استیلن

این مراحل به ترتیب می باشند که در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- مراحل آماده سازی

		
نصب رگولاتور کپسول ها ابتدا با دست سپس با آچار مخصوص و باز کردن پیچ تنظیم فشار آنها برای جلوگیری از صدمه به فشارسنج	برداشتن کلاهک محافظ شیر کپسول و باز و بسته کردن نیم دور شیر کپسول جهت خارج کردن گردوغبار دهانه شیر	قرار دادن کپسول اکسیژن و استیلن پُر روی ارابه و مهار آن با زنجیر.
 	 	 
بستن شیرهای دسته مشعل و باز کردن شیر کپسول ها و تنظیم فشار خروجی و نشت یابی محل اتصالات با کف صابون	نصب فلاش بک در انتهای شیلنگ قبل از دسته مشعل	اتصال شیلنگ ها به خروجی رگولاتورها

نکات فنی هنگام آماده سازی و راه اندازی سیستم جوشکاری اکسی استیلن

- به هیچ وجه اتصال کلاهک، به کپسول های اکسیژن را روغن کاری یا گریس کاری نکنید، زیرا باعث ترکیب با اکسیژن شده و انفجار رخ می دهد. همچنین در باز و بستن کپسول اکسیژن به هیچ عنوان از ابزاری که به چربی آلوده باشند، استفاده نکنید.
- هنگام بستن رگولاتور به کپسول مراقب باشید از نوار تفلون استفاده نشود، روغن کاری نشود، پیچ دنده به دنده بسته نشود و کامل سفت شود. ابتدا با دست مهره را ببندید سپس با آچار سفت کنید.
- توجه داشته باشید که هنگام باز کردن شیر کپسول اکسیژن مقابل آن قرار نگیرید که اگر احتمالاً دنده به دنده سفت شده باشد و دنده خراب باشد با فشار زیاد پرتاب می شود و به صورت برخورد می کند و محل اتصال رگولاتور به کپسول را، جهت کنترل نشتی با آب صابون کنترل کنید و در صورت نشتی، با آچار کمی مهره رگولاتور را سفت کنید و مجدداً آزمایش نشتی انجام گیرد تا رفع نشتی شود.
- از تعمیر شیلنگ های آسیب دیده با نوار چسب و امثال آن خودداری کنید. باید اقدام به تعویض آنها گردد و از شیلنگ نو استفاده شود. در نهایت شیر فلکه های گاز را بسته و شیلنگ ها را جمع آوری کنید و محل کار را تمیز کرده و وسایل را به انبار تحویل دهید.
- برای جلوگیری از اشتباه بستن رگولاتورها مهره را چپ گرد یا راست گرد طراحی می کنند. مهره رگولاتور اکسیژن راست گرد، اما مهره رگولاتور استیلن چپ گرد است، چون استیلن یک گاز سوختنی است و این نکته ایمنی در مورد تمام کپسول های گاز قابل اشتعال وجود دارد.
- شیلنگ های نو به پودر تالک آغشته هستند برای خارج کردن پودر از هوای فشرده استفاده کنید. (شکل ۱۹)



شکل ۱۹



شکل ۲۰

- مهره سرشیلنگی گاز استیلن دارای یک شیر در وسط است و دارای رزوه چپ گرد است که در جهت عکس حرکت عقربه های ساعت محکم می شود. برای تعویض یا نصب سرشیلنگ، ابتدا شیلنگ را به صورت سرتخت ببرید. بست با اندازه برابر شیلنگ انتخاب شود. پستانک و مهره را به بدنه مشعل پیچ کنید. (شکل ۲۰)



آماده‌سازی و راه‌اندازی یک سیستم جوشکاری سیار اکسی‌استیلن

مراحل انجام کار: با رعایت کلیه نکات ایمنی و به ترتیب مراحل را با نظارت و نظر هنرآموز محترم خود انجام دهید و در پایان بعد از راه‌اندازی حتماً تست نشت‌یابی اتصالات را انجام دهید. مراحل را در فرم راه‌اندازی ثبت نمایید.

شرایط محل انجام کار: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی) تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار: جوشکاری که شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک جوشکاری، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشتی را تهیه کنید. تجهیزات فنی: کپسول‌های اکسیژن و استیلن، یک عدد رگولاتور اکسیژن و یک عدد رگولاتور استیلن، شیلنگ هدایت‌کننده اکسیژن و استیلن، مشعل جوشکاری، آچار مخصوص بستن مهره رگولاتور، دو عدد شیر اطمینان و دو عدد بازدارنده برگشت شعله.

فرم ثبت مراحل راه‌اندازی تجهیزات اکسی‌استیلن	
شماره	شرح آماده‌سازی
۱	
۲	
۳	
۴	
۵	
۶	
۷	
۸	
۹	
۱۰	

دستورالعمل روشن کردن مشعل

- با لباس کار مجهز شوید و وسایل ایمنی فردی و ابزار و وسایل کار را از انبار دار تحویل گرفته و با رعایت نکات ایمنی مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.
- پیچ تنظیم رگولاتور را در جهت عکس عقربه‌های ساعت بچرخانید و کاملاً باز کنید.
 - شیر فلکه اکسیژن را به آرامی ابتدا نیم دور و سپس چند دور باز کنید.
 - پیچ تنظیم فشار رگولاتور را بچرخانید تا فشار ۳ بار را نشان دهد.
 - شیر خروجی اکسیژن از مشعل را ببندید. فشار کار را زمانی دقیق می‌توان تنظیم نمود که گاز در حال مصرف باشد.
 - پیچ تنظیم فشار استیلن روی رگولاتور را کاملاً باز کنید (در جهت خلاف عقربه‌های ساعت)
 - شیر خروج گاز استیلن از رگولاتور به شیلنگ باز باشد.
 - به آرامی شیر فلکه کپسول را در حد نیم دور باز کنید.
 - با یک دست مشعل و با دست دیگر پیچ تنظیم رگولاتور را سفت کنید تا مانومتر عدد ۱ الی ۱/۵ بار را نشان دهد.
 - شیر استیلن را به آرامی باز و فندک بزنید. به خاطر سوختن ناقص، استیلن همراه با دود است.
 - شیر اکسیژن را به آرامی باز کنید تا شعله کوتاه‌تر و دارای سه قسمت شود.

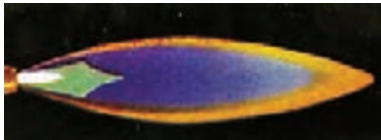
نکته

برای خاموش کردن شعله ابتدا شیر استیلن بسته شود و سپس اقدام به بستن شیر اکسیژن می‌شود. جهت اطمینان از خاموش شدن شعله یک و نیم دور شیر اکسیژن را باز و بسته می‌کنیم.

ویژگی انواع شعله در جوشکاری

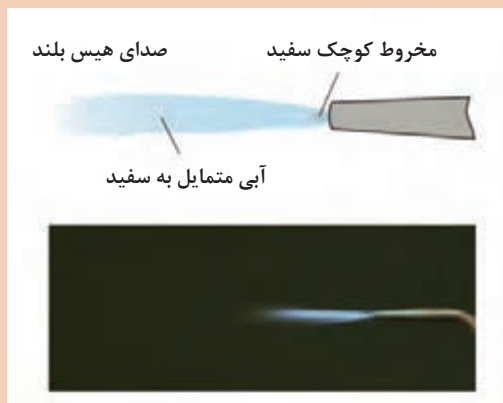
سه نوع شعله کاربردی در فرایند جوشکاری اکسی سوخت وجود دارد که در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸ - شعله

نوع شعله	شکل شعله	ویژگی و کاربرد
شعله خنثی		بیشترین کاربرد را برای جوشکاری فولادها و همچنین گرم کاری دارد.
شعله احیاء		دمای کمتر و جوشکاری فلزات رنگین و چدن
شعله اکسیدی		مناسب برای قطعات برنجی و آلیاژهای روی



روشن کردن مشعل، تنظیم شعله و خاموش کردن آن



تنظیم شعله اکسیدی



تنظیم شعله احیا (کربن ده)

مراحل انجام کار

شیر اکسیژن را یک چهارم دور باز کرده و شیر استیلن را نیم دور باز کرده و با فندک مخصوص شعله سر مشعل روشن می شود در این حال شعله در سر مشعل بدون آنکه دوده در فضای کارگاه منتشر گردد روشن می شود، حال می توان شعله مورد نیاز را تنظیم کرد.

■ **تمرین تنظیم شعله احیا:** در ابتدا شعله زرد رنگ است و کمی دوده دارد، یعنی اکسیژن کافی برای سوختن کامل به شعله نمی رسد اگر کمی گاز اکسیژن را بیشتر باز کنید شعله ای بدون دود و زرد رنگ خواهیم داشت. این شعله هنوز اندکی استیلن اضافی دارد و کربن ده است برای روکش کاری سخت بر روی فولادها به کار می رود.

■ **تمرین تنظیم شعله خنثی:** پس از تنظیم شعله احیا به آرامی شیر اکسیژن را کمی بیشتر باز کنید تا میزان خروجی دو گاز استیلن و اکسیژن برابر شود. شعله خنثی دارای دو بخش است. این شعله برای جوشکاری فولادها مناسب است.

■ **تمرین تنظیم شعله اکسیدی:** پس از تنظیم شعله خنثی، اگر باز هم میزان اکسیژن را اضافه کنیم، در این حالت شعله اکسیدی است. چنین شعله ای برای جوشکاری قطعات برنجی و آلیاژهای روی مناسب است.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار: جوشکاری که شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک جوشکاری، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشتی را تهیه کنید.

تجهیزات فنی: سیستم جوشکاری اکسی استیلن - فندک جوشکاری



پس از خاموش کردن شعله، شیر کپسول‌ها را بسته و شیرهای روی دسته مشعل را باز کنید تا گازها خارج شوند.
پس از خروج گازها شیرهای روی دسته مشعل را بسته و پیچ تنظیم فشار دستگاه‌های تنظیم را کاملاً باز نمایید تا فشار از روی آنها برداشته شود.



در جدول زیر با توجه به شکل شعله در حین جوشکاری تأثیر شعله در فلز را بنویسید.

نوع شعله	شکل شعله در حین جوشکاری	تأثیر شعله در فلز
شعله احیایی		
شعله خنثی		
شعله اکسیدی		

عوامل مؤثر بر جوشکاری با شعله اکسی سوخت:

- اندازه سرمشعل: اندازه سرمشعل با توجه به عرض جوش و عمق نفوذ انتخاب می‌شود.

سایز بیشتر از حد سرمشعل نسبت به ضخامت ورق



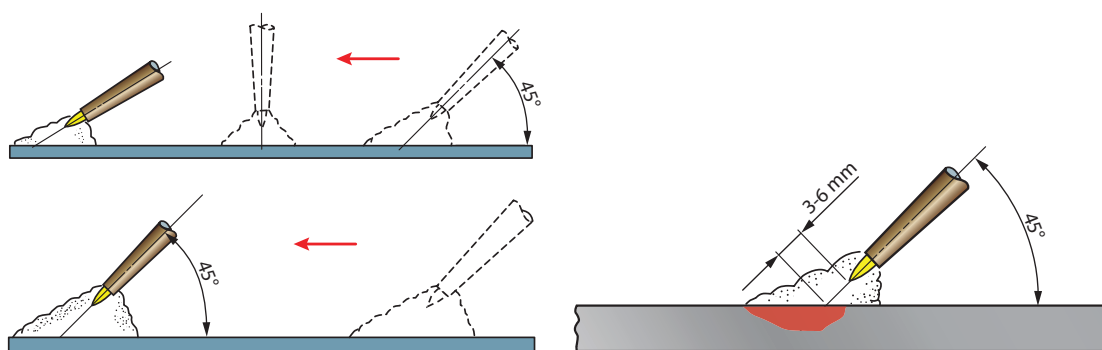
ناپایداری شعله، قطع و وصل شعله و پاشش مذاب

سایز کمتر از حد سرمشعل نسبت به ضخامت ورق



راندان پایین، ذوب و نفوذ ناقص

● **زاویه مشعل جوشکاری:** زاویه مشعل نسبت به قطعه کار، در سرعت ذوب و اندازه حوضچه مذاب تأثیر مستقیم دارد. زاویه ایده‌آل ۴۵ درجه است با افزایش زاویه به سمت زاویه ۹۰ درجه، نرخ گرمادهی افزایش می‌یابد و با کاهش زاویه به سمت صفر درجه، نرخ گرمادهی کاهش می‌یابد و عمق نفوذ جوش را متأثر می‌کند. فاصله بین مخروط داخلی و قطعه کار باید ۳ تا ۶ میلی‌متر باشد. (مطابق شکل ۲۱)

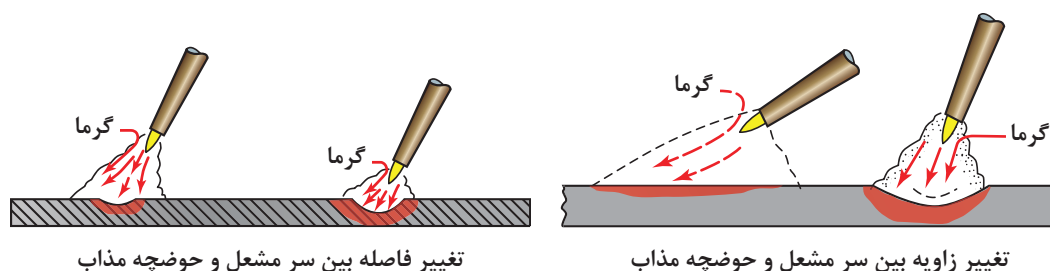


شکل ۲۱

قطر سیم جوش

قطر سیم جوش و حرکات دستی مشعل می‌تواند مشخصات مهره جوش را کنترل کند. همان‌طور که سرمشعل با توجه به ضخامت قطعه کار تعیین می‌شود قطر سیم جوش تابع ضخامت ورق مورد جوشکاری است.

اگر فاصله نازل مشعل با حوضچه کم شود احتمال مسدود شدن نازل، پاشش زیاد و خطر پس زدن شعله وجود دارد با افزایش فاصله نرخ گرمادهی کاهش می‌یابد. (شکل ۲۲)

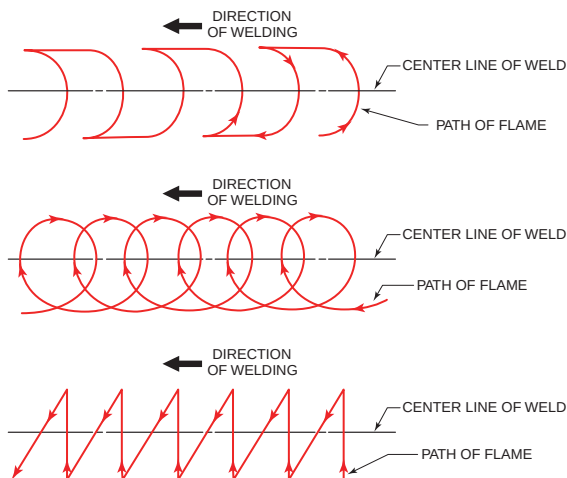


شکل ۲۲

نکته



تکنیک انجام کار



شعله را در ابتدا بین دو خط سنبه نشان زده شده تحت زاویه ۶۰-۷۰ درجه به کار نزدیک کنید به صورتی که فاصله نوک مشعل تا قطعه کار ۳ تا ۶ میلی متر باشد. (شکل ۲۳)

شکل ۲۳

برای گرم کردن فلز پایه پیش از ایجاد حوضچه مذاب، مشعل به صورت دایره‌ای حرکت داده شود. این نوع حرکت سبب پخش یکنواخت گرما می‌شود. وقتی که فولاد ذوب و شروع به حرکت کرد، می‌توان حوضچه مذاب ایجاد شده را هدایت کرد. توجه داشته باشید مذاب به جلو هدایت شود. به نحوی که مذاب در جلوی نوک مشعل باشد. سرعت پیشروی و حوضچه مذاب باید کنترل شود. مشعل باید به فلز نزدیک شود و هرگاه مشاهده شد که سوراخی در حال ایجاد است به سرعت مشعل را باید به عقب کشید. با تمرین و تکرار می‌توان توانایی کنترل مشعل روی قطعه کار و تکنیک حرکت و پیشروی را به خوبی فرا گرفت.

نکته

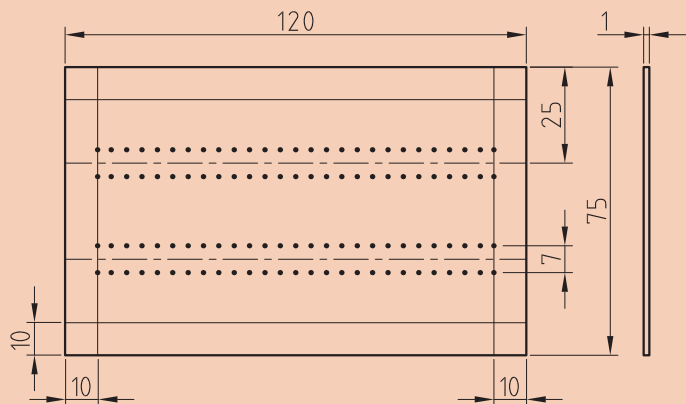


ایجاد و حفظ حوضچه مذاب روی ورق فولادی

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشتی را تهیه کنید.



نقشه قطعه کار خط کشی شده

کار کارگاهی



تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده مواد مصرفی ورق فولادی St37 به ابعاد $120 \times 75 \times 1$ میلی متر

مراحل انجام کار

- با استفاده از نقشه، قطعه کار را خط کشی کرده و با سنبه نشان علامت بزنید.
- سرمشعل مناسب ذوب سطحی با توجه به ضخامت ورق انتخاب کنید و آن را روی مشعل ببندید.
- فشار کپسول های اکسیژن و استیلن را با توجه به جداول استاندارد تنظیم کنید.
- مشعل را روشن و شعله خنثی را تنظیم کنید.
- مشعل را با یکی از الگوهای هلالی، دایره ای یا زیگزاگ، روی ورق فولادی به حرکت درآورید.
- در پایان تمرین ذوب سطحی مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول های گاز یا شیر خط لوله های گاز را ببندید، شیلنگ ها را جمع آوری کنید و قطعه کار را برس زده و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.

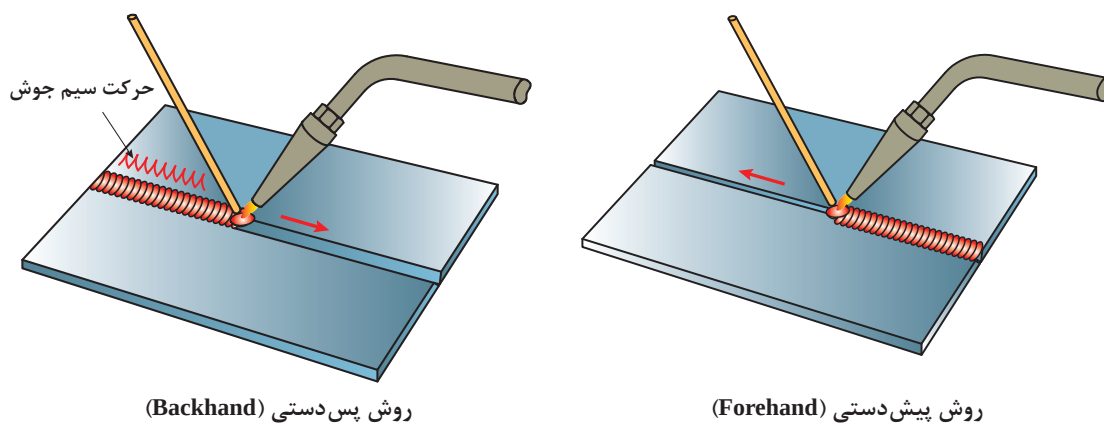
اصول جوشکاری اکسی گاز با سیم جوش در حالت تخت

در جوشکاری با شعله و سیم جوش، دو روش متفاوت وجود دارد.

● روش پیش دستی

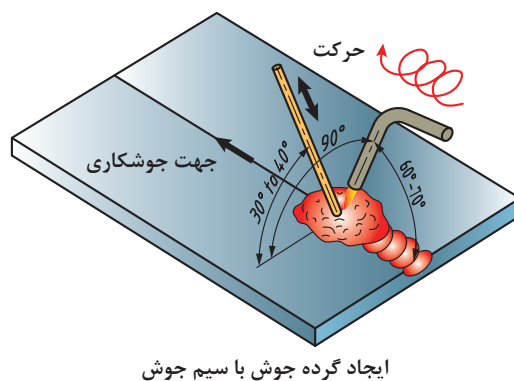
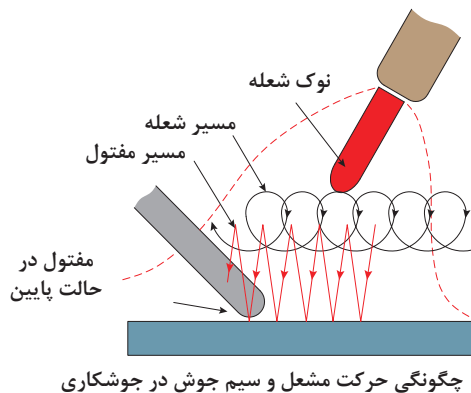
● روش پس دستی

منظور از ذکر اصطلاحاتی مانند پیش دستی و پس دستی، مشخص کردن امتداد نوک مشعل نسبت به امتداد خط جوش است. (شکل ۲۴)



شکل ۲۴

روش پیش‌دستی در جوشکاری اکسی سوخت: در جوشکاری با روش پیش‌دستی، نوک مشعل باید در امتداد خط جوش باشد. به این ترتیب می‌توان فلز پایه را پیش گرم کرد، تا در هنگام ایجاد خط جوش، حوضچه مذاب به آسانی تشکیل شود. برای استفاده از سیم جوش همچنان که حوضچه مذاب را در طول درز جوش به جلو می‌رانید، سیم جوش را باید به‌طور یکنواخت در حوضچه مذاب فرو و بیرون آورد تا خط جوش یکنواختی ایجاد شود. (شکل ۲۵)



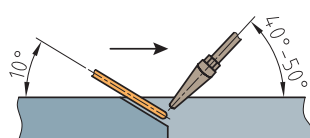
شکل ۲۵



شکل ۲۶

در نتیجه برجستگی جوش کمتر است و چون گرمای شعله بلافاصله از محل منجمد شدن مذاب دور می‌شود جوش سریع‌تر سرد می‌شود. این روش برای جوشکاری ورق‌های نازک تا ضخامت ۳ میلی‌متر مناسب است. (شکل ۲۶)

روش پس‌دستی در جوشکاری اکسی گاز: در این روش شعله بر روی جوش رسوب داده شده، متمرکز است و سیم جوش بین شعله و جوش قرار دارد. از این روش بیشتر برای جوشکاری قطعات ضخیم که نیاز به آماده‌سازی از قبیل پخش‌سازی دارند استفاده می‌شود.



شکل ۲۷- جهت حرکت مشعل و سیم جوش و زوایای جوشکاری

روش پس‌دستی از نظر صرفه‌جویی در زمان، مصرف اکسیژن و استیلن مقرون به صرفه است. از طرفی چون شعله به طرف درز تازه جوشکاری شده است آرام‌تر نیز سرد می‌شود، اغلب مواقع خواص جوش را بهبود می‌بخشد و از طرف دیگر به نفوذ بیشتر جوش و افزایش استحکام منجر می‌شود. این روش در تمام وضعیت‌ها قابل اجرا است. (شکل ۲۷)

انتخاب سیم جوش مناسب برای جوشکاری اکسی گاز

قطر سیم جوش تابع ضخامت ورق است و قطر آن را به اندازه یک میلی متر بیشتر از نصف ضخامت ورق در نظر می گیرند. به عبارت دیگر خواهیم داشت.

$$d = \frac{e}{2} + 1$$

در این رابطه d قطر مفتول (سیم جوش) و e ضخامت ورق بر حسب میلی متر است. به جدول ۹ مراجعه نمایید. طبقه بندی سیم جوش ها براساس ترکیب شیمیایی انجام می شود. قطر مفتول های جوشکاری گاز معمولاً ۱/۶، ۲، ۲/۵، ۴، ۵ میلی متر است و طول آنها تا ۱ متر هم می رسد.

جدول ۹- وابستگی عوامل گوناگون به ضخامت ورق برای جوش لب به لب در وضعیت تخت

	ضخامت ورق (میلی متر)	شماره سربک	قطر سیم جوش (میلی متر)	زمان متر بر دقیقه	مواد مصرفی در یک متر جوشکاری	
					گاز استیلن به لیتر	گاز اکسیژن به لیتر
پیش دستی	۱	۱۰۰	۲	۵	۸/۵	۱۰
	۱/۵	۱۴۰	۲	۷/۵	۱۹	۲۲
	۲	۲۰۰	۳	۱۰	۳۵	۴۲
پس دستی	۱	۱۰۰	۲	۳	۵	۶
	۱/۵	۱۴۰	۲	۴/۳	۱۱	۱۳
	۲	۲۰۰	۳	۵	۱۸	۲۲

هنرجویان عزیز با استفاده از جدول ۹ برای جوشکاری ورق با ضخامت ۲mm به دو روش پیش دستی و پس دستی مقدار گازهای مصرفی و زمان جوشکاری را مقایسه نمایید.

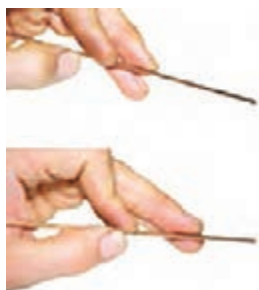
کار کلاسی





- سرعت جوشکاری از حد معینی نمی‌تواند تجاوز کند، همچنین قطر مفتول از حد معینی نمی‌تواند بیشتر شود، چون به راحتی ذوب نمی‌شود.
- سیم جوش‌های مصرفی در فرایند اکسی سوخت اغلب به صورت سیم‌های بریده شده با طول‌های استاندارد یا بنا به سفارش مصرف‌کننده با قطرهای مختلف $1/6$ تا 4 میلی‌متر می‌باشند.
- برای جلوگیری از زنگ‌زدگی سیم در هنگام انبارداری سطح آن را با یک لایهٔ مسی روکش می‌کنند.

اجرای عملی تکنیک پیش‌دستی

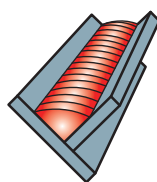


شکل ۲۸

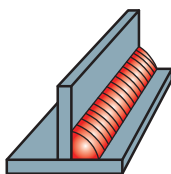
در این حالت زاویه بین سیم جوش و شعله 90° درجه و زاویه بین مشعل و قطعه کار 60° - 70° درجه است. سیم جوش را در محل ذوب تحت زاویه 30° - 40° درجه، در حوضچه مذاب قرار دهید تا قسمتی از آن ذوب شود و با حرکت دادن مشعل خط جوش را کامل کنید و در وسط خط جوش‌ها باز هم گرده جوش ایجاد کنید تا مهارت کافی را به دست آورید. (شکل ۲۸)

وضعیت‌های مختلف در جوش گوشه

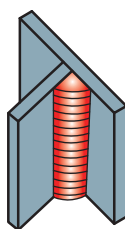
وضعیت‌های مختلف جوشکاری گوشه بر روی سپری در شکل ۲۹ نشان داده شده است



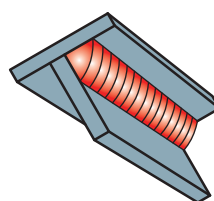
Flat
Position
1 F
وضعیت تخت



Horizontal
Position
2 F
وضعیت افقی



Vertical
Position
3 F
وضعیت عمودی

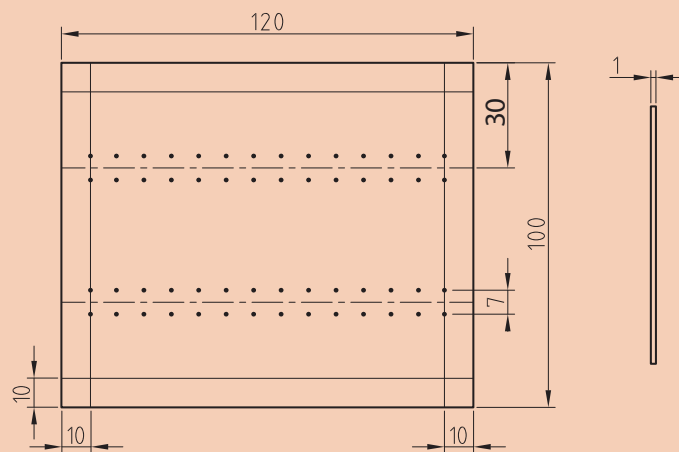


Overhead
Position
4 F
وضعیت بالای سر (سقفی)

شکل ۲۹



ایجاد خط جوش و گرده سازی بر روی ورق فولادی به روش پیش دستی در حالت تخت



نقشه قطعه کار

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار پنبه ای، کفش ایمنی، دستکش چرمی، پیش بند چرمی، کلاه ایمنی سبک، عینک جوشکاری گاز شماره ۴، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

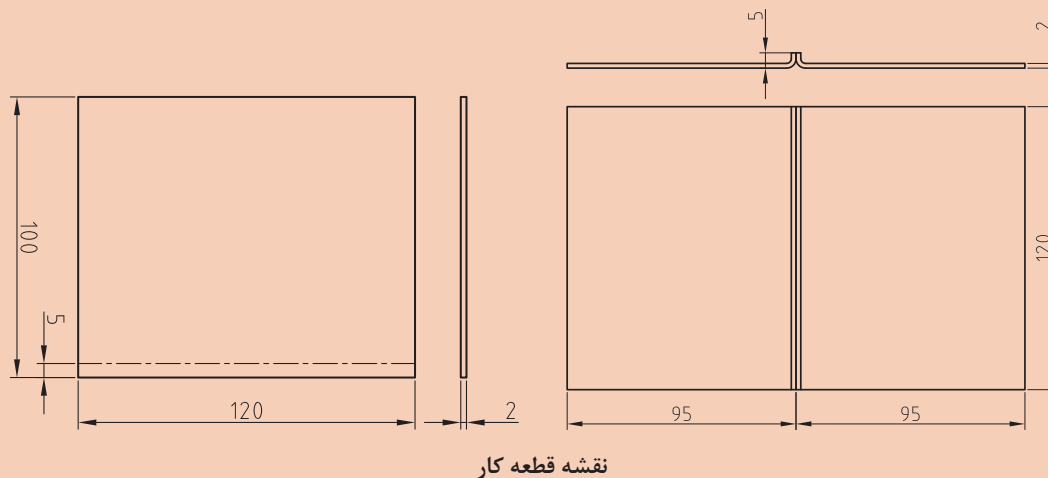
مواد مصرفی: ورق فولادی St37 به ابعاد $120 \times 100 \times 2$ میلی متر

مراحل انجام کار

- طبق نقشه، قطعه کار را خط کشی نمایید سپس به وسیله سنبه و چکش بر روی دو خط که به فاصله ۷ میلی متر از هم قرار دارند علامت گذاری نمایید.
- قطعه را مطابق شکل در حالت تخت بر روی میز کار قرار دهید. با استفاده از سیم جوش مناسب بین دو خط را، که به فاصله ۷ میلی متر از هم قرار دارند، به روش پیش دستی از راست به چپ جوشکاری نمایید.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



ایجاد گرده جوش با روش لب برگردان



شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشی را تهیه کنید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ورق فولادی St37 به ابعاد $120 \times 100 \times 2$ میلی متر و سیم جوش

اجرای عملی تکنیک انجام کار

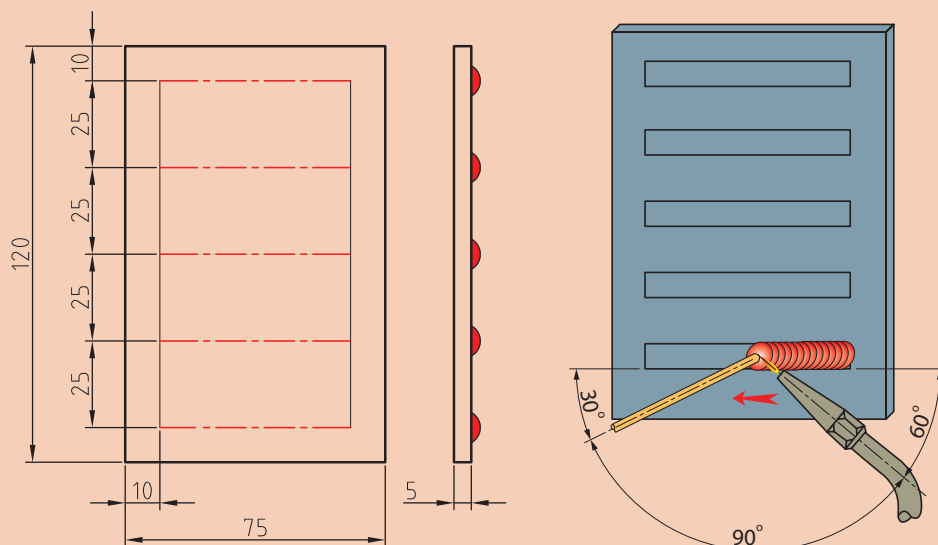
پس از تنظیم شعله خنثی، مشعل را در ابتدای لبه های برگشته با زاویه $60-70$ درجه به کار نزدیک کنید و نوک مشعل به اندازه ۳ تا ۵ میلی متر از سطح کار قرار گیرد. برای گرم کردن فلز پایه، پیش از ایجاد حوضچه مذاب، مشعل را به صورت دایره ای به حرکت درآورید. پس از تشکیل مذاب شروع به حرکت نموده و با ذوب لبه های برگشته، حوضچه مذاب را هدایت کنید.

مراحل انجام کار

- طبق نقشه، قطعه کار را خط کشی نمایید.
- لبه های قطعات را مطابق نقشه خط کشی شده به صورت 90 درجه خم نموده و کنار هم قرار دهید.
- ابتدا و انتهای کار را خال جوش بزنید.
- در پایان تمرین مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول های گاز یا شیر خط لوله های گاز را ببندید، شیلنگ ها را جمع آوری کنید و سپس قطعه کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



ایجاد خط جوش در حالت افقی روی ورق فولادی



نقشه قطعه کار

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی) تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشستی را تهیه کنید. تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میزکار.

مواد مصرفی: ورق St37 به ابعاد $120 \times 75 \times 5$ میلی‌متر و سیم جوش مسوار G11 - G1 سایز ۲ میلی‌متر

اجرای عملی تکنیک انجام کار

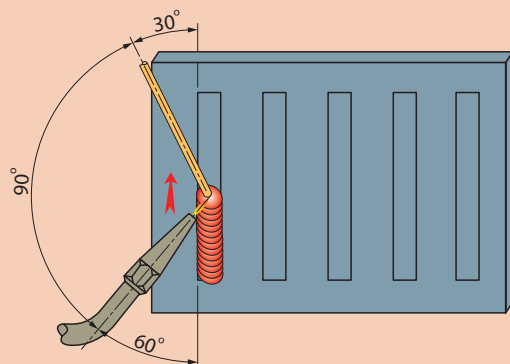
در این حالت زاویه بین مشعل و قطعه کار 60° درجه و زاویه بین قطعه کار و سیم جوش 30° درجه است. مشعل و سیم جوش نسبت به صفحه افقی زاویه 75° درجه می‌سازد تا مذاب به پایین سرازیر نشود و ریزش نکند. عمل جوشکاری را تا انتهای خط جوش انجام دهید.

مراحل انجام کار

- طبق نقشه، قطعه کار را خط‌کشی نمایید.
- جوشکاری در حالت افقی به نحوی است که درز اتصال در صفحه قائم قرار گرفته و خط جوش در امتداد افق است. در این حالت مذاب میل به سرازیر شدن دارد، در نتیجه مشعل باید مایل به طرف زمین قرار گیرد تا مذاب به طرف پایین سرازیر نشود.
- در پایان تمرین ایجاد کرده مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول‌های گاز یا شیر خط لوله‌های گاز را ببندید، شیلنگ‌ها را جمع‌آوری کنید و سپس قطعه کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



ایجاد خط جوش در حالت عمودی بر روی ورق فولادی



نقشه قطعه کار



شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشتی را تهیه کنید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ورق st37 به ابعاد $120 \times 75 \times 5$ میلی متر و سیم جوش مسوار G11 - G1 سایز ۲ میلی متر

اجرای عملی تکنیک انجام کار

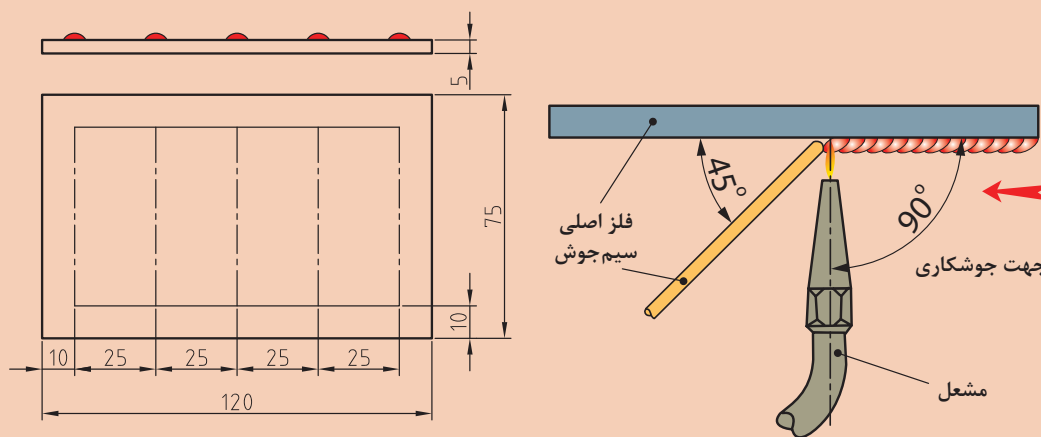
جوشکاری عمودی و جوشکاری بالای سر به مهارت بیشتری نیاز دارد، دلیل اصلی آن هم تأثیر جاذبه زمین بر روی مذاب فلزی است که در حوضچه مذاب شکل می گیرد. در جوشکاری عمودی جوشکار باید با جابه جا کردن شعله، از حجیم شدن مذاب جلوگیری کند.

مراحل انجام کار

- قطعه کار را مطابق نقشه، کار کارگاهی شماره ۶ خط کشی کنید.
- ثابت بودن سرعت جوشکاری
- مشعل با کار زاویه ۶۰ درجه داشته باشد.
- سرعت جوشکاری نباید کم و نباید زیاد باشد زیرا سرعت کم پیشروی باعث بزرگ شدن حوضچه مذاب می شود و سرعت زیاد جوشکاری موجب می شود نفوذ کافی در جوش به وجود نیاید.
- عمل جوشکاری را تا انتهای خط جوش انجام دهید.
- در پایان تمرین ایجاد کرده مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول های گاز یا شیر خط لوله های گاز را ببندید، شیلنگ ها را جمع آوری کنید و سپس قطعه کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



ایجاد خط جوش در حالت سقفی بر روی ورق فولادی



نقشه قطعه کار

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی) تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

تجهیزات: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار. مواد مصرفی: ورق St37 به ابعاد $120 \times 75 \times 5$ میلی متر و سیم جوش مسوار G11 - G1 سائز ۲ میلی متر

اجرای عملی تکنیک انجام کار

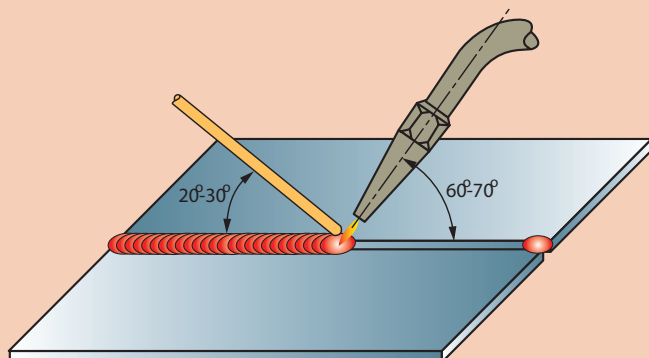
جوشکاری عمودی و جوشکاری بالای سر به مهارت بیشتری نیاز دارد، دلیل اصلی آن هم تأثیر جاذبه زمین بر روی مذاب فلزی است که در حوضچه مذاب شکل می گیرد. در جوشکاری عمودی جوشکار باید با جابه جا کردن شعله، از حجیم شدن مذاب جلوگیری کند.

مراحل انجام کار

- قطعه کار را مطابق نقشه، کار کارگاهی شماره ۶ خط کشی کنید.
- ثابت بودن سرعت جوشکاری
- مشعل با کار زاویه ۶۰ درجه داشته باشد.
- سرعت جوشکاری نباید کم و نباید زیاد باشد زیرا سرعت کم پیشروی باعث بزرگ شدن حوضچه مذاب می شود و سرعت زیاد جوشکاری موجب می شود نفوذ کافی در جوش به وجود نیاید.
- عمل جوشکاری را تا انتهای خط جوش انجام دهید.
- در پایان تمرین ایجاد کرده مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول های گاز یا شیر خط لوله های گاز را ببندید، شیلنگ ها را جمع آوری کنید و سپس قطعه کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



اتصال لب به لب



نقشه قطعه کار

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی متر و سیم جوش

مراحل انجام کار

- دو قطعه را کنار هم قرار داده و ابتدا و انتهای کار را خال جوش بزنید.
- شروع جوشکاری از سمت چپ به راست و ابتدا مشعل را با زاویه 90° درجه روی قطعه کار نگه دارید تا حوضچه مذاب ایجاد شود. بعد از تشکیل حوضچه زاویه سرمشعل را از 90° درجه به 60° الی 70° درجه تغییر دهید و سیم جوش را به درون حوضچه فرو ببرید. زاویه سیم جوش با قطعه کار 20° الی 30° درجه و زاویه بین سیم جوش و مشعل 90° درجه است.
- لبه کار را ذوب کرده و سیم جوش را مرتب وارد حوضچه مذاب نمایید تا مقداری از سیم جوش ذوب شده با مذاب لبه ها مخلوط شود و انجماد حاصل گردد و گرده جوش به وجود آید. مشعل باید حرکت دورانی داشته باشد و پهنای گرده جوش ایجاد می متناسب با قطر دایره دوران باشد.
- در پایان تمرین ایجاد کرده مشعل را خاموش کرده، فلکه کپسول های گاز یا شیر خط لوله های گاز را ببندید، شیلنگ ها را جمع آوری کنید و سپس قطعه کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.

جوشکاری گوشه



شکل ۳۰

از این روش برای جوشکاری مقاطع نازک، لوله‌ها، تیوب‌ها، گرم‌کاری و برشکاری استفاده می‌شود و در مواقعی که دسترسی به برق یا سایر روش‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد، انتخاب مناسبی است. در این فصل انواع طرح اتصال، تکنیک‌ها و مهارت‌های جوشکاری گوشه اکسی‌گاز معرفی شده است.

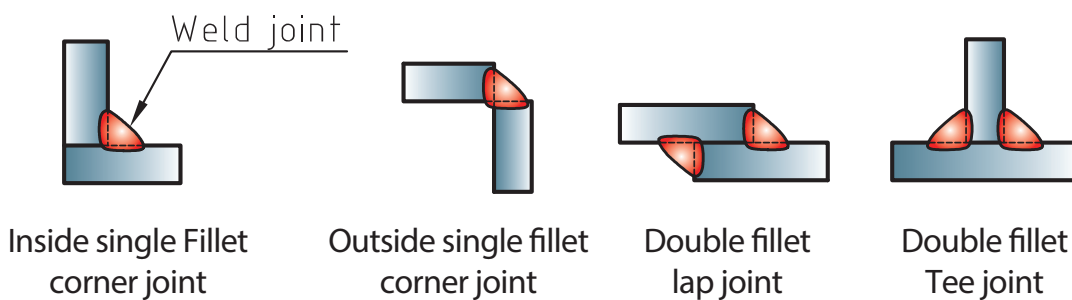
طرح اتصال

پنج نوع طرح اتصال در جوشکاری کاربرد دارد که از آنها نام برده شده است و در جدول ۱۰ طرح‌هایی که در اتصالات گوشه کاربرد دارند، نشان داده شده است.

جدول ۱۰

اتصال سر به سر	اتصال گوشه‌ای	اتصال لب روی هم	اتصال سه پری	اتصال پیشانی
Butt joint	Corner joint	Lap joint	T joint	Edge joint

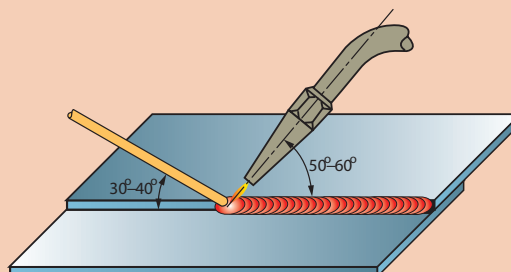
شماتیک نمونه‌ای از طرح اتصالات بعد از جوشکاری در شکل ۳۱ نشان داده شده است.



شکل ۳۱



جوش گوشه لب روی هم ورق های فولادی در وضعیت سطحی با روش پیش دستی



شکل ۳۲

شرایط انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت یابی، کلاه ساده نخي یا کتانی و عینک مناسب جوشکاری گاز را تهیه کنید.

ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش، چکش ساده، گونیا، گیره یا فیکسچر جوشکاری و قطعه فولادی جهت ثابت کردن قطعات را تهیه کنید.

مواد مورد نیاز: دو عدد ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 1/5$ میلی متر، سیم جوش

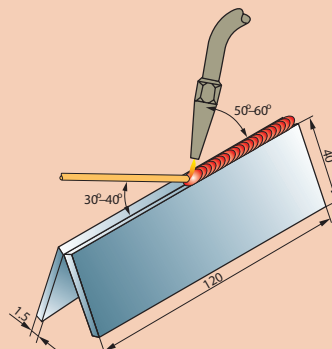
تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون کنترل نشتی را تهیه کنید.

مراحل انجام کار

- هر دو قطعه را مطابق شکل به صورت لب روی هم قرار داده و با شعله خنثی آنها را به هم خال جوش کنید. در صورت لزوم با چکش فلزی یا پلاستیکی کار را صاف کنید.
- در ابتدای درز جوش، حوضچه مذاب را ایجاد کرده و با ذوب سیم جوش درون حوضچه مذاب، درز اتصال را تا آخر جوش دهید به نحوی که لبه های بالایی در فلز جوش جا گرفته و سوختگی نداشته باشد.
- طرف دوم پشت کار را با استفاده از نظر هنرآموز خود جوش دهید.
- شعله را خاموش کنید و قطعه کار را برس زده و سپس بررسی کنید تا عیوبی از قبیل ریزش به سمت پایین، مک، خلل و فرج و بریدگی لبه های جوش نداشته و دارای گرده جوش یکنواختی در تمام خط جوش باشد.
- مطمئن شوید هر دو ورق هم زمان ذوب می شوند.
- مفتول جوشکاری باید به ورق بالایی اضافه شود. جاذبه، حوضچه مذاب جوش را به سمت پایین می کشد.



جوش گوشه خارجی در وضعیت تخت با روش پیش‌دستی



شکل ۳۳

شرایط انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت‌یابی، کلاه ساده نخ‌ی یا کتان‌ی و عینک مناسب جوشکاری گاز را تهیه کنید.

ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی‌استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط‌کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط‌کش، چکش ساده، گونیا، گیره یا فیکسچر جوشکاری و قطعه فولادی جهت ثابت کردن قطعات را تهیه کنید.

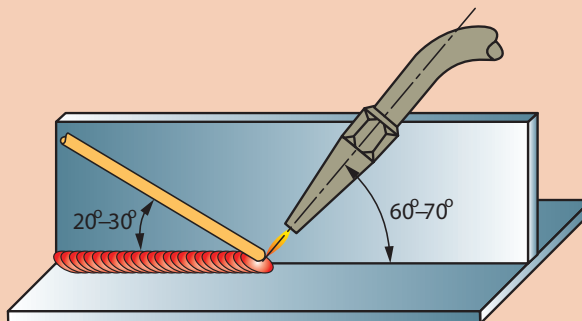
مواد مورد نیاز: دو عدد ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی‌متر، سیم جوش تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

مراحل انجام کار

- دو قطعه را مانند سقف شیب‌دار به هم تکیه دهید. می‌توانید از قطعات کمکی مانند نبشی برای نگه داشتن قطعات در هنگام خال جوش زدن استفاده کنید.
- دو سر درز اتصال را خال جوش بزنید.
- ابتدای جوشکاری، بایستی مشعل با قطعه کار زاویه 90° درجه تشکیل داده تا حوضچه مذاب به‌وجود آید. پس از تشکیل حوضچه مذاب زاویه مشعل با قطعه کار را از زاویه 90° درجه به 60° تا 70° درجه تغییر دهید و سیم جوش را به حوضچه مذاب اضافه نمایید. زاویه سیم جوش با قطعه کار 30° تا 40° و زاویه سیم جوش با مشعل در حدود 80° - 90° درجه خواهد بود.
- لبه‌های کار را ذوب کرده و سیم جوش را به‌طور مداوم به حوضچه اضافه نمایید تا اتصال جوش با گرده مناسب ایجاد شود. جوشکاری را تا انتهای درز جوش ادامه دهید و در انتهای کار کمی مکث نموده و با ذوب کردن مقدار بیشتری از سیم جوش در حوضچه مذاب، انتهای درز را از مذاب پر کنید تا چاله جوش به‌وجود نیاید.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



جوشکاری اتصال گوشه سه پری در وضعیت سطحی با روش پیش دستی



شکل ۳۴

شرایط انجام کار

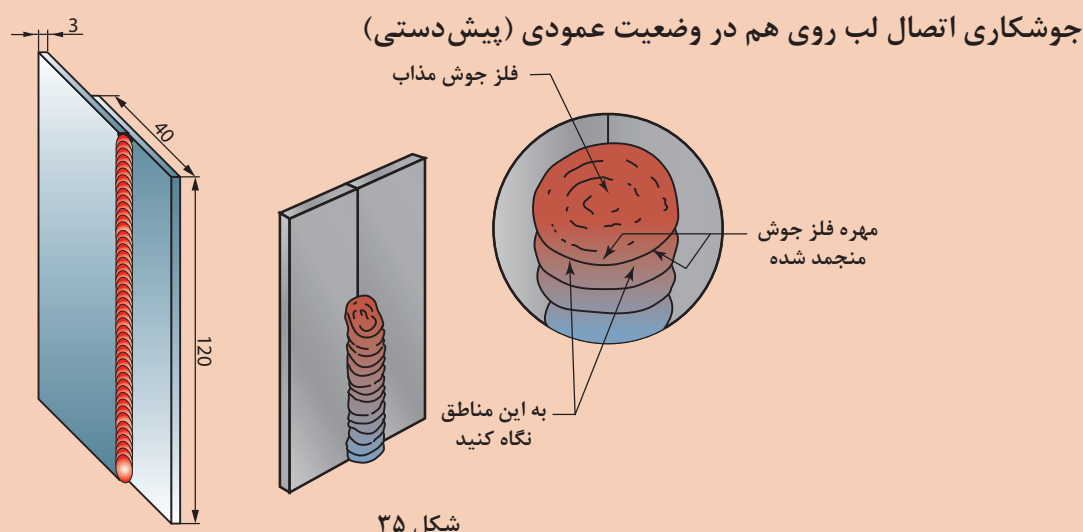
کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت‌یابی، کلاه ساده نخ‌ی یا کتان‌ی و عینک مناسب جوشکاری گاز را تهیه کنید.

ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی‌استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط‌کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط‌کش، چکش ساده، گونیا، گیره یا نگهدارنده ساخته شده از تسمه شیاردار F مانند تهیه شود.

مواد مورد نیاز: دو عدد ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی‌متر، سیم جوش تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

مراحل انجام کار

- به وسیله یک تسمه شکاف‌دار قطعه بالایی را نگه دارید. تسمه مانند یک وسیله ساده برای نگهداری قطعه کار F شکاف‌دار عمودی است که با راهنمایی هنرآموزان به راحتی می‌توان ساخت.
- ابتدا و انتهای قطعه را خال جوش بزنید. با چکش بر روی سندان لبه‌های دو قطعه را جفت نمایید تا فاصله‌ای بین دو لبه وجود نداشته باشد.
- جوشکاری را از سمت راست به چپ (اگر چپ دست هستید از سمت چپ به راست) شروع نمایید. در ابتدا مشعل با قطعه کار را از زاویه ۹۰ درجه به ۵۰-۶۰ درجه تغییر دهید و با تشکیل حوضچه جوش سیم جوش را در آن فرو ببرید. سیم جوش با قطعه کار در طول خط زاویه ۳۰-۴۰ درجه داشته باشد.
- جوشکاری را تا انتهای درز اتصال ادامه دهید و در انتها کمی مکث کنید تا چاله جوش پر شود.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



شرایط انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت‌یابی، کلاه ساده نخ‌ی یا کتان‌ی و عینک مناسب جوشکاری گاز را تهیه کنید.

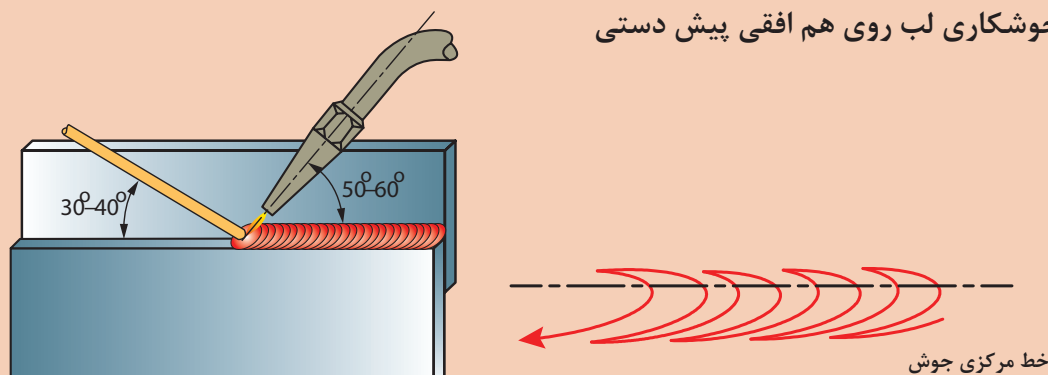
ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی‌استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط‌کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط‌کش، چکش ساده، گونیا، گیره فیکسچر مواد مورد نیاز: دو عدد ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی‌متر، سیم جوش مسوار G1-G11 سایز ۲ میلی‌متر تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

مراحل انجام کار

- دو قطعه را به اندازه حداقل ۴ برابر ضخامت روی هم قرار دهید ابتدا و انتهای دو قطعه را به هم خال جوش نمایید.
- قطعه کار را بر روی گیره به صورت عمودی ببندید.
- مشعل با قطعه کار زاویه ۹۰ درجه تشکیل دهد تا حوضچه مذاب به وجود آید. پس از تشکیل حوضچه مذاب سیم جوش را از بالا وارد حوضچه کنید. در موقع جوشکاری زاویه مشعل نسبت به کار ۴۵ درجه و زاویه سیم جوش با مشعل ۶۰ درجه باشد.
- در حین جوشکاری شعله را بر روی قطعه‌ای که در زیر است متمرکز کنید و از تمرکز شعله روی قطعه بالایی خودداری کنید زیرا باعث سوختگی لبه‌های قطعه کار می‌شود.
- جوشکاری را تا انتهای درز جوش ادامه دهید و در انتهای کار کمی مکث نمایید. با اضافه کردن سیم جوش به مذاب، چاله جوش را پر کنید.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



جوشکاری لب روی هم افقی پیش دستی



شکل ۳۶

شرایط انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت‌یابی، کلاه ساده نخی یا کتان و عینک مناسب جوشکاری گاز تهیه شود.

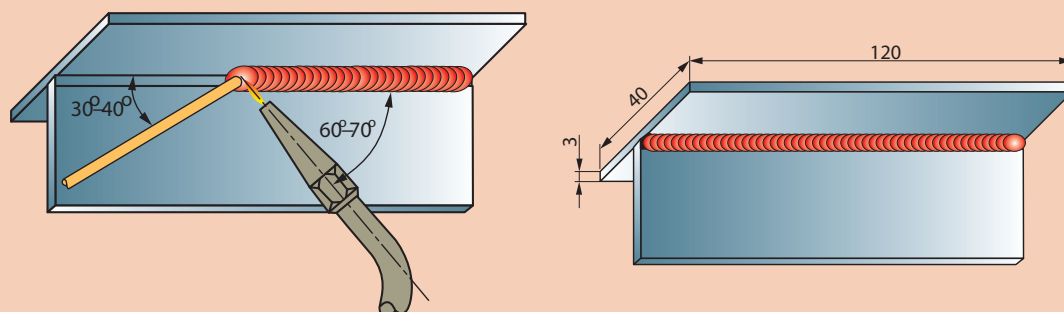
ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی‌استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط‌کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط‌کش، چکش ساده، گونیا، گیره فیکسچر مواد مورد نیاز: دو عدد ورق St37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی‌متر، سیم جوش مسوار G1-G11 سایز ۲ میلی‌متر تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

مراحل انجام کار

- دو قطعه را به اندازه حداقل ۴ برابر ضخامت روی هم قرار دهید ابتدا و انتهای دو قطعه را به هم خال جوش نمایید.
- قطعه را در گیره مناسب قرار دهید که درز جوش موازی سطح زمین و رو به رو به شما به نحوی قرار گیرد تا اجرای جوشکاری ساده و راحت باشد.
- جوشکاری را از سمت راست به چپ شروع کنید. در ابتدای جوشکاری، مشعل با قطعه کار زاویه ۹۰ درجه تشکیل می‌دهد تا حوضچه جوش به وجود آید. پس از تشکیل حوضچه مذاب سیم جوش را به درون حوضچه فرو ببرید تا گرده جوش مناسبی ایجاد گردد. میزان ذوب سیم جوش به ابعاد گرده جوش بستگی دارد.
- با توجه به زوایای داده شده لبه‌های کار را ذوب کنید و جوشکاری را تا انتهای درز جوش ادامه دهید و در انتهای کار کمی مکث کنید و با ذوب اضافی سیم جوش چاله جوش را پر کنید.
- جوشکاری را تا انتهای درز جوش ادامه دهید و در انتهای کار کمی مکث نمایید. با اضافه کردن سیم جوش به مذاب، چاله جوش را پر کنید.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.



جوشکاری سه پری ورق های فولادی در حالت سقفی با روش پیش دستی



شکل ۳۷

شرایط انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به سیستم ایمنی تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی و تجهیزات ایمنی شامل پیش بند چرمی، دستکش چرمی، ظرف آب و آب صابون جهت نشت یابی، کلاه ساده نخي یا کتانی و عینک مناسب جوشکاری گاز را تهیه شود.

ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: سیستم جوشکاری اکسی استیلن، انبر برای گرفتن قطعات داغ، سر مشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سر مشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش، چکش ساده، گونیا، گیره فیکسچر، پیشبند چرمی و سربند چرمی
مواد مورد نیاز: دو عدد ورق st37 به ابعاد $120 \times 40 \times 2$ میلی متر، سیم جوش مسوار G1-G11 سایز ۲ میلی متر
تجهیزات ایمنی برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

مراحل انجام کار

- قطعه کار را به وسیله نگه دارنده به صورت عمود برهم نگه دارید و ابتدا و انتهای اتصال را خال جوش بزنید.
- قطعه را به وسیله گیره در وضعیت سقفی محکم کنید به نحوی که قطعه های کار در مقابل سر شما قرار داشته باشد.
- شروع جوشکاری از سمت راست به چپ.
- برای ایجاد حوضچه مذاب ابتدا مشعل در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرد.
- پس از تشکیل حوضچه مذاب برای ادامه جوش زاویه مشعل برابر تصویر تنظیم شود.
- حرکت نوک مشعل در کناره ها با مکث همراه باشد تا سیم جوش در کناره ها ذوب شود.
- جوشکاری را تا انتهای درز جوش ادامه دهید و در انتهای کار کمی مکث نمایید. با اضافه کردن سیم جوش به مذاب، چاله جوش را پر کنید.
- پس از اتمام کار قطعه را به آرامی خنک کنید و پس از تمیز کردن آن را برای ارزیابی و راهنمایی به هنرآموز خود تحویل دهید.

عوامل مؤثر در کاهش کیفیت جوش اکسی گاز

عامل عیب	نوع عیب
سوختن ناقص گاز	گرمای کافی در حوضچه مذاب ایجاد نمی کند و در جوشکاری فولادها باعث افزایش کربن در فلز جوش می شود.
شعله اکسیدی	شعله با اکسیژن بیشتر از اندازه موجب اکسید شدن و ایجاد حالت شکنندگی در جوش می شود.
عدم انتخاب سرمشعل مناسب جوشکاری	انتخاب سرمشعل مناسب نیز نقش مؤثر در کیفیت جوش دارد. سرمشعل بزرگ تر با شعله کوچک سبب ناپایداری شعله و قطع و وصل آن شده و مذاب را به اطراف می پاشد. استفاده از مشعل کوچک باعث کاهش راندمان جوشکاری و کوچک شدن حوضچه مذاب شده و نفوذ ناکافی را در اتصال جوش به دنبال خواهد داشت.
عدم تمیزی سطح کار	چون اکسیدهای فلزی دیر ذوب بوده، مانع پیشروی مذاب در درز جوش شده و باعث آلودگی اکسیدی در حوضچه مذاب می شود و چنانچه اکسیدها در فلز جوش حل شوند جوش دچار ترک و شکست خواهد شد.

کنترل حوضچه مذاب، سرعت پیشروی جوشکاری و مقدار رسوب فلز جوش توسط جوشکار انجام می شود لذا جوشکاران باید از مهارت کافی برخوردار بوده و اجرای صحیح جوشکاری بدون عیب را همیشه مد نظر داشته باشند.

نکته



ارزشیابی شایستگی گرده سازی اکسی گاز

شرح کار: جوشکاری به صورت لب به لب و سه پری در وضعیت تخت			
استاندارد عملکرد: جوشکاری قطعات فلزی با روش اکسی سوخت در وضعیت های مختلف برابر نقشه			
شاخص ها: تنظیم فشار رگولاتور و انتخاب سیم جوش و گاز و سربک برابر دستورالعمل، هم راستایی، میزان بودن فاصله قطعات، هم سطح بودن دو قطعه و زاویه برابر نقشه، خال جوش هم اندازه و ذوب کامل خال جوش ها برابر دستورالعمل، جوش با مهره های منظم و گرده یکنواخت، ذوب کامل سیم جوش و قطعه کار ایجاد جوش بدون عیب، کنترل ابعادی جوش و کنترل تابیدگی و راستایی با خط کش برابر نقشه			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه جوشکاری اکسی استیلن استاندارد، تجهیزات کامل جوشکاری اکسی استیلن، برس سیمی، چکش، سندان، کمان اره، تجهیزات ایمنی، انبر برای جابه جایی قطعات، میز کار و نقشه کار زمان: ۴ ساعت			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی تجهیزات	۱	
۲	آماده سازی قطعات	۲	
۳	جوشکاری	۲	
۴	کنترل نهایی	۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* اطمینان از کیفیت کار انجام شده، ایمنی در محل کپسول، ایمنی در شیلنگ ها، ایمنی در محیط از نظر تمیز بودن قطعه کار و محیط کار از نظر روغن و...، ایمنی در محیط از نظر عوامل آتش زا و انفجاری، ایمنی فرایند		۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

واحد یادگیری ۲

جوش برنج

آیا تابه حال پی برده‌اید؟

- تفاوت‌هایی بین لحیم‌کاری و جوشکاری وجود دارد.
- بین زردجوش و جوشکاری تفاوت‌هایی وجود دارد.
- جوشکاری فلزات غیرهم‌جنس توسط فرایندهای ذوبی دشوار است.

استاندارد عملکرد

هنرجو توانایی اجرای اتصال قطعات فلزی با به‌کارگیری جوشکاری زرد جوش را مطابق نقشه داشته باشد.

مقایسه لحیم کاری نرم (سرد)، لحیم کاری سخت (گرم)، زرد جوش و جوشکاری

لحیم کاری نرم Soldering



فرایندی است که دو قطعه به یکدیگر از طریق ذوب و انجماد یک آلیاژ زود ذوب، در دمای کمتر از ۴۵۰ درجه سلسیوس را لحیم کاری نرم می گویند. در لحیم کاری برخلاف جوشکاری فلز پایه ذوب نمی شود و فقط فلز پرکننده ذوب می شود.

لحیم کاری سخت Brazing



فرایندی که فلزات توسط ذوب فلز پرکننده در دمای بالای ۴۵۰ درجه سلسیوس به همدیگر پیوند داده می شوند. در این فرایند دمای ذوب فلز پایه بیشتر از گرمای ایجاد شده است و به عبارتی فلز پایه در این فرایند ذوب نمی شود. فلز پرکننده در این فرایند معمولاً آلیاژهای نقره، آلومینیم، طلا، مس، کبالت و نیکل است. در لحیم کاری سخت پنج پارامتر طرح اتصال، فلز پایه، فلز پرکننده، منبع گرمایی، نوع اتمسفر بسیار مهم است و باید مورد توجه قرار بگیرند.

زرد جوش Braze welding



فرایندی که در آن فلزات مورد اتصال توسط منبع گرمایی دچار ذوب سطحی شده و فلز پرکننده با نقطه ذوب کمتر در اثر گرمای اعمالی ذوب و به محل متصل می شود که توسط خاصیت ترشوندگی به محل اتصال می چسبد و پس از انجماد اتصال صورت می گیرد. فرایند زردجوش عموماً برای تعمیرات، به خصوص قطعات چدنی کاربرد دارد.

جوشکاری Welding



فرایندی که در آن فلزات توسط منبع گرمایی ذوب می شوند و با فلز پرکننده آمیخته شده و پس از انجماد اتصال صورت می گیرد.

دستگاه و تجهیزات زرد جوش تقریباً همان تجهیزات جوش اکسی گاز است. فرایند زردجوش عموماً برای جوشکاری قطعات غیرهم جنس و فلزاتی که جوش پذیری خوبی ندارند مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین این فرایند به طور گسترده برای تعمیر قطعات شکسته شده به خصوص قطعات چدنی مورد استفاده قرار می گیرد. در این واحد یادگیری تمرین هایی مطابق استاندارد تهیه و طراحی شده است که با انجام تمرین های این بخش به مهارت کافی در اجرای جوشکاری زردجوش دست پیدا خواهید کرد.

نکته



جوشکاری برنج یا زرد جوش (Braze Welding)

این فرایند به طور معمول با استفاده از شعله و گاز سوختنی انجام می شود، اما اخیراً با برخی از روش های قوسی نیز این فرایند انجام می شود.

روش اعمال گرما	نوع محافظت	فرایند اجرا
شعله	فلاکس	جوشکاری
قوس الکتریکی	گاز محافظ	GMAW و PAW و GTAW



شکل ۳۸

زرد جوش همانند لحیم کاری سخت انجام می شود ولی برخلاف لحیم کاری سخت، در زردجوش فلز پرکننده در محل اتصال رسوب می کند. علت نام گذاری این روش به کارگیری فلز برنج با رنگ زرد به عنوان پرکننده است اما توجه به این نکته ضروری است که چنانچه فلز پایه برنج باشد این روش جوش برنج (Brass weld) و چنانچه غیربرنج باشد آن را زرد جوش (Braze Weld) می نامند در شکل ۳۸ تجهیزات و فرایند زردجوش نشان داده شده است.



شکل ۳۹

نمونه از جوش های ایجاد شده توسط فرایند زردجوش در شکل ۳۹ نشان داده شده است.

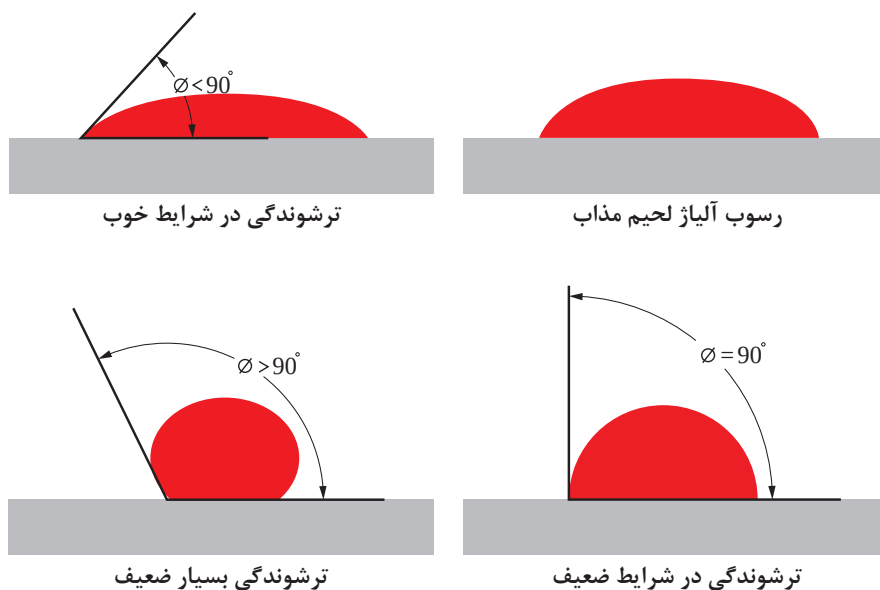
خاصیت ترشوندگی (Wetting)



شکل ۴۰

چرا قطرات آب بر روی ساق و برگ درختان نسبت به فلزات کمتر پخش می شوند؟ در شکل ۴۰ این موضوع نشان داده شده است.

خاصیت ترشوندگی در شرایط مختلف در شکل ۴۱ نشان داده شده است.



شکل ۴۱

در جدول زیر، فلزات هم جنس و غیرهم جنس را که امکان جوشکاری آنها با فرایند زرد جوش وجود دارد را کامل کنید.

فلزات غیرهم جنس	فلزات هم جنس
چدن را می توان به نیکل با زرد جوش اتصال داد	فولاد را می توان به فولاد با زرد جوش اتصال داد
..... را می توان به با زرد جوش اتصال داد	 را می توان به با زرد جوش اتصال داد
..... را می توان به با زرد جوش اتصال داد	 را می توان به با زرد جوش اتصال داد
..... را می توان به با زرد جوش اتصال داد	 را می توان به با زرد جوش اتصال داد

اصول فرایند زردجوش



پژوهش

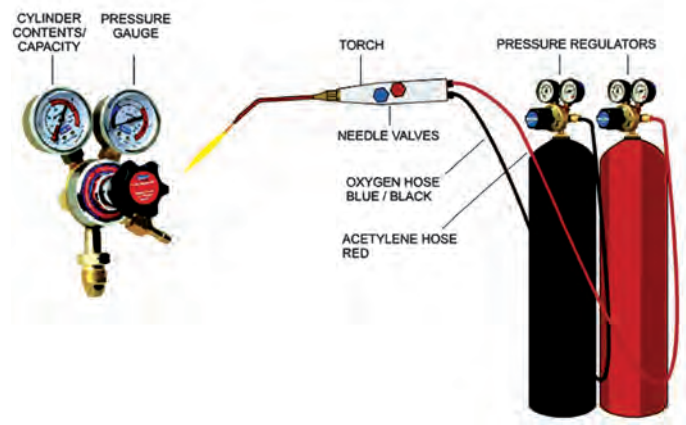




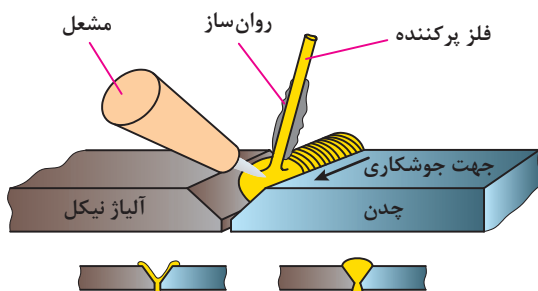
درز اتصال باید به قدری گرما ببیند تا به صورت سطحی ذوب شود مانند شکل روبه‌رو.

تجهیزات فرایند زرد جوش

تجهیزات فرایند زردجوش مشابه لحیم کاری سخت و جوشکاری است و شامل کپسول اکسیژن، کپسول گاز سوختنی، مشعل، رگولاتور کاهش فشار و شیلنگ‌ها است. شکل ۴۲ تجهیزات زردجوش را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲



شکل ۴۳

مواد مصرفی (consumable materials)

شماتیک مواد مصرفی در فرایند زردجوش در شکل ۴۳ نشان داده شده است.

فلز پرکننده (Filler Metal)

فلز پرکننده معمولاً بر مبنای ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی و خواص فیزیکی فلز پایه انتخاب می‌شوند. فلز پرکننده مورد استفاده عموماً برنج است که حاوی ۶۰ درصد مس و ۴۰ درصد روی است. ممکن است مقدار کمی قلع، آهن و منگنز نیز به آن اضافه شود تا به توزیع مذاب بهبود ببخشد، همچنین اضافه کردن حدود ۱۰٪ نیکل باعث افزایش استحکام و سفیدتر شدن رنگ جوش می‌شود. هنگامی که از فلز پرکننده برنز استفاده می‌شود جوش حاصل، شکل‌پذیری بیشتری نسبت به برنج دارد. همچنین استفاده از فلزات پرکننده برنز فسفر و مس نیکل می‌تواند جوشی همراه با کمی تخلخل ایجاد کند. (جدول ۱۱)

جدول ۱۱

کاربرد	نقطه ذوب C	استحکام کششی MPA	دسته‌بندی طبق استاندارد AWS
اتصال برنز به مس، اتصال برنز به تیوب‌های فولادی، چدن‌ها	۸۹۹	۲۷۵	RBCuZn -A
فولادهای کار شده، چدن، مس، و فولادهای استحکام بالا	۸۸۲	۳۴۴	RBCuZn -B
چدن و فولادهای کار شده	۸۸۸	۳۴۴	RBCuZn -C
از لحاظ استحکام و تشابه رنگی با چدن و فولاد کار شده	۹۳۵	۴۱۳	RBCuZn -D
اتصال قطعات مقاوم در برابر خوردگی وسایش	۹۰۰	۳۴۴	RBCuSi - A

- فلز پرکننده برنز (Bronze) یک آلیاژ است که از عناصر و تشکیل شده است.
- فلز پرکننده برنج (Brass) یک آلیاژ است که از عناصر و تشکیل شده است.

کار کلاسی



روان‌ساز (Flux)

ماده‌ای که برای انحلال اکسید و سایر آلودگی باقی مانده در سطح قطعه و جلوگیری از اکسید شدن عمل می‌کند، فلاکس یا روان‌ساز نام دارد. روان‌ساز مورد استفاده برای لحیم‌کاری سخت باید دارای ترکیباتی باشد که هم فلز پرکننده و هم قطعه مورد اتصال را هنگام عملیات زردجوش تمیز نگه دارد و تفاوت این فلاکس‌های مورد استفاده در زردجوش در دمای ذوب آنها است و از دمای ذوب فلاکس‌های رایج در لحیم‌کاری سخت بیشتر باشد.

جدول ۱۲ فلاکس‌های مورد استفاده در لحیم‌کاری سخت و زردجوش را نشان می‌دهد. FB3-J از پرکاربردترین فلاکس‌های مورد استفاده در زردجوش است که دو حرف اول نام روان‌سازها با حروف اختصاری Flux Braze (FB) نشان داده شده و حرف سوم نشانگر کاربرد روان‌ساز برای فلز پایه است و حرف چهارم نشان‌دهنده حالت روان‌ساز است.

جدول ۱۲- فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زرد جوش طبق استاندارد AWS A5.31

درجه سلیسیوس	فلز پرکننده	شکل فلاکس	کلاس بندی AWS
۵۸۰-۶۱۵	BAISi	پودری	FB1-A
۵۶۰-۶۱۵	BAISi	پودری	FB1-B
۵۴۰-۶۱۵	BAISi	پودری	FB1-C
۴۸۰-۶۲۰	BMg	پودری	FB2-A
۵۶۵-۸۷۰	Bag, BCu	تیوپ	FB3-A
۷۶۰-۱۲۰۵	Bag, BCu, BNi, BAu, RBCuZn	پودری	FB3- J

وظایف روان‌سازها را در جدول زیر کامل کنید.

کار کلاسی



فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زردجوش چه وظایفی دارند؟

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



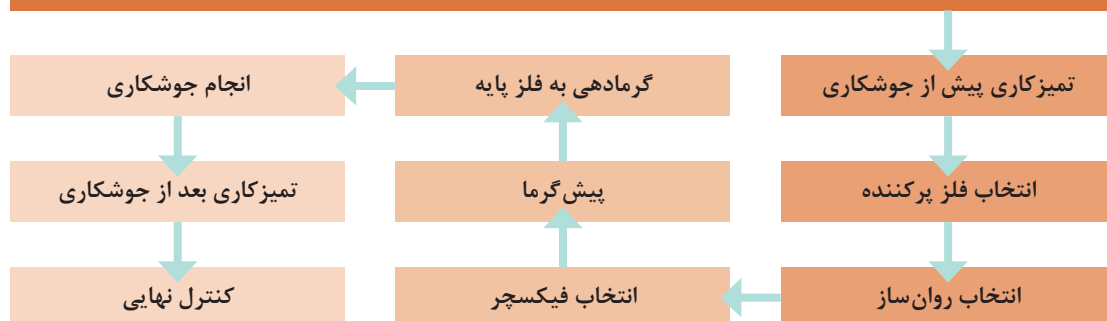
فلاکس‌ها به یکی از روش‌های زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در شکل ۴۴ طریقه استفاده از روان‌ساز را به صورت فرو بردن فلز پرکننده در فلاکس و یا اعمال روان‌ساز با قلم را نشان می‌دهد.

شکل ۴۴

روش‌های اعمال روان‌ساز

- فلز پرکننده گرما داده می‌شود تا داغ بشود، سپس داخل ظرف فلاکس غوطه‌ور می‌شود به طوری که فلاکس بر روی آن بچسبد و فلاکس و فلز پرکننده هم‌زمان در محل اتصال مورد استفاده قرار گیرد.
- فلاکس می‌تواند با استفاده از قلم پیش از انجام جوشکاری در محل اتصال اعمال شود.
- فلز پرکننده می‌تواند توسط پوششی از فلاکس پوشانده شود و در محل اتصال اعمال شود.
- فلاکس‌ها می‌توانند داخل گاز سوختنی اعمال شوند و عملیات محافظت را انجام دهند.

مراحل زرد جوشکاری



تمیزکاری پیش از جوشکاری



شکل ۴۵

سطح اتصال از هر نوع اکسید، گریس روغن، رنگ و دیگر مواد که باعث جلوگیری از ترشوندگی شود و باعث کاهش کیفیت گردد، باید توسط فرایندهای مکانیکی، شیمیایی و یا آب داغ پاک شود.

شکل ۴۵ ابزارهای مکانیکی و محلول‌های شیمیایی را برای تمیزکاری نشان می‌دهد.

انتخاب فلز پرکننده

جهت انتخاب فلز پرکننده به جدول ۱۳ مراجعه نمایید.

جدول ۱۳- ترکیب شیمیایی فلز پرکننده در فرایند زردجوش براساس استاندارد AWS

AWS Classification	AWS Specification	UNS Numbers	C	Cu	Zn	Sn	Fe	Ni+CO	Mn	η	Al	Si	S	Pb	P	Other Elements Total
ERCuAlA2	A5.7	C61800	—	Rem. ¹	0.02	—	1.50	—	—	—	8.50 - 11.00	0.10	—	0.02	—	0.50
ERCuStA	A5.7	C65600	—	Rem.	1.0	1.0	0.50	—	1.5	—	0.01	2.8 - 4.0	—	0.02	—	0.50
ERCuNi	A5.7	C71580	—	Rem.	—	—	0.40 - 0.75	29.0 - 32.0	1.0 (max)	0.20 - 0.50	—	0.25	0.01	0.02	0.02	0.50
BNi-3I	A5.8	N99630	0.06 - MAX.	—	—	—	0.5 - max.	Rem.	—	0.05 - max	0.05 - max	4.0 - 5.0	0.02 max	—	0.02 - max	0.50
ERNiCu7	A5.14	N04060	0.15	Rem.	—	—	2.5	62 - 69.0	4.0	1.5 - 3.0	1.25	1.25	0.015	—	0.02	0.50
RBCuZn-A	A5.8	C47000	—	57.0 - 61.0	Rem.	0.25 - 1.00	—	—	—	—	0.01	—	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-B	A5.8	C68000	—	56.0 - 60.0	Rem.	0.80 - 1.10	0.25 - 1.2	0.20 - 0.80	0.01 - 0.50	—	0.01	0.04 - 0.15	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-C	A5.8	0618100	—	56.0 - 60.0	Rem.	0.80 - 1.10	0.25 - 1.2	—	0.01 - 0.50	—	0.01	0.04 - 0.15	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-D	A5.8	C77300	—	46.0 - 50.0	Rem.	—	—	9.0 - 11.0	—	—	0.01	0.4 - 0.25	—	0.05	0.25	0.50
ENiCu-A	A5.15	W84001	0.35 - 0.55	35.0 - 45.0	—	—	3.0 - 6.0	50.0 - 60.0	2.30 - max	—	—	0.75 - max	0.025	—	—	1.00

انتخاب روان ساز



شکل ۴۶

روان سازها به منظور تمیزکاری و جلوگیری از اکسید شدن سطح قطعه و بهبود ترشوندگی توسط فلز پرکننده اعمال می شوند و به صورت پودری و تیوپ مورد استفاده قرار می گیرند. فلاکس ها براساس نوع فلز پرکننده و محدوده دمایی که در جدول ۱۳ مشخص شده است مورد استفاده قرار می گیرند.

انتخاب فیکسچر (نگهدارنده)



شکل ۴۷

فیکسچر ابزاری است که قطعه کار را در حالت های مختلف می تواند نگه دارد تا عملیات جوشکاری انجام شود. فیکسچر باعث افزایش سرعت تولید و دقت در مونتاژ قطعات می شود. در شکل ۴۷ یک نوع فیکسچر در هنگام جوشکاری قطعات نشان داده شده است.

پیش گرما



قطعاتی مانند مس و چدن پیش از عملیات جوشکاری باید پیش گرم شوند تا بتوان جوش مناسبی ایجاد کرد. همچنین باید دقت داشت، تمرکز گرمای زیاد بر روی قطعه باعث سوراخ شدن و یا ذوب بیش از اندازه می شود. گرمادهی توسط ابزاری به نام ترمومتر یا گچ های حرارتی اندازه گیری و کنترل می شود. شکل ۴۸ استفاده از ترمومتر و گچ های حرارتی برای اندازه گیری دما را نشان می دهد.



شکل ۴۸



شکل ۴۹

اجرای زرد جوشکاری

- انتخاب سر مشعل
- فرو بردن سیم داغ داخل روان ساز
- گرم کردن محل اتصال
- اضافه کردن فلز پرکننده
- پر کردن درز اتصال

نکته



شکل ۵۰

اگر فلز پایه پیش گرمای مناسب نداشته باشد قطره مذاب مانند ساچمه‌ای روی سطح قرار می‌گیرد. (شکل ۵۰) و به علت انجماد سریع ترشوندگی کافی محقق نمی‌شود.

تمیزکاری بعد از جوشکاری



شکل ۵۱

اغلب روان سازها علاوه بر اینکه سمی هستند چنانچه بر روی قطعات جوشکاری شده باقی بمانند به مرور زمان در قطعه کار نفوذ کرده و ایجاد خوردگی می‌کنند. برای این منظور پس از پایان جوشکاری قطعات کار را توسط ابزارهای مکانیکی، آب گرم و محلول شیمیایی مناسب (با نوع روان ساز)، شست‌وشو می‌دهند. (شکل ۵۱)

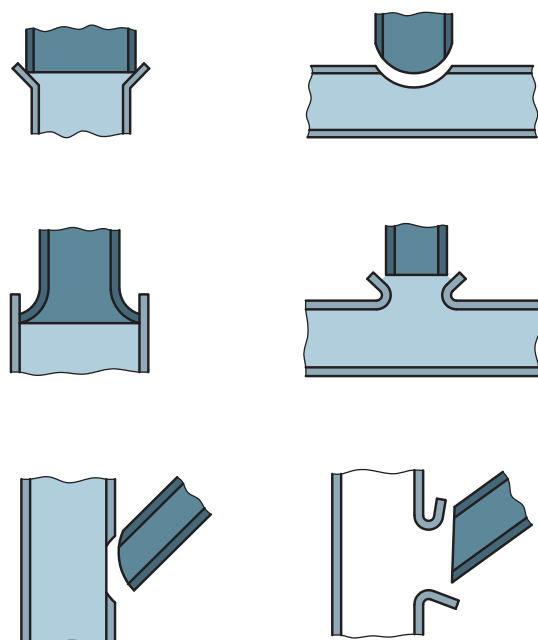
کنترل نهایی

کیفیت زردجوش بستگی به آماده‌سازی طرح اتصال و اجرای مناسب جوش دارد. استفاده از طرح اتصال صحیح و رویه مناسب جوشکاری می‌تواند اتصالی مستحکم همانند فلز پایه را ایجاد کند. فلز پرکننده، تمیزکاری فلز پایه، تنظیم مناسب گاز سوختنی، کنترل صحیح گرمادهی و استفاده کافی از فلاکس نیز از عوامل مؤثر در کیفیت جوش می‌باشند. پس از انجام جوشکاری و تمیزکاری قطعات باید سالم بودن جوش را بررسی کرد.

چگونه مطمئن شویم جوش ایجاد شده کیفیت مناسب را دارد؟ در نظر بگیرید شخصی بر اثر تصادف پاهایش دچار شکستگی می‌شود و دیگر قادر به راه رفتن نخواهد بود، حال سؤال اینجاست که آیا این شخص با پاهای شکسته می‌تواند همچنان به شغل خود ادامه دهد و یا اینکه باید در خانه بماند و استراحت کند؟ پاسخ شما چیست؟

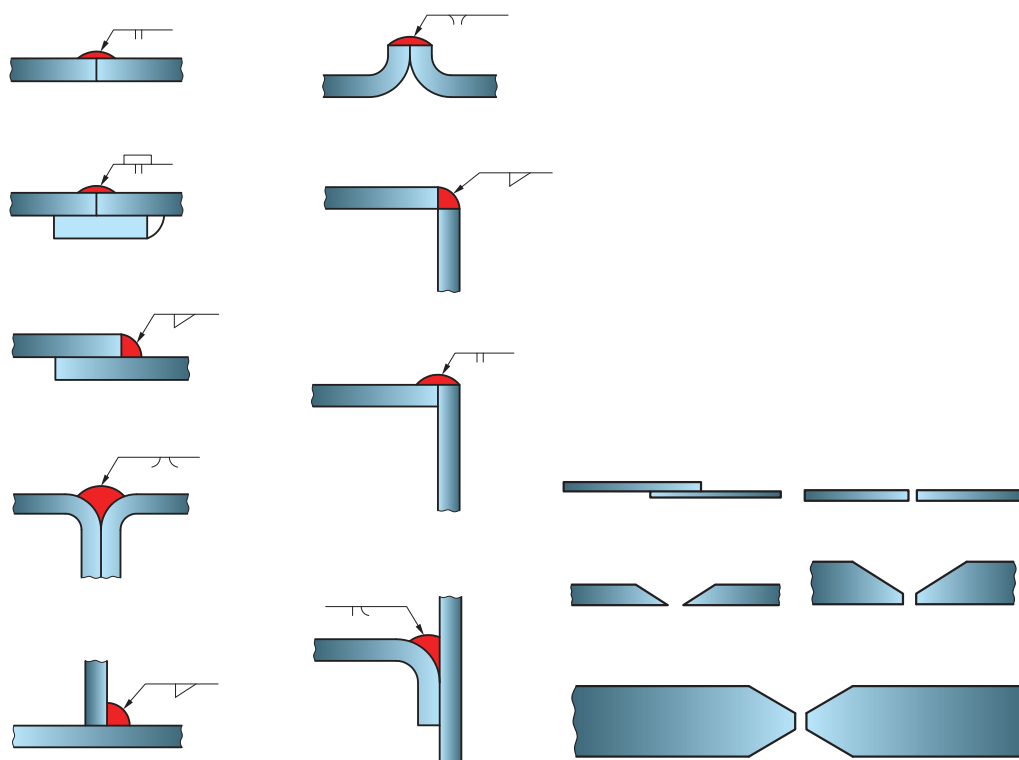
ناپیوستگی در جوشکاری مانند پاهای شکسته آن فرد است و می‌تواند رفتار دوگانه‌ای داشته باشد و گاهی به صورت عیب و گاهی به صورت نقص در جوش ظاهر می‌شود. پیش از آنکه بگوییم جوش دچار عیب است یا نقص باید بدانیم چه انتظاری از جوش می‌رود. یعنی آن جوش در کجا به کار رفته؟ چه میزان نیرویی می‌خواهد تحمل کند؟ بعد از اینکه دانستیم چه انتظاری از جوش می‌رود، در مورد عیب یا نقص آن می‌توانیم قضاوت کنیم. از فرایند زردجوش عموماً برای اتصال قطعات نازک و تعمیرات قطعات استفاده می‌شود، بنابراین هنگامی که نیاز به تحمل نیروی زیاد جوش و جوشکاری قطعات ضخیم باشد، از این فرایند استفاده نمی‌شود. اگر ظاهر جوش سالم باشد و عیوب ظاهری که قبلاً به آنها اشاره شد مشاهده نشود، جوش سالم است و انتظاری را که از زردجوش می‌رود را برآورده می‌کند.

آماده‌سازی اتصال

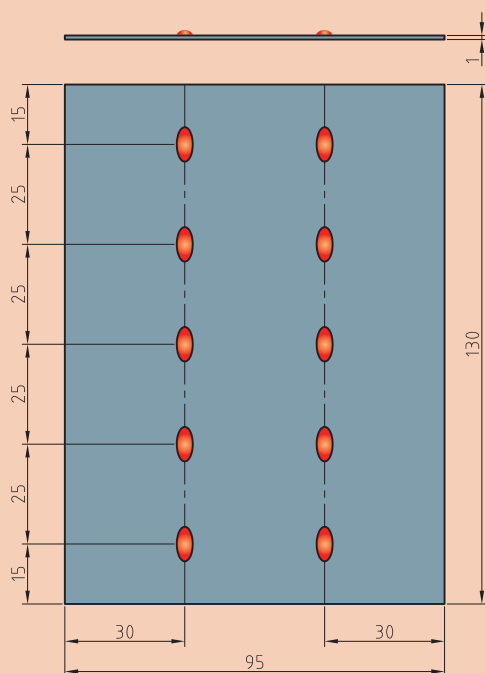


شکل ۵۲

طرح اتصال در زردجوش شبیه به طرح اتصال در فرایندهای ذوبی است و محدوده تلرانس دقیق در زرد جوش مانند لحیم‌کاری حساس نمی‌باشد. برای ضخامت‌های بیش از ۲ میلی‌متر جوش‌های شیاری پخ جناغی یک طرفه و یا دوطرفه با زاویه ۹۰ تا ۱۲۰ مورد نیاز است. اجرای جوش شیاری با زاویه گفته شده در بالا می‌تواند یک اتصال محکم بین فلز جوش و فلز پایه ایجاد کند. جوش شیاری بدون پخ ممکن است برای ضخامت ۲ میلی‌متر و کمتر مورد استفاده قرار بگیرد. طرح اتصالات مختلف در زردجوش در شکل ۵۳ طرح اتصال برای اتصالات ورق‌های فلزی نشان داده شده است.



شکل ۵۳



نقشه قطعه کار خط کشی شده

ایجاد خال جوش توسط زردجوش

یک قطعه به ابعاد $1 \times 95 \times 130$ از جنس فولاد st37 و سیم برنج RBCuZn به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید. مطابق دستورالعمل و با نظارت هنرآموز محترم خود خال جوش زدن را تمرین کنید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، کپسول اطفای حریق، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشی.

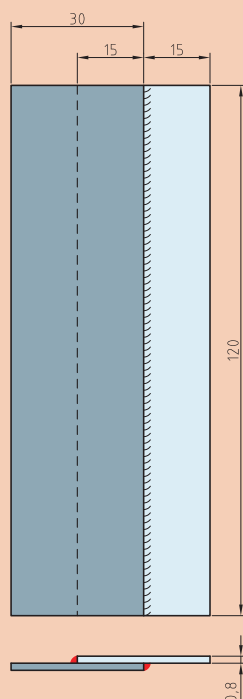
تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مراحل انجام کار

- آماده سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بزنید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد شود و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



نقشه قطعه کار خط کشی شده

ایجاد زردجوش بر روی قطعه به صورت لب روی هم

دو قطعه به ابعاد $1 \times 30 \times 120$ از جنس فولاد st37 و سیم برنج RBCuZn به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید. مطابق دستورالعمل و با نظارت هنرآموز محترم خود اجرا نمایید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ۲ عدد ورق st37 به ابعاد $1 \times 30 \times 120$ میلی متر و سیم جوش

مراحل انجام کار

- آماده سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بزنید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد شود و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



ایجاد اتصال لب به لب توسط زردجوش

شرح کار

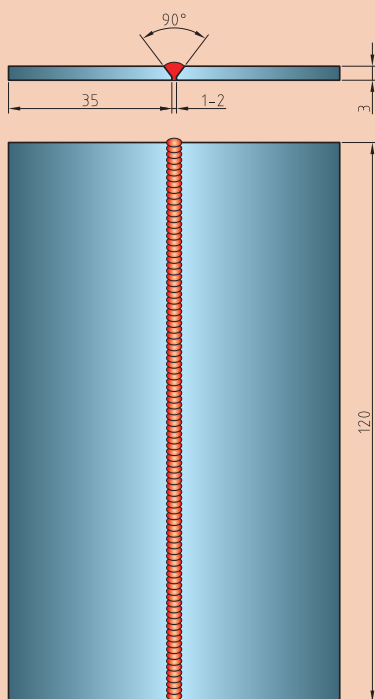
دو قطعه به ابعاد $۱۲۰ \times ۳۵ \times ۳$ از جنس فولاد st37 و سیم برنج RBCuZn به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید. مطابق دستورالعمل و با نظارت هنرآموز محترم خود اجرا نمایید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول های آتش نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشتی.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.



نقشه قطعه کار خط کشی شده

مواد مصرفی: دو عدد ورق st37 به ابعاد $۱۲۰ \times ۳۵ \times ۳$ میلی متر و سیم جوش برنج.

مراحل انجام کار

- آماده سازی، برشکاری و لبه سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بزنید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد شود و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دوده ها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



اتصال لوله به ورق با فرایند زردجوش

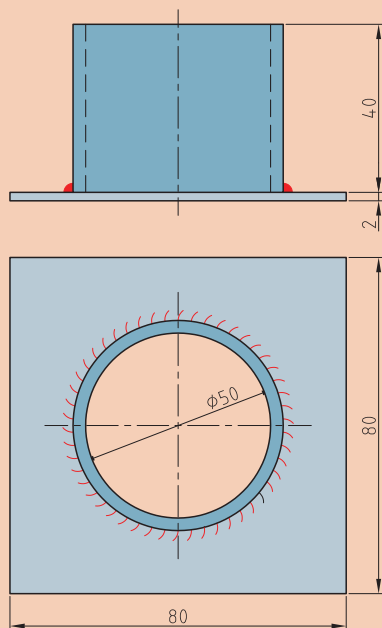
شرح کار

لوله‌ای به قطر خارجی ۵۰ میلی‌متر و طول ۴۰ میلی‌متر و ورقی به ابعاد ۲ × ۸۰ × ۸۰ میلی‌متر از جنس St37 و سیم برنج RBCuZn به قطر ۲ میلی‌متر و روان‌ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید مطابق دستورالعمل و با نظارت هنرآموز محترم خود اجرا نمایید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشی.



نقشه قطعه کار خط کشی شده

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی‌استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ورق St37 به ابعاد ۲ × ۸۰ × ۸۰ میلی‌متر و لوله با قطر خارجی ۵۰ میلی‌متر به طول ۴۰ میلی‌متر و سیم جوش

مراحل انجام کار

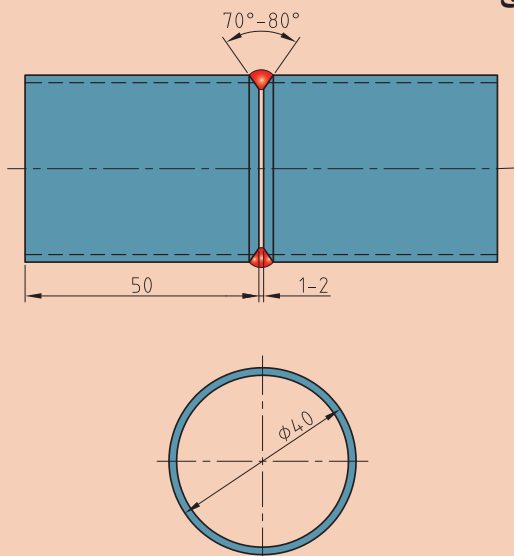
- آماده‌سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش‌های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول‌ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ‌ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بنزید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی‌رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به‌طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد شود و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست‌محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



اجرای اتصال لوله به لوله با زردجوش در حالت افقی



نقشه قطعه کار خط کشی شده

۲ عدد لوله به قطر خارجی ۴۰ میلی‌متر و طول ۵۰ میلی‌متر از جنس فولاد st37 و سیم برنج RBCuZn به قطر ۲ میلی‌متر و روانساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید. مطابق دستورالعمل و با نظارت هنرآموز محترم خود اجرا نمایید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی)

تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشستی.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی‌استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط کش و چکش ساده و میز کار.

مواد مصرفی: ۲ عدد لوله st37 با قطر خارجی ۴۰ میلی‌متر به طول ۵۰ میلی‌متر و سیم جوش برنج

مراحل انجام کار

- آماده‌سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش‌های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول‌ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ‌ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بزنید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی‌رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به‌طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دوده‌ها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



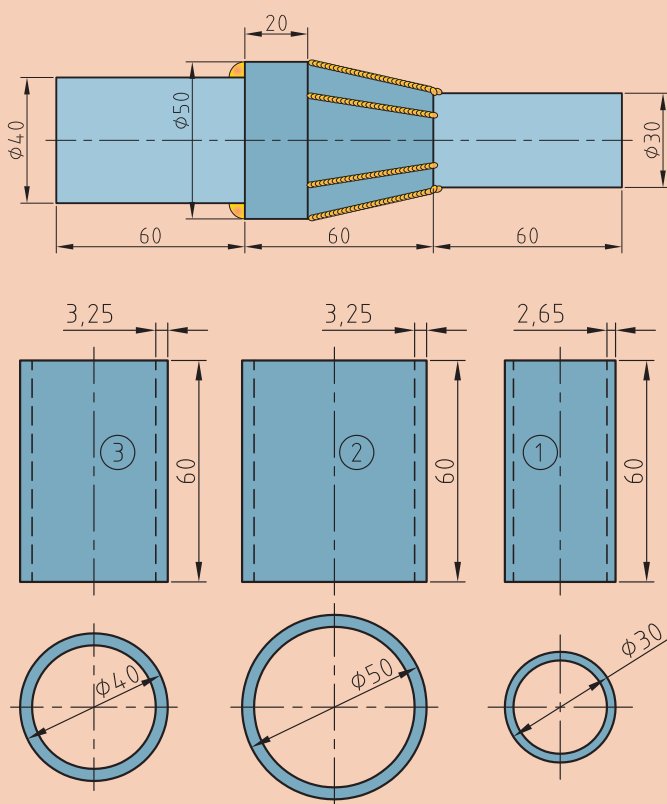
ساخت تبدیل استوانه به استوانه

شرح کار

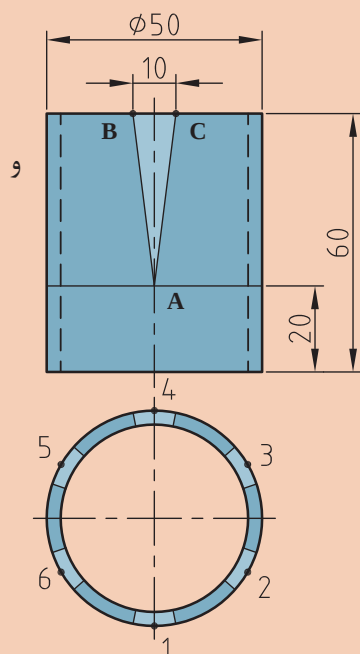
سه لوله به قطرهای خارجی ۵۰، ۴۰، ۳۰ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰ میلی‌متر از جنس St37 و روانساز پودری از جنس FB3J انتخاب کنید و مطابق با نقشه یک تبدیل ۵ به ۳ بسازید و آنها را توسط زردجوش به یکدیگر اتصال دهید.

شرایط محل انجام کار

کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی (تهویه هوا، کپسول‌های آتش‌نشانی) تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری: شامل لباس کار مناسب، کفش ایمنی، دستکش، پیش‌بند، کلاه ایمنی سبک، عینک مناسب، ظرف آب و محلول آب صابون برای کنترل نشستی.

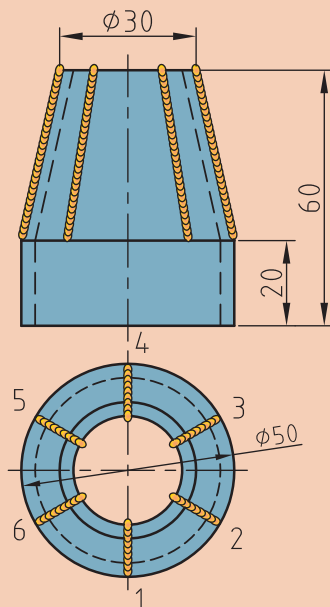


نقشه قطعه کار خط کشی شده



تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری اکسی استیلن، انتخاب سرمشعل مناسب با توجه به ضخامت قطعه کار، فندک جوشکاری، سوزن سرمشعل، برس سیمی، خط کش فلزی، سنبه‌نشان، سوزن خط کش چکش ساده و میز کار.

آماده‌سازی تبدیل: مطابق شکل روبه‌رو استوانه را به شش قسمت مساوی تقسیم کنید سپس از نقاط تقسیم‌بندی شده (نقطه یک) از هر طرف ۵ میلی‌متر سمت چپ و راست جدا کنید تا نقاط B و C به دست بیاید، خط‌های عمودی به طول ۴۰ میلی‌متر را به سمت پایین امتداد دهید تا به نقطه A برسید سپس از نقطه A به نقاط B و C وصل کنید. تا مثلث ABC به دست آید و توسط کمان اره و قلم تیزبر مثلث ABC را ببرید. این کار را در محیط استوانه ادامه دهید تا شش مثلث ABC از استوانه ۲ برش بخورد.



بریدن مثلث ABC مهارت و دقت زیادی می‌طلبد در بریدن آن دقت لازم را انجام دهید.

لبه‌های برش خورده را توسط سوهان پلیسه‌زنی کنید و لبه‌های قطعه را صاف کنید.

لبه‌های ایجاد شده را به سمت داخل خم کنید تا لبه‌های قطعه به یکدیگر برسد و درز اتصال ایجاد شود. دقت کنید خم کاری از ریشه در ارتفاع ۴۰ میلی‌متری انجام شود تا تبدیل ظاهر مناسبی پیدا کند.

توسط زردجوش لبه‌های ورق را جوش داده و آن را آب‌بندی کنید و تبدیل ۵ به ۳ ایجاد کنید و در نهایت لوله‌های شماره ۱ را به قسمت بالایی تبدیل و لوله شماره ۳ را به قسمت پایینی تبدیل جوش دهید.

در صورت لقی بیش از حد سر لوله‌ها در محل اتصال می‌توان سر لوله‌ها را گشاد کرد به‌طوری که قطعات در یکدیگر فیت شوند، سپس قطعات را جوش داد.

مراحل انجام کار

- آماده‌سازی قطعات مطابق نقشه.
- تمیزکاری قطعات با روش‌های مکانیکی یا شیمیایی
- بررسی تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول‌ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ‌ها
- تنظیم شعله خنثی نسبت برابر اکسیژن و استیلن و سپس فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بنزید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبد.
- مخروط آبی‌رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به‌طوری که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد و سپس فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند. این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

رعایت مسائل زیست‌محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی

ارزشیابی شایستگی جوش برنج

شرح کار:

اتصال دو قطعه فولادی به یکدیگر با اتصال لب به لب در وضعیت تخت

استاندارد عملکرد:

جوشکاری قطعات فلزی توسط زردجوش با به کارگیری روش اکسی سوخت مطابق نقشه

شاخص‌ها:

- تنظیم و راه اندازی تجهیزات
- اتصال جوش آب بند
- تمیزکاری
- کنترل نهایی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

کارگاه جوشکاری اکسی استیلن استاندارد، تجهیزات کامل جوشکاری اکسی استیلن، سیم جوش‌های برنجی، فلاکس، برس سیمی، چکش، سندان، کمان اره، تجهیزات ایمنی، انبر برای جابه جایی قطعات
زمان: ۴ ساعت

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مواد و قطعه کار	۱	
۲	آماده سازی تجهیزات	۲	
۳	جوشکاری قطعات	۲	
۴	کنترل نهایی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* اطمینان از کیفیت کار انجام شده، ایمنی در محل کپسول، ایمنی در شیلنگ‌ها، ایمنی در محیط از نظر تمیز بودن قطعه کار و محیط کار از نظر روغن و...، ایمنی در محیط از نظر عوامل آتش‌زا و انفجاری، ایمنی فرایند			
میانگین نمرات**			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است.
** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.



پودمان ۲

لحیم کاری



لحیم کاری سخت



لحیم کاری نرم

روش های اتصال مواد متنوع هستند، که هریک از آنها کاربرد خاصی دارند. لحیم کاری یک روش اتصال دائم می باشد که برای اتصال بسیاری از مواد مانند فلز، سرامیک و کامپوزیت ها استفاده می شود در لحیم کاری از یک ماده واسطه که به عنوان پرکننده معروف است، برای اتصال دو قطعه استفاده می شود. این پرکننده ها به صورت فویل و فیلر می باشند که بسته به نوع کاربرد استفاده می شوند. امروزه از لحیم کاری در صنایع پیشرفته، برای اتصال مواد غیر هم جنس همانند فلز به سرامیک به طور گسترده استفاده می شود.

واحد یادگیری ۱

لحیم کاری نرم

آیا تابه حال پی برده‌اید؟

- آب‌بندی قوطی‌های کنسرو با روش لحیم کاری انجام می‌شود.
- اتصال قطعات مدارهای الکترونیکی مورد دستگاه‌ها با لحیم انجام می‌شود.
- لحیم کاری با جوشکاری تفاوت دارد.
- لحیم کاری نرم و سخت ویژگی‌های مربوط به خود را دارند.
- هرچه مقدار ترشوندگی آلیاژ لحیم بیشتر باشد اتصال مستحکم‌تر خواهد بود.

هدف از این واحد یادگیری، فراگیری روش‌های آماده‌سازی و تمیزکاری ورق قبل از لحیم کاری، تجهیزات لحیم کاری، منابع گرمایی لحیم، انواع طرح اتصال لحیم، لحیم‌پذیری و روش‌های لحیم کاری نرم می‌باشد. لحیم کاری نرم یکی از روش‌های لحیم کاری است که همانند چسب از یک ماده واسطه برای اتصال دو فلز استفاده می‌کند. این ماده واسطه در دمای کمتر از دمای ذوب دو فلز، ذوب می‌شود و پس از سرد شدن باعث چسبیدن و اتصال دو فلز می‌شود. البته این مقدار چسبیدن به خواص فلز پایه و آلیاژ لحیم بستگی دارد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی لحیم کاری نرم، هنرجویان قادر به لحیم کاری نرم قطعات فلزی با به کارگیری روش اکسی سوخت مطابق نقشه.

تفاوت لحیم کاری و جوشکاری

شکل سمت راست، دو فلز را نشان می‌دهد که با روش جوشکاری به یکدیگر متصل شده‌اند و شکل سمت چپ اتصال دو فلز را با لحیم کاری نشان می‌دهد.



شکل ۱

با مشاهده شکل ۱ چه تفاوت‌هایی بین جوشکاری و لحیم کاری ممکن است وجود داشته باشد. با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود چهار مورد از آنها را بنویسید.

کار کلاسی



۱

۲

۳

۴

تفاوت لحیم کاری نرم و سخت

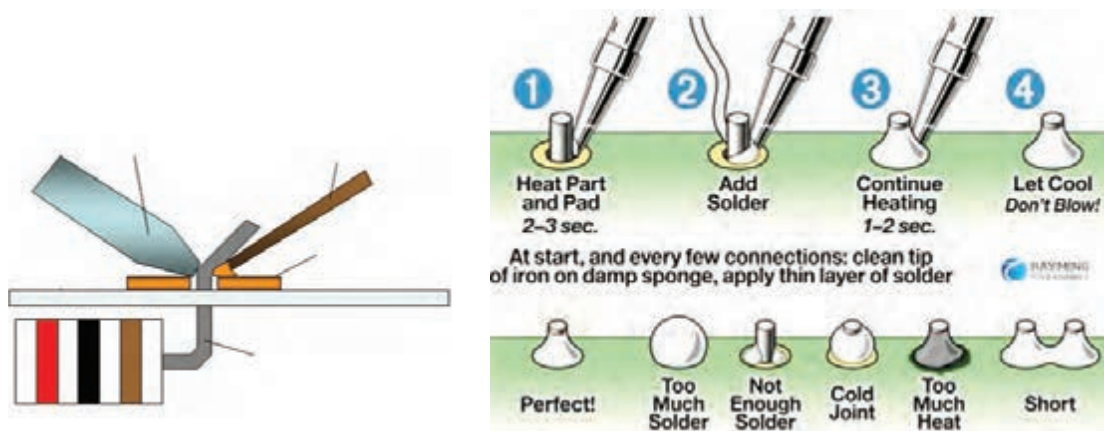
تفاوت بین لحیم کاری نرم و سخت در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱

لحیم کاری سخت	لحیم کاری نرم
دمای کار بالاتر از 45°C	دمای کار پایین‌تر از 45°C
استحکام و پایداری اتصال بالا	استحکام و پایداری اتصال پایین
عدم تأثیر دما و فشار بالای لحیم کاری روی اتصال	تأثیر دما و فشار بالای لحیم کاری روی اتصال
تجهیزات گران‌قیمت‌تر	تجهیزات ارزان‌قیمت

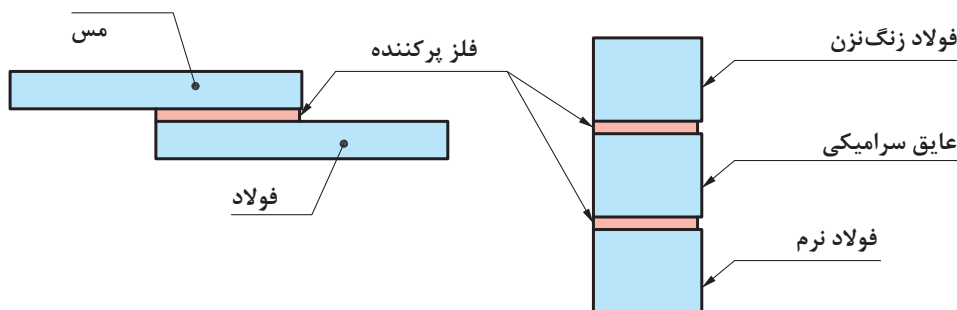
لحیم کاری نرم

یک روش اتصال دائم است که در آن دو یا چند فلز توسط ذوب یک فلز یا آلیاژ واسطه، اتصال بین آنها برقرار می‌شود. شکل ۲ شماتیکی از روش اتصال لحیم کاری نرم را نشان می‌دهد. این روش برای اتصال ورق‌های فلزی به خصوص ورق‌های مسی کاربرد فراوان دارد.



شکل ۲

پس از برقراری اتصال، یک فصل مشترک نازک بین قطعات شکل می‌گیرد که از جنس ماده واسطه می‌باشد. نکته قابل توجه در لحیم کاری در مقابل جوشکاری، این است که فلز پایه ذوب نمی‌شود.



شکل ۳- اتصال لحیم کاری مواد غیرمشابه

با توجه به ویژگی‌هایی که از لحیم کاری گفته شد، کاربردهای دیگری می‌تواند داشته باشد؟

پژوهش



۱

۲

تجهیزات لحیم کاری نرم

برای ایجاد یک اتصال خوب و با کیفیت در روش لحیم کاری، آماده سازی تجهیزات و مواد بسیار حائز اهمیت می باشد. تجهیزات و مواد مصرفی برای لحیم کاری نرم در شکل ۴ نشان داده شده است.



هویه



آلیاژ لحیم



روان ساز



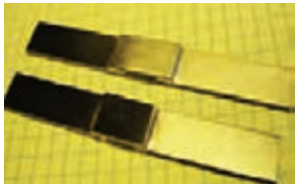
فرچه سیمی



تمیز کننده هویه

شکل ۴

آلیاژ لحیم در اشکال مختلف در بازار موجود است که در شکل ۵ مشخصات و کاربرد آنها مشخص شده است.

آلیاژ لحیم	شکل آلیاژ	کاربرد	تصویر کاربرد
سیم		صنایع الکترونیک و اتصالات آب بندی	
فویل		اتصال ورق های نازک	
شمش		اتصالات ورق های طویل	

شکل ۵

آلیاژهای لحیم نرم

به مخلوط دو یا چند عنصر که حداقل یکی از آنها فلز باشد و مخلوط حاصل، خواص فلزی داشته باشد، آلیاژ گویند.

کار کلاسی



با توجه به تعریف آلیاژ جدول زیر را تکمیل نمایید.

تصویر	غیرآلیاژ	آلیاژ	اجزا		ماده
			اضافه شده	اصلی	
	☐	☐	کربن	آهن	فولاد
	☐	☐	اکسیژن	آهن	زنگ آهن
	☐	☐	روی	مس	برنج
	☐	☐	سرب	قلع	لحیم

ویژگی‌های آلیاژ لحیم نرم

آلیاژ لحیم نرم علاوه بر نقطه ذوب پایین باید دارای خاصیت ترکنندگی و موینگی مناسب باشد تا بتواند درز اتصال را به راحتی پر نماید و دو ورق را به راحتی به هم بچسباند. در جدول ۲ برخی از این خصوصیات آمده است.

جدول ۲- ویژگی‌های آلیاژ لحیم نرم

ویژگی	دلیل ویژگی آلیاژ لحیم	شرح
ترکنندگی زیاد	چگالی بالا	سبب باقی ماندن مذاب روی سطح ماده می‌شود.
	ظرفیت حرارتی بالا	سبب دیر سرد شدن مذاب می‌شود.
موینگی قوی	عدم ترکیب شیمیایی با ورق	واکنش بین اتم‌های مذاب و ورق انجام نمی‌شود.
	نقطه ذوب پایین	سطح ورق ذوب نشده و صافی سطح از بین نمی‌رود.
سیالیت بالا	نقطه ذوب پایین	با گرم کردن به راحتی ذوب شده و به آسانی حرکت می‌کند.

شماره گذاری آلیاژ لحیم

XX / XX

درصد سرب / درصد قلع

شماره گذاری آلیاژهای لحیم براساس مقدار درصد دو عنصر قلع و سرب در آن بوده و به صورت زیر می باشد.

آلیاژ ۷۰/۳۰ آلیاژی است که ۷۰ درصد وزنی قلع و ۳۰ درصد وزنی سرب دارد. در جدول ۳ برخی از آلیاژهای لحیم نشان داده شده است.

جدول ۳- ویژگی های آلیاژ لحیم نرم

آلیاژ	کد محصول	حداکثر نقطه ذوب	کاربرد
۳۰/۷۰	۳۰	۲۵۵	لحیم کاری لوله های مسی - تأسیسات - رادیاتور
۴۰/۶۰	۴۰	۲۳۵	اتصال لوله مسی
۵۰/۵۰	۵۰	۲۱۷	اتصال ورق
۶۰/۴۰	۶۰	۱۹۲	اتصال قطعات الکترونیک
۷۰/۳۰	۷۰	۱۹۰	

روان ساز

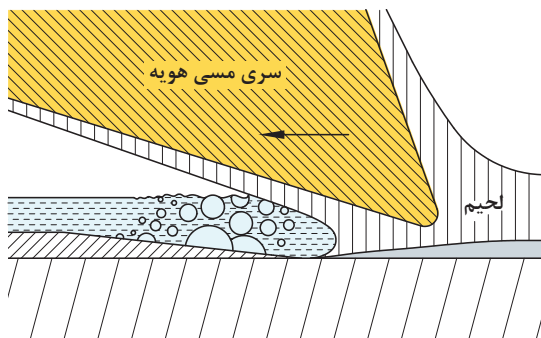


شکل ۶

ماده ای شیمیایی است که با هدف تمیزکاری سطوح و کمک به ایجاد اتصالی سالم و کامل استفاده می شود. تنه کارها معمولاً به صورت خمیری و مایع موجودند در صورتی که فلاکس به صورت خمیری باشد معمولاً ماده لحیم را به آن آغشته می کنند ولی فلاکس مایع توسط قلم مو روی سطح اتصال مالیده می شود. (شکل ۶)

تنه کارها با اهداف مختلفی در لحیم کاری استفاده می شوند که برخی از آنها عبارتند از:

- تمیزکاری سطح قبل از لحیم کاری
- مراقبت از زنگ زدگی سطوح
- کمک به سیلان بهتر لحیم در درز اتصال



شکل ۷- روان ساز و تبخیر آن هنگام لحیم کاری

خصوصیات روان ساز

- هنگام لحیم کاری به صورت مایع باقی مانده و همه سطح را پوشش دهد.
- زنگ زدگی و چربی را حل کند.
- به راحتی توسط مذاب لحیم بخار شده و مذاب لحیم جایگزین آن شود.

انواع تنه کار

در جدول ۴ به انواع تنه کار و کاربرد آنها اشاره شده است.

جدول ۴- انواع تنه کار

نوع	وظیفه	کاربرد	مزیت	عیب
فعال	حفاظت سطح اتصال از اکسیداسیون، انحلال و حذف آلودگی	اتصال ورق	عدم نیاز به تمیزکاری قبل از لحیم کاری	زنگ زدگی توسط بقایای آن بعد از لحیم کاری
غیرفعال	حفاظت سطح اتصال از اکسیداسیون	اتصال الکتریکی	عدم زنگ زدگی توسط بقایای آن بعد از لحیم کاری	تمیزکاری سطح قبل از لحیم کاری

لحیم پذیری

سهولت اتصال سطوح فلزی با عملیات لحیم کاری را لحیم پذیری گویند.

لحیم پذیری به عوامل زیر وابسته است:

- لقی بین سطوح در لحیم کاری
- ترشوندگی سطوح توسط ماده لحیم
- خاصیت موینگی ماده لحیم بر روی سطح

چهار طلق پلاستیکی صاف به ابعاد دلخواه ببرید. دو عدد از این طلق ها را با کمک چسب مایع بپوشانید. سطح دو طلق باقی مانده را با روغن کاملاً بپوشانید و سپس آنها را با کمک چسب به هم بچسبانید. در کدام حالت اتصال ایجاد شده مقاوم تر است؟

کار کلاسی

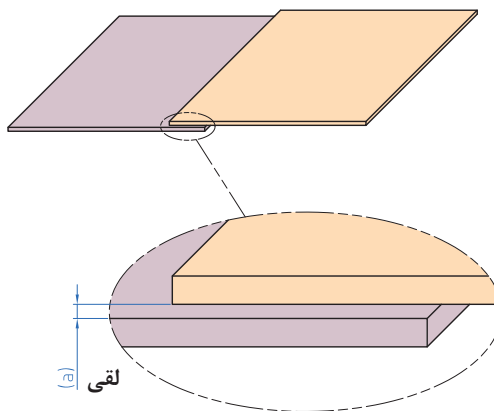


لقی

به فضای خالی موجود بین دو سطح کنار هم در طرح اتصال لقی گفته می شود شکل ۸ در صورتی که مقدار لقی بیش از ۰/۵ میلی متر باشد. خاصیت موینگی حذف شده و نفوذ آلیاژ لحیم به سختی انجام خواهد شد. هر اندازه لقی کمتر باشد، استحکام اتصال بهتر خواهد بود. به نظر شما علت این مسئله چیست؟ در جدول ۵ لقی مورد نیاز در قطعات مختلف آورده شده است.

جدول ۵

ردیف	نوع ورق	لقی (μm)
۱	روغنی	کمتر از ۷۵
۲	سیاه	کمتر از ۷۵
۳	قلع اندود	کمتر از ۲۵



شکل ۸

تأثیر میزان لقی بر استحکام اتصال در لحیم کاری چگونه است؟

لقی کم)

لقی زیاد)

کار کلاسی



خاصیت موینگی



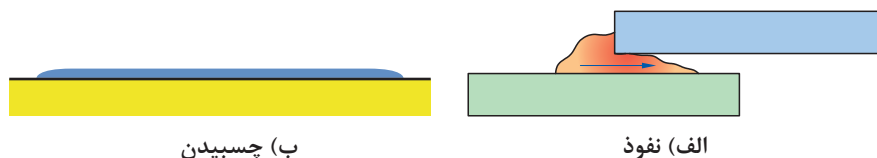
شکل ۹

دو تکه پارچه سفید رنگ به طول حداقل ۳۰ سانتی متر تهیه کنید، همانند شکل ۹ یک سر پارچه ها را در لیوان های آبرنگ قرار دهید. سر دیگر پارچه را در لیوانی خالی قرار دهید. با گذشت زمان اتفاق رخ داده شده را یادداشت نمایید. علت این امر را چه می دانید؟

پاسخ:

خاصیت نفوذ مداوم و آرام یک سیال بین دو سطح یا درون یک جسم جامد را موینگی گویند. در عملیات لحیم کاری، لحیم مذاب دو وظیفه به عهده دارد:

- نفوذ در درون درز اتصال. (شکل ۱۰-الف)
- چسبیدن مذاب لحیم به سطح ورق‌ها. (شکل ۱۰-ب)



شکل ۱۰

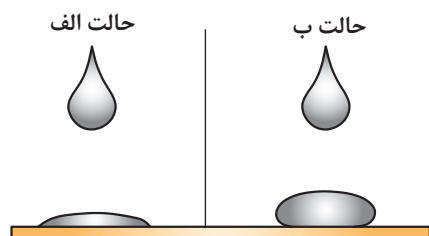
به نظر شما به دو خاصیت گفته شده در شکل ۱۰ چه می گویند؟

کار کلاسی



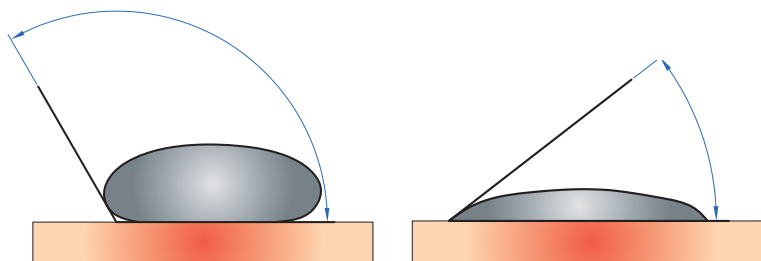
خاصیت ترشوندگی

به شکل ۱۱ نگاه کنید، در کدام حالت قطره مذاب سطح جامد را بیشتر تر کرده است؟



شکل ۱۱-قابلیت ترشوندگی مایع روی سطح جامد

به قابلیت چسبیدن مولکول‌های مایع بر روی سطح جامد، خاصیت ترشوندگی می گویند. این خاصیت در لحیم کاری از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد. هر چه مقدار ترشوندگی آلیاژ لحیم بیشتر باشد، اتصال مستحکم تر خواهد شد. در شکل ۱۲ نحوه قرارگیری قطره آب بر روی سطوح ورق‌های مثال قبل نشان داده شده است. به زاویه بین قطره و سطح ورق، زاویه ترشوندگی گویند.



شکل ۱۲



با توجه به شکل ۱۲ به نظر شما ارتباط بین زاویه ترشوندگی و قابلیت ترشوندگی در چیست؟
پاسخ:

روش تأمین گرما

گرما از طریق المنت الکتریکی، شعله گاز و یا استفاده کوره (مستقیم و غیرمستقیم) ایجاد می شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

منبع گرما با استفاده از کوره

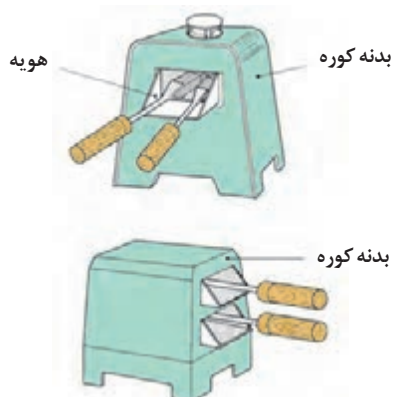
این روش از قدیمی ترین روش های گرم کردن هویه می باشد. در این روش، لحیم کاری به دو صورت انجام می شود.

در روش مستقیم، پس از قرار دادن ماده واسط و روان ساز روی قطعات برای ایجاد اتصال مناسب در زمان مشخصی داخل کوره قرار داده می شوند.

در روش غیرمستقیم، با گرم کردن چکش مسی که درون کوره قرار گرفته گرما به قطعه و ماده پرکننده اعمال می شود. امروزه به جای استفاده از کوره های ثابت از منبع حرارتی که توسط کپسول های گاز سوختنی پرتابل ایجاد می شود تأمین می گردد.

منبع گازی

در این روش نوک هویه با یک مشعل گازی گرم می شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۴

شکل ۱۵

منبع الکتریکی

در این روش به کمک المنت الکتریکی که درون هویه تعبیه شده است نوک آن را گرم می کنند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶

مقایسه روش های لحیم کاری با هویه در جدول ۶ نشان داده شده است

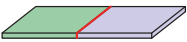
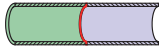
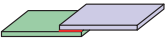
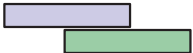
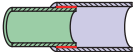
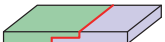
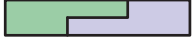
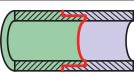
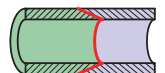
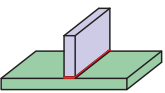
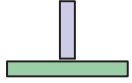
جدول ۶



انواع طرح اتصال

انتخاب طرح اتصال به گونه‌ای باید باشد که علاوه بر چسبندگی، مقاومت مناسب نیز به همراه داشته باشد. در جدول ۷ برخی از طرح‌های اتصال رایج در لحیم کاری آورده شده است.

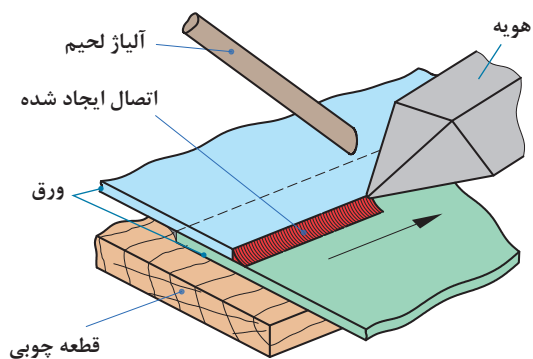
جدول ۷

شماتیک اتصال	نام طرح اتصال	نمای اتصال
	لب به لب	
		
	لب روی هم	
		
	لب روی هم سر به سر	
		
	سر به سر مورب	
		
	فرنگی پیچ	
	سه پری T شکل	

لحیم کاری با هویه

اتصال بسیاری از جواهرآلات و ظروف که در زمره آثار باستانی محسوب می‌شوند به کمک این روش انجام شده است.

در این روش ذوب ماده لحیم توسط هویه داغ انجام می‌شود.



شکل ۱۷

لحیم کاری نرم

برای اجرای لحیم کاری مراحل زیر را اجرا کنید.

■ **آماده سازی:** جدولی مطابق با جدول ۸ آماده کنید و قبل از شروع به کار از موجود بودن تجهیزات و مواد مصرفی مورد نیاز اطمینان حاصل نمایید. جدول را با کمک هنرآموز محترم خود تکمیل نمایید.

جدول ۸- چک لیست تجهیزات

منبع گرما			تجهیزات و مواد مصرفی
هویه برقی	۱-.....	۴-.....	۷-.....
	۲-.....	۵-.....	۸-.....
	۳-.....	۶-.....	۹-.....
هویه گازی	۱-.....	۴-.....	۷-.....
	۲-.....	۵-.....	۸-.....
	۳-.....	۶-.....	۹-.....
هویه کوره ای	۱-.....	۴-.....	۷-.....
	۲-.....	۵-.....	۸-.....
	۳-.....	۶-.....	۹-.....

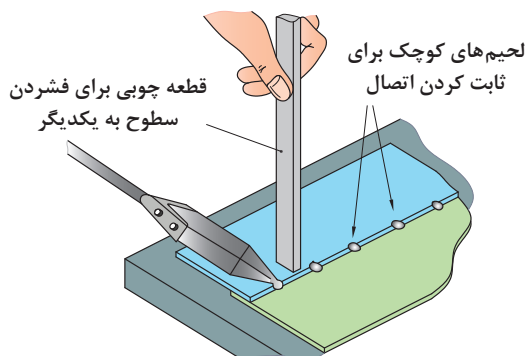
■ **تمیزکاری سطح اتصال:** سطح اتصال را بررسی نمایید، اگر سطح چرب یا زنگ زده باشد باید با فلاکس فعال سطح را آغشته نمایید. در غیر این صورت با استفاده از سنباده زنگ زدگی و با پارچه آغشته به الکل، یا اسیدشویی، چربی ها و اکسیدها را از بین ببرید.



■ **کنترل تمیزی نوک هویه:** نوک هویه را بررسی نمایید و اگر اثری از آلودگی ملاحظه شد، با مالیدن نوک هویه درون تمیزکننده و یا کشیدن پارچه آغشته به فلاکس مایع عمل پاک سازی را انجام دهید.

شکل ۱۸- کنترل تمیزی نوک هویه

■ **گرم کردن هویه:** برای اطمینان از گرمایش کافی هویه، نوک آن را به آلیاژ لحیم بچسبانید. در صورت تولید قطرات مذاب، دمای هویه مناسب است. در صورتی که لحیم مذاب دود کند و تیره رنگ شود دما بیش از اندازه است و باید هویه کمی خنک شود.



شکل ۱۹

■ **مونتاژ قطعات:** هنگام اتصال ورق ها برای ثابت نگه داشتن لبه های اتصال باید فواصل مناسبی از قطعه را با ریختن اندکی مذاب لحیم به یکدیگر اتصال داد تا در هنگام اجرای لحیم کاری محکم در جای خود بمانند (شکل ۱۹).



شکل ۲۰

■ **ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم:** شکل ۲۰ نمای از پرکردن درز اتصال توسط مذاب لحیم را نشان می دهد.

■ **تمیزکاری پس از لحیم کاری:** پس از انجام لحیم کاری باید اطمینان حاصل کنید که اثری از فلاکس بر روی سطح اتصال باقی نمانده باشد در غیر این صورت با پارچه تمیز سطح لحیم را تمیز کنید.

■ **بررسی نهایی:** پس از تمیزکاری، سطح لحیم را به دقت بازرسی کنید تا از پوشش یکنواخت ماده لحیم اطمینان حاصل شود تا در صورت نیاز جهت ترمیم نقاط معیوب اقدام شود.



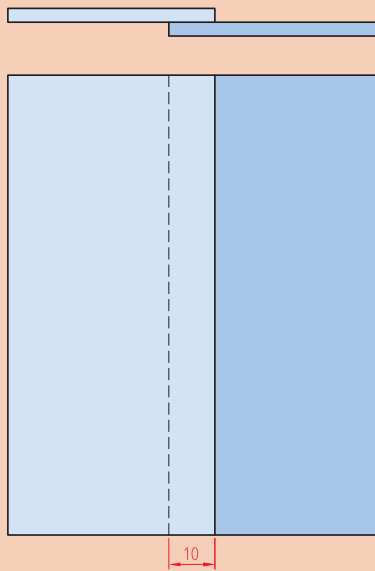
شکل ۲۱- تجهیزات بازرسی



لحیم کاری ورق های فولادی

براساس نقشه دو عدد ورق فولادی به ابعاد $۱۰۰ \times ۴۰ \times ۱$ میلی متر آماده کنید

مراحل انجام کار



- ❑ دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- ❑ جانمایی نقشه روی ورق
- ❑ تمیزکاری قطعات
- ❑ کنترل تمیزی نوک هویه
- ❑ گرم کردن هویه
- ❑ ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم
- ❑ تمیزکاری پس از لحیم کاری
- ❑ کنترل نهایی قطعه
- ❑ تحویل قطعه کار پس از سرد کردن آن به هنرآموز محترم جهت

بررسی

وسایل و تجهیزات: جدول زیر را تکمیل نموده و تجهیزات مورد نیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

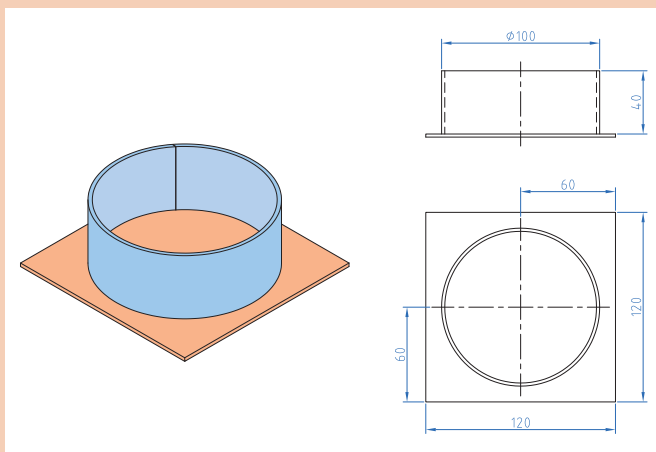
تجهیزات		
نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

ایمنی

- ❑ از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید
- ❑ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ❑ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ❑ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

رعایت مسائل زیست محیطی

- ❑ تفکیک ضایعات لحیم کاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- ❑ برای بازیافت، دورریز ورق ها را در یک محفظه مخصوص نگهداری کنید



لحیم کاری لوله به صفحه

با توجه به نقشه ورق‌های فولادی به ابعاد $120 \times 120 \times 1 \text{ mm}$ و $137 \times 20 \times 1$ را آماده کنید.

مراحل انجام کار

- دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- ساخت لوله و جانمایی قطعات
- تمیزکاری قطعات
- کنترل تمیزی نوک هویه
- گرم کردن هویه
- ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم
- تمیزکاری پس از لحیم کاری
- کنترل نهایی قطعه
- تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

وسایل و تجهیزات: جدول زیر را تکمیل نموده و تجهیزات مورد نیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

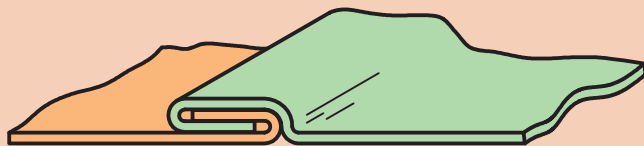
تجهیزات		
نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

رعایت مسائل زیست محیطی

- تفکیک ضایعات لحیم کاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- برای بازیافت، دورریز ورق‌ها را در یک محفظه مخصوص نگهداری کنید.



لحیم کاری فرنگی پیچ

با توجه به شکل روبه رو ورق فولادی
به ابعاد ۵/۵×۵۰×۱۲۰ میلی متر
آماده کنید.

مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- ☐ ساخت پیچک
- ☐ تمیزکاری قطعات
- ☐ کنترل تمیزی نوک هویه
- ☐ گرم کردن هویه
- ☐ ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم
- ☐ تمیزکاری پس از لحیم کاری
- ☐ کنترل نهایی قطعه
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

وسایل و تجهیزات: جدول زیر را تکمیل نموده و تجهیزات مورد نیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

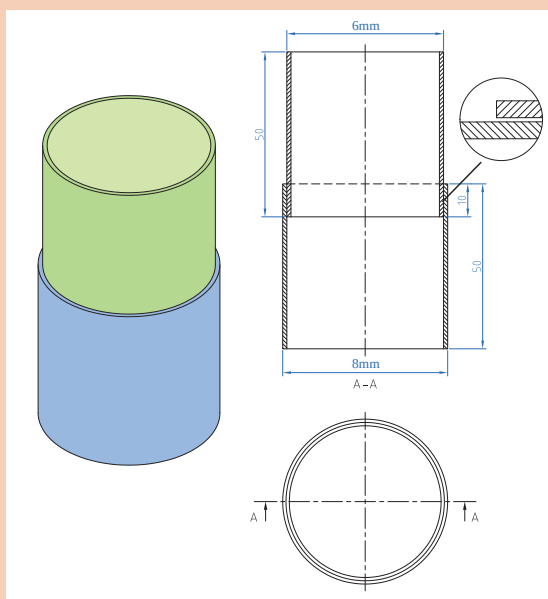
تجهیزات		
نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

رعایت مسائل زیست محیطی

- ☐ تفکیک ضایعات لحیم کاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- ☐ برای بازیافت، دورریز ورق ها را در یک محفظه مخصوص نگهداری کنید.



لحیم کاری لوله به لوله

با توجه به نقشه داده شده دو لوله مسی به سایز ۶mm و ۸mm را آماده نموده و لحیم کاری کنید.

مراحل انجام کار

- ❑ دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- ❑ ساخت قطعات طبق نقشه
- ❑ تمیزکاری قطعات
- ❑ کنترل تمیزی نوک هویه
- ❑ گرم کردن هویه
- ❑ ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم
- ❑ تمیزکاری پس از لحیم کاری
- ❑ کنترل نهایی قطعه
- ❑ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

وسایل و تجهیزات: جدول زیر را تکمیل نموده و تجهیزات مورد نیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

تجهیزات		
نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

ایمنی

- ❑ از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- ❑ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ❑ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ❑ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

رعایت مسائل زیست محیطی

- ❑ تفکیک ضایعات لحیم کاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- ❑ برای بازیافت، دورریز ورق ها را در یک محفظه مخصوص نگهداری کنید.



لحیم کاری اتصال سپری

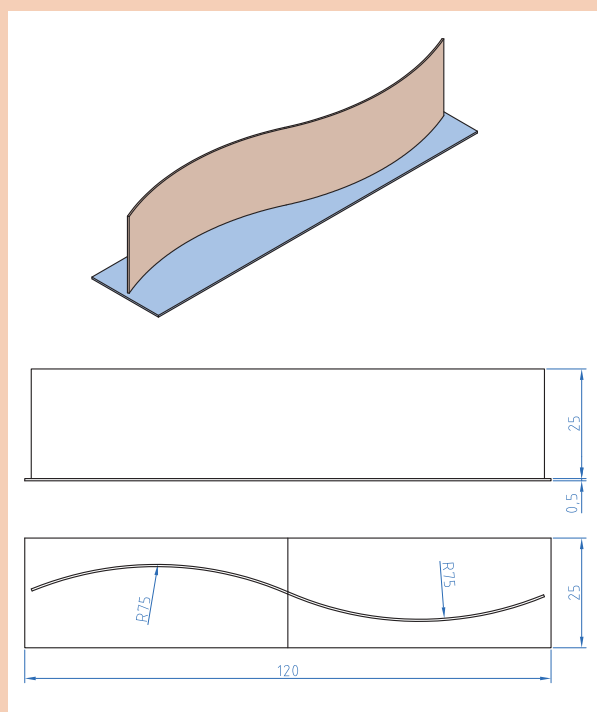
با توجه به نقشه روبه‌رو ورق فولادی به ابعاد $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۰/۵$ میلی‌متر آماده کنید.

مراحل انجام کار

- ❑ دریافت وسایل موردنیاز از انبار
- ❑ قوس‌دار کردن ورق بالایی طبق نقشه
- ❑ تمیزکاری قطعات
- ❑ کنترل تمیزی نوک هویه
- ❑ گرم کردن هویه
- ❑ ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم
- ❑ تمیزکاری پس از لحیم‌کاری
- ❑ کنترل نهایی قطعه
- ❑ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

وسایل و تجهیزات

جدول زیر را تکمیل نموده و تجهیزات موردنیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.



تجهیزات		
نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

ایمنی

- ❑ از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- ❑ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ❑ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ❑ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

رعایت مسائل زیست‌محیطی

- ❑ تفکیک ضایعات لحیم‌کاری پس از اتمام کار جهت بازیافت
- ❑ برای بازیافت، دورریز ورق‌ها را در یک محفظه مخصوص نگهداری کنید.

ارزشیابی شایستگی لحیم کاری نرم

شرح کار: ■ تمیزکاری و آماده سازی تجهیزات ■ راه اندازی منابع حرارتی ■ لحیم کاری ■ تمیزکاری پسماندها و آلودگی ها			
استاندارد عملکرد: لحیم کاری نرم قطعات فلزی و آشنایی با به کارگیری روش اکسی سوخت مطابق نقشه			
شاخص ها: ■ انتخاب آلیاژ لحیم کاری و انتخاب روانساز و انتخاب گاز و سربک برابر دستورالعمل ■ تمیزکاری سطح قطعه برابر دستورالعمل ■ اتصال دو لوله برابر نقشه ■ اتصال دو صفحه برابر با نقشه ■ تمیزکاری مکانیکی و شیمیایی قطعه و کنترل استحکام برابر دستورالعمل			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه (محیط کار)، مجهز به تهویه، تجهیزات لحیم کاری، منبع حرارتی، مواد مصرفی (شمش لحیم، روان ساز)، میز کار مخصوص حلال های شیمیایی، برس سیمی و برقی، سنگ سمباده، قلم مویی، کاغذ سمباده، نشادر، خط کش فلزی، روانساز، نقشه کار ابزار و تجهیزات: تجهیزات و منابع حرارتی، وسایل ایمنی			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنجار
۱	آماده سازی مواد	۱	
۲	آماده سازی دستگاه	۲	
۳	لحیم کاری	۲	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* استفاده از لوازم ایمنی کار فردی - مدیریت مواد و تجهیزات - دقت در کار با اسیدها و روانسازها - پیشگیری از نشر بخار		۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنجار برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.			

واحد یادگیری ۲

لحیم کاری سخت فلزات غیر آهنی

آیا تابه حال پی برده اید؟

- برای اتصال فلزات غیرهم جنس که امکان جوشکاری وجود ندارد می توان از روش لحیم کاری استفاده کرد.
- با روش اکسی استیلن می توان فلزات غیرآهنی را به هم متصل نمود.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی لحیم کاری سخت هنجریان قادر به لحیم کاری ورق و لوله غیرآهنی با به کارگیری روش اکسی سوخت برابر نقشه خواهند بود.

فلزات غیر آهنی

شکل ۲۲ برخی از پرکاربردترین فلزات غیر آهنی را نشان می دهد.



پ) آلومینیومی



ب) برنجی



الف) مسی

شکل ۲۲- نیم ساخته برخی از فلزات پر کاربرد غیر آهنی

جدول ۹ انواع منابع تولیدکننده انرژی در لحیم کاری سخت را نشان می دهد.

جدول ۹- انواع منابع تولیدکننده انرژی در لحیم کاری سخت

ردیف	منبع انرژی	تصویر	توضیحات	کاربرد
۱	شیمیایی		با استفاده از ترکیب یک گاز سوختنی و اکسیژن گرمای مورد نیاز برای لحیم کاری تأمین می شود.	در تمامی کاربردهای لحیم کاری
۲	انرژی مقاومتی		فک های دستگاه مقاومتی مستقیماً به قطعه کار متصل می شوند.	در ساخت انواع اتصالاتی که به دو طرف قطعه کار دسترسی داشته باشیم کاربرد دارد.
۳	انرژی القایی		مولد جریان مستقیماً به قطعه کار متصل نمی شود و جریان از طریق سیم پیچ به قطعه کار القا می شود.	در مواردی که قطعه کار به اکسیداسیون حساس باشد کاربرد دارد.
۴	قوس الکتریکی		قوس الکتریکی بین الکترود و قطعه، حرارت مورد نیاز برای اتصال را فراهم می سازد.	در صنایع خودروسازی و تولیدات انبوه



مزایا و محدودیت‌های هریک از روش‌های لحیم‌کاری را نسبت به جوشکاری در جدول زیر بنویسید.

ردیف	روش	مزایا	محدودیت‌ها
۱	اکسی‌گاز	.....	.....
۲	مقاومتی	.....	.....
۳	القایی	.....	.....
۴	قوس الکتریکی	.....	.....

لحیم‌کاری فلزات مختلف

مس

مس فلزی است نسبتاً سنگین با قابلیت شکل‌پذیری، انتقال گرما و هدایت الکتریکی بالا. اینها مهم‌ترین عواملی هستند که باعث شده‌اند مس کاربرد بسیار زیادی در صنعت، زندگی و هنر داشته باشند. شکل ۲۳ نمونه‌ای از کاربردهای فلز مس را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳- برخی از کاربردهای فلز مس

آلیاژهای مس

جدول ۱۰ روش نام گذاری آلیاژهای پر کاربرد مس را نشان می دهد.

جدول ۱۰-۱- طریقه نام گذاری آلیاژهای کارپذیر مس

ردیف	کد آلیاژ	عنصر آلیاژی	نام
۱	C1XXXX	Cu	مس خالص
۲	C2XXXX	Cu-Zn	برنج
۳	C3XXXX	Cu-Zn- Pb	برنج سرب دار
۴	C4XXXX	Cu-Zn- Sn	برنز قلعه دار
۵	C5XXXX	Cu- Sn	برنز فسفر دار
۶	C6XXXX	Cu- Sn- Al,Si	برنز آلومینیوم و برنز سیلیسیم
۷	C7XXXX	Cu- Ni,Cu-Ni-Zn	برنز نیکل (نیکل نقره)

اتصال مس

روش اتصال قطعات مسی و آلیاژهای آن به صورت زیر انجام می شود.

- مکانیکی
- جوشکاری
- لحیم کاری



شکل ۲۴- استفاده از تکنیک فورج و طرح دم چلچله در اتصال دیگ های مسی

■ مکانیکی

روش سنتی اتصال مس است. به دلیل نرمی و انعطاف مس می‌توان لبه‌های روی هم قرار گرفته را با استفاده از ابزار دستی مانند چکش و قالب تنه و سندان به روش آهن‌گری و پرچ‌کاری متصل می‌کنند. این اتصال می‌تواند به صورت آب‌بند نیز باشد. در این روش برای اتصال لوله‌های مسی، اتصالات فشاری به کار می‌روند.

■ جوشکاری

مس یکی از فلزاتی است که بیشترین هدایت گرمایی را دارد و جوشکاری آن به دلیل سریع سرد شدن قطعه نیاز به پیش‌گرم یا گرمایش پیوسته قطعه در زمان انجام کار را دارد لذا جوشکاری قطعات مسی باید با یک سری تمهیدات انجام شود.

■ لحیم‌کاری

این روش به دلیل سادگی، کاربرد فراوانی دارد و حتی بیشتر از جوشکاری برای آلیاژهای مسی استفاده می‌شود. در صنایع الکترونیک، لوله‌کشی، ساخت جواهرات و حتی تعمیرات کاربرد گسترده‌ای دارد. برخلاف جوشکاری در این روش فقط فلز پرکننده (لحیم) ذوب می‌شود و فلزات پایه ذوب نمی‌شود.

مراحل لحیم‌کاری سخت مس:

تمیزکاری: در مس به راحتی می‌توان لبه‌های اتصال را با حلال شیمیایی مانند استن، تینر و یا با سنباده تمیز نمود. انتخاب فلز پرکننده: در بخش زرد جوش با انواع آلیاژ سیم برنج آشنا شده‌اید که با توجه به آن می‌توانید سیم برنج را انتخاب نمایید. با توجه به جنس و ضخامت فلز پایه و شرایط سرویس می‌توان از فلز پرکننده متفاوت استفاده نمود. جدول ۱۱ آلیاژهای پر کاربرد برنج و نقره را در لحیم‌کاری سخت نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- ترکیب شیمیایی مفتول‌های بریزینگ با روش اکسی‌استیلن «مشعل» مطابق استاندارد AWS:A5.27-78

مفتول لحیم‌کاری سخت شعله‌ای	نام تجاری	مس + نقره	روی	قلع	منگنز	آهن	سیلیسیم	کبالت	فسفر	آلومینیوم	سرب	سایر عناصر
RB CuZn-A	برنج دریایی	۵۷-۶۱	باقی‌مانده	۰/۲۵-۱	-	-	-	-	-	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۵
RB CuZn-B	-	۵۸	۳۸	۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۷	۰/۰۸	-	-	-	-	۰/۵
R CuZn-C	-	۵۸	۳۹	۰/۹۵	۰/۲۵	۰/۷	۰/۰۸	-	-	-	-	۰/۵
R CuZn-D	برنج نیکل‌دار	۴۶-۵۰	باقی‌مانده	-	-	-	۰/۰۴-۰/۲۵	۹-۱۱	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۵

نکته

در مواقعی که انتقال گرما و الکتریسیته مدنظر باشد استفاده از سیم‌های نقره اولویت پیدا می‌کند.

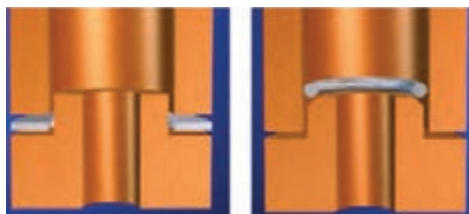


جدول ۱۲- منتخبی از مواد لحیم سخت، طبق استاندارد «DIN8313»

گروه	علامت اختصاری	ترکیب اجزای آلیاژ به درصد وزن	دمای کار °C	کاربرد
مواد لحیم سخت Ag-Ca-Cd	L-Ag67Cd	Ag=۶۷, Cu=۱۱ Cd=۱۰, Zn بقیه	۷۱۰	فلزات اصیل
	L-Ag50Cd	Ag=۵۰, Cu=۱۵ Cd=۱۷, Zn بقیه	۶۴۰	فلزات اصیل، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص (زنگ نزن)
	L-Ag45Cd	Ag=۴۵, Cu=۱۷ Cd=۲۰, Zn بقیه	۶۲۰	فلزات اصیل، پوشش طلا، روی، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص
مواد لحیمی سخت Ag-Ca-Zn	L-Ag30Cd	Ag=۳۰, Cu=۲۸ Cd=۲۱, Zn بقیه	۶۸۰	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل
	L-Ag83	Ag=۸۳, Zn=۲ Cd بقیه	۸۳۰	فلزات اصیل
	L-Ag67	Ag=۶۷, Cu=۲۳ Zn بقیه	۷۳۰	
	L-Ag60Cd	Ag=۶۰, Cu=۲۳ Cd=۳, Zn بقیه	۶۸۰	
	L-Ag25	Ag=۲۵, Cu=۴۱ Zn بقیه	۷۸۰	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل
مواد لحیمی سخت ویژه Ag	L-Ag85	Ag=۸۵ Ma بقیه	۹۶۰	فولاد، نیکل، آلیاژهای نیکل
	L-Ag72	Ag=۷۲ Ca بقیه	۷۸۰	مس، آلیاژهای مس و نیکل
	L-Ag27	Ag=۲۷, Cu=۳۴ Ma=۱۰ و Zn=۲۲ بقیه	۸۴۰	فلز سخت، روی، فولاد، مواد خام تنگستن و مولیبدن

جدول ۱۳- انواع لحیم‌های سخت، مواد تشکیل‌دهنده، دمای کار و موارد مصرف آنها

نام لحیم	علامت اختصاری	مقدار درصد فلز	درجه حرارت کار °C	موارد مصرف لحیم (بهترین مورد مصرف)
لحیم فسفر	L _{Cu} P8	فسفر ۸ درصد مس ۹۲ درصد	۷۱۰	برای کارهای مس و کارهایی که فشار و کشش کم باشد
لحیم برنج - نقره	LMS Ag	مس ۵۰ درصد نقره ۴ تا ۶ درصد روی ۴۰ درصد سرب ۴ تا ۶ درصد	۸۱۰	برای قطعات فولادی دیواره نازک تا یک میلی متر از قبیل: چدن، آهن
برنج ۴۲	LM _s 42	مس ۴۱ تا ۴۹ درصد روی حداقل ۵۶ درصد	۸۵۴	برای کارهای مس و آلیاژهای آن نیکل و آلیاژهای آن و کارهای برنج
لحیم برنج ۴۸	LM _s 48	مس ۴۷ تا ۴۹ درصد روی حداقل ۵۰ درصد	۸۷۰	برای برنج با بیش از ۶۰ درصد مس، مس و آلیاژهای آن، فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۵۴	LM _s 54	مس ۵۵ درصد روی ۴۴ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۸۹۰	برای مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۶۰	LM _s 60	مس ۶۰ درصد روی ۳۸ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۹۰۰	برای مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه.
لحیم برنج ۸۵	LM _s 85	مس ۸۶ درصد روی ۱۳ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۱۰۲۰	مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه
لحیم مس	Cu	مس الکترولیت	۱۱۰۰ ۱۱۵۰	قطعات فولادی که تحت فشار زیاد باشند.



الف ب

شکل ۲۵- تصویر شماتیک از فلز پرکننده به شکل
(الف) حلقه‌ای و (ب) واشر

فلزهای پرکننده با توجه به شرایط استفاده به صورت شاخه، حلقه یا واشر به شکل توپودری یا توخالی تولید می‌شود (شکل ۲۵).

نکته



شکل ۲۶ فیلرهای حلقوی را نشان می‌دهد.



(پ) محصول نهایی

(ب) لحیم کاری

(الف) مونتاژ

شکل ۲۶- مراحل ایجاد لحیم با استفاده از فیلرهای حلقوی



شکل ۲۷- تصویر روان ساز
برنج

اعمال پیش گرما: با توجه به انتقال گرمای بالا در مس لازم است لبه‌های اتصال را مدت کوتاهی با توجه به حجم قطعه پیش گرما دهیم.

اعمال روان ساز: روان سازهای مورد استفاده در این فرایند معمولاً از نوع پودری است. برای آغشته شدن مفتول به روان ساز باید اندکی مفتول را گرم کرد و سپس آن را در روان ساز فرو برد (شکل ۲۷).

جدول ۱۵ اطلاعات مربوط به انواع روان سازها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴- نام و مشخصات فلاکس‌ها در لحیم سخت

نام	نام روان ساز	فرمول شیمیایی
۱	براکس	Na ₂ B ₄ O ₇ و 10H ₂ O
۲	کلرید سدیم	NaCl
۳	کلرید پتاسیم	KCl
۴	کربنات پتاسیم	K ₂ CO ₃
۵	اسید بوریک	H ₃ BO ₃
۶	کلرید آمونیم	NH ₄ CL

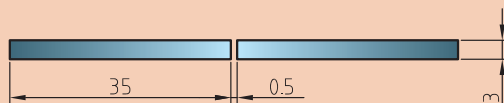
مرحله لحیم کاری: شعله خنثی را با توجه به ضخامت آماده نموده و متذکر می‌شود که شدت شعله نسبت به جوش فولاد باید کمی بیشتر باشد تا جبران انتقال گرما را بنماید.

مرحله کنترل کیفیت: یکنواختی سطح اتصال، نفوذ یکپارچه، بخار نشدن لحیم برنج و عدم تابیدگی از نشانه‌های لحیم خوب است و بعد از آن تست‌های آب‌بندی و تست تخریب از جمله اقدامات لازم برای تست و کنترل کیفیت اتصال است.

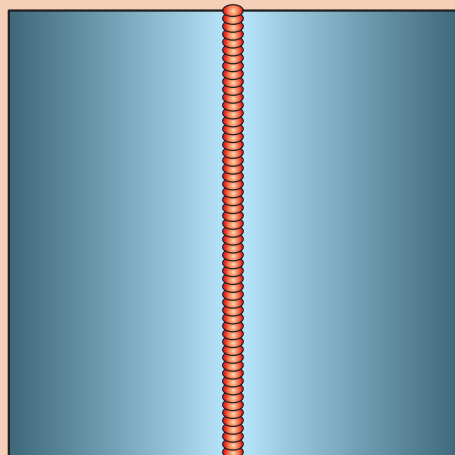


اتصال لب به لب ورق مسی با فرایند لحیم سخت برنج

دستور کار:



قطعات را مطابق با نقشه روبه‌رو آماده‌سازی و مونتاژ نمایید و برابر دستورالعمل داده شده لحیم‌کاری نمایید.



نقشه اتصال سر به سر

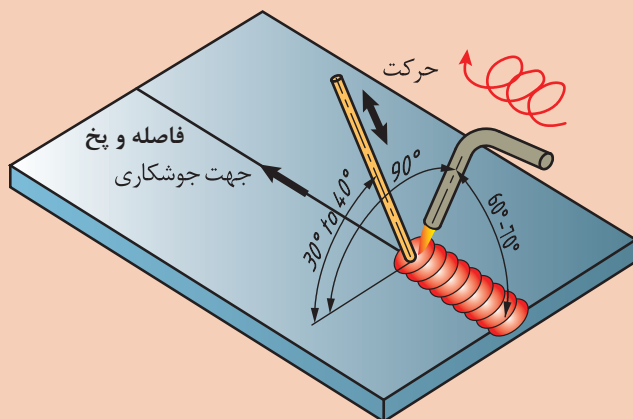
موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی‌گاز
مواد اولیه	دو قطعه ورق سری C100 مس با ابعاد $120 \times 30 \times 2$
مواد مصرفی	سیم جوش برنج قطر ۲ میلی‌متر و روان‌ساز

نکات اجرایی

- ☐ آماده‌سازی و تمیزکاری اتصال
- ☐ انتخاب فلز پرکننده مناسب
- ☐ پیش‌گرم
- ☐ انجام لحیم‌کاری مطابق دستورالعمل

نکته:

برای بهبود شرایط اجرا می‌توان بعد از مرحله گرم‌کاری قطعه، محل اتصال را نیز به روان‌ساز آغشته کرد.



زوایای مورد استفاده در لحیم‌کاری سخت مس با برنج

شرح فعالیت:

- ۱ قطعات را تاب گیری نموده و لبه ها را حدود ۵ میلی متر از دو طرف با سنباده نرم تمیز کنید و روی زیر کاری قرار داده و با فیکسچر محکم نمایید.
- ۲ شعله خنثی را آماده نموده و لبه های اتصال را پیش گرما دهید. این عمل حدود یک دقیقه در طول خط اتصال نوسان داشته باشد.
- ۳ سیم جوش برنجی را با سنباده تمیز نمایید و پیش گرما دهید و سپس داخل روان ساز فرو نمایید تا مانند الکتروود روکش دار شود.
- ۴ مشعل را با فاصله حدود یک سانتی متر و زاویه ۷۰ درجه به لبه قطعه نزدیک نمایید و مدت کوتاهی گرم نمایید و سیم برنج را در اتصال فرو ببرید.

دو نکته حائز اهمیت در این مرحله:

- ۱ برنج مانند ساچمه روی سطح پخش نشود که دلیل این پدیده گرمای ناکافی در سطح اتصال است.
 - ۲ اگر چنانچه در اثر برخورد سیم برنجی به سطح قطعه بخار سفید رنگ متصاعد شود یعنی گرمای اتصال خیلی بیشتر از نقطه ذوب لحیم است و باید گرما کمتر شود.
- سپس در طرف دیگر هم خال جوش بزنید. اکنون قطعه کار را بررسی کنید که تاب نداشته باشد و با زاویه ۷۰ درجه از سمت راست لحیم کاری را انجام دهید و کمی سرعت را افزایش داده و زاویه را به آرامی تا ۴۵ درجه کاهش دهید.
- کنترل کیفیت: با توجه به مطالبی که آموخته اید و راهنمایی هنرآموز خود قطعه را مورد بازرسی قرار داده و در صورت لزوم تست تخریب را انجام دهید.

نکته



نباید پهنای لحیم از ۵ میلی متر بیشتر باشد تا از اسراف بیش از حد آلیاژ لحیم و تنش حرارتی جلوگیری شود. در اتصال لحیم سخت هرچه فاصله درز اتصال کمتر باشد کیفیت اتصال بهتر است. پیش گرمایش و تمیز کاری در این فرایند باعث نفوذ بهتر لحیم می شود. پس در مواردی که آب بندی اتصال اهمیت دارد نیز می توان اتصال مطلوب را انتظار داشت.

نکات ایمنی

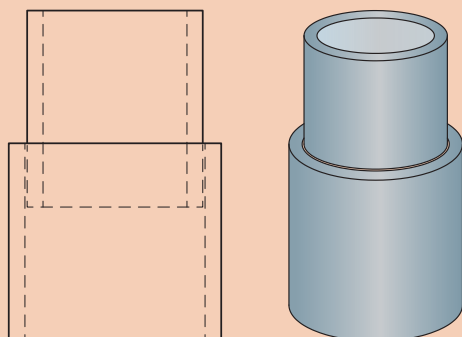


- شرایط ایمنی کلی در این اتصال همانند جوشکاری اکسی استیلن و لحیم کاری سخت است. فقط دقت شود:
- دستان آلوده به روان ساز را هرگز به چشمانتان نزنید.
 - در صورت آلوده شدن چشم ها به روان ساز ابتدا حدود ۱۰ دقیقه آنها را با آب سرد بشویید و سپس در اسرع وقت به پزشک مراجعه نمایید.
 - در حین کار از عینک، دستکش و وسایل ایمنی فردی استفاده شود.



لحیم سخت مس با آلیاژ نقره

دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه زیر آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستورالعمل ارائه شده جوشکاری نمایید.



نقشه اتصال لوله مسی

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
مواد اولیه	دو قطعه لوله مسی قطر نیم اینچ طول ۱۰ سانتی متر
مواد مصرفی	سیم جوش نقره قطر ۲ میلی متر و روان ساز

شرح فعالیت:



قطعه مخروطی برای باز دهانه لوله

- ۱ ابتدا با استفاده از قالب مخروطی یا قسمت مخروطی سندان، دهانه یکی از لوله ها را باز کرده تا دو لوله داخل هم جانمایی شوند.
- ۲ تمیز کاری با سنباده: لبه های داخلی و خارجی را با سنباده تمیز نمایید و لوله را داخل هم قرار دهید و با اندکی فشار محکم کنید.
- ۳ قطعه را داخل گیره قرار دهید و شعله خنثی را روشن نمایید و به آرامی لبه اتصال را پیش گرم نمایید.



پاشش روان ساز در درز اتصال

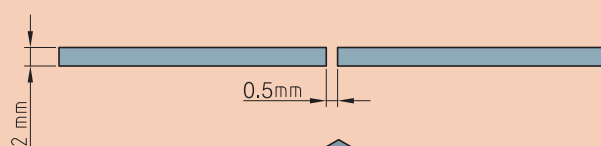
- ۴ روان ساز نقره را مانند نمک پاش در درز اتصال بپاشید.
- ۵ سیم جوش نقره را داخل روان ساز فرو ببرید دوباره قطعه را پیش گرم نمایید تا روان ساز ذوب شود.
- ۶ هنگامی که کمی لوله مسی تغییر رنگ داد در دو نقطه خال جوش بزنید تا سیم نقره کاملاً در درز اتصال سیالیت پیدا کند. دقت نمایید اتصال کاملاً پر شده باشد و آب بندی اتصال را توسط فشار باد یا آب چک کنید.



- شرایط ایمنی کلی در این اتصال همانند جوشکاری اکسی استیلن و لحیم کاری سخت است. فقط دقت شود:
- ❑ دستان آلوده به روان ساز را هرگز به چشمانتان نزنید.
- ❑ در صورت آلوده شدن چشم‌ها به روان ساز ابتدا حدود ۱۰ دقیقه آنها را با آب سرد بشویید و سپس در اسرع وقت به پزشک مراجعه نمایید.
- ❑ در حین کار از عینک، دستکش و وسایل ایمنی فردی استفاده شود.

لحیم کاری اتصالات برنجی و آلومینیومی

از آنجایی که این گونه اتصالات با فیلرهای هم جنس اجرا می شوند، بیشتر مشابه جوش هستند تا لحیم، لذا با توجه به کاربرد فراوان و روش اجرایی مشابه لحیم کاری، در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.



نقشه اتصال سر به سر قطعات برنجی

اتصال برنج با مفتول برنج

دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستورالعمل ارائه شده جوشکاری نمایید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
مواد اولیه	دو قطعه ورق برنج با ابعاد $۱۲۰ \times ۳۵ \times ۲$
مواد مصرفی	سیم جوش نقره قطر ۲ میلی متر و روان ساز

شرح فعالیت:

۱. قطعات و فیلر را با استفاده از استن کاملاً تمیز نمایید. سپس با دستمال تمیز خشک نمایید.
۲. لبه های اتصال و مفتول را با استفاده از سنباده تمیز نمایید.
۳. با توجه به انتقال گرمای بالا در برنج، لازم است لبه های اتصال را مدت کوتاهی با توجه به حجم قطعه پیش گرما دهیم.
۴. روان ساز را بر روی قطعه اعمال نمایید.
۵. مفتول را گرم کرده و در روان ساز فرو برده تا مفتول نیز به روان ساز آغشته شود.
۶. حال با اضافه کردن مفتول در لبه اتصال و در زیر شعله عمل تزریق مفتول و اجرای لحیم کاری را انجام می دهیم. با زاویه ۷۰° درجه لحیم کاری را ادامه داده، به مرور کمی سرعت را افزایش داده و زاویه را به آرامی تا ۴۵° درجه کاهش دهید.
۷. پس از اتمام کار و انجام عملیات تمیز کاری با شوینده، قطعه را بازرسی نمایید و در صورت لزوم تست تخریب انجام دهید.



- شرایط ایمنی کلی در این اتصال همانند جوشکاری اکسی استیلن و لحیم کاری سخت است. فقط دقت شود:
- دستان آلوده به روان ساز را هرگز به چشمانتان نزنید.
 - در صورت آلوده شدن چشم‌ها به روان ساز ابتدا حدود ۱۰ دقیقه آنها را با آب سرد بشویید و سپس در اسرع وقت به پزشک مراجعه نمایید.
 - در حین کار از عینک، دستکش و وسایل ایمنی فردی استفاده شود.

آلومینیوم

آلومینیوم در صنعت، پس از فولاد در رده پرکاربردترین فلزات قرار دارد. دانسیته آلیاژهای آلومینیوم حدود یک سوم فولاد می‌باشد ولی نسبت استحکام به وزن برخی از آلیاژهای آلومینیوم از فولاد بیشتر است. آلومینیوم و آلیاژهای آن دارای هدایت الکتریکی و حرارتی مناسب و منعکس کننده خوبی برای نور هستند. این آلیاژها مقاومت به خوردگی خوبی دارند قابلیت ریخته‌گری مناسب و شکل پذیری عالی آنها نیز یکی دیگر از عوامل کاربرد فراوان آنها است.

آلیاژهای آلومینیوم: آلیاژهای آلومینیوم طبق استاندارد آمریکایی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) آلیاژهای کارپذیر (جدول ۱۵)

ب) آلیاژهای ریختگی (جدول ۱۶)

جدول ۱۶- گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم ریختگی

گروه آلومینیوم	عناصر آلیاژی
1xx.x	آلومینیوم خالص (با خلوص بیش از ۹۹ درصد)
2xx.x	مس
3xx.x	سیلیسیم با مقدار جزئی مس یا منیزیم
4xx.x	سیلیسیم
5xx.x	منیزیم
7xx.x	روی
8xx.x	قلع

جدول ۱۵- گروه‌های مختلف آلیاژهای آلومینیوم کارپذیر

گروه آلومینیوم	عناصر آلیاژی
1xxx	آلومینیوم خالص (با خلوص بیش از ۹۹ درصد)
2xxx	مس
3xxx	منگنز
4xxx	سیلیسیم
5xxx	منیزیم
6xxx	منیزیم - سیلیسیم
7xxx	روی
8xxx	عناصر دیگر

اتصال آلومینیوم: جوشکاری یا لحیم کاری این فلز با روش های مختلفی از جمله الکتروستاتی، میگ، تیگ، اکسی گاز، القایی و کوره ای انجام می شود. به طور کلی به دلایلی که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد جوشکاری و لحیم کاری این فلز بسیار سخت می باشد و به دقت بالایی نیاز دارد.

مشکلات جوشکاری و لحیم کاری آلومینیوم: جدول ۱۷ مشکلات جوشکاری آلومینیوم را نشان می دهد.

جدول ۱۷- مشکلات جوشکاری آلومینیوم

ردیف	مشکلات	عامل مشکلات
۱	وجود لایه اکسیدی	اختلاف دمای زیاد لایه اکسیدی با آلومینیوم خالص زیر آن
۲	انقباض ناشی از انجماد	زیاد شدن احتمال اعوجاج
۳	احتمال بروز ترک	تشکیل ترکیبات خاص و افزایش احتمال ترک گرم
۴	عدم تغییر رنگ فلز در حالت مذاب	فریب جوشکار و معیوب شدن اتصال

از میان این موارد، گزینه اول مهم ترین عامل می باشد که رفع آن کمک شایانی به اجرای اتصال آلومینیوم می کند.

نکته



اکسید آلومینیوم: مشکل اصلی لایه اکسید سطحی در آلومینیوم، اختلاف زیاد نقطه ذوب این لایه با آلومینیوم خالص می باشد.

آلومینیوم به سرعت با اکسیژن موجود در هوا واکنش داده و یک لایه اکسیدی سخت و چسبنده در سطح آن تشکیل می شود. این لایه اکسیدی شرایط عالی برای جلوگیری از خوردگی را فراهم می کند ولی همین لایه اکسیدی در جوشکاری و لحیم کاری معضل بزرگی می باشد که با وجود آن اتصال ناقص خواهد بود لذا قبل از انجام جوشکاری یا لحیم کاری باید کاملاً آن را زدود.

روش‌های حذف لایه اکسیدی

الف) روش مکانیکی: با روش‌های دستی و ماشینی می‌توان لایه اکسیدی را از روی سطح آلومینیوم برداشت (شکل ۲۸).



سنگ پولیش

سنباده

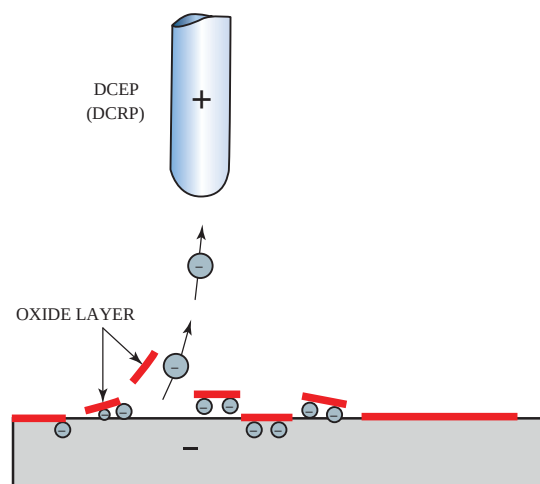
سوهان

شکل ۲۸- روش‌های تمیزکاری مکانیکی

ب) شیمیایی: از حلال‌هایی نظیر استن، تتراکلروکربن و تتراکلرواتیلن قبل از فرایند لحیم‌کاری برای زدودن لایه اکسیدی می‌توان استفاده نمود و از روان‌ساز برای این امر در حین فرایند استفاده می‌شود (شکل ۲۹).



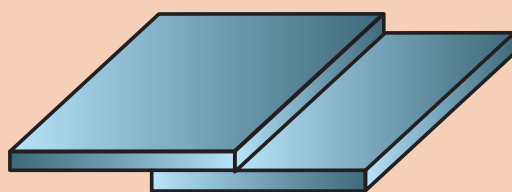
شکل ۲۹- نمونه‌ای از روان‌ساز
مورد استفاده در اتصال آلومینیوم



شکل ۳۰- خاصیت تمیزکاری قوس در جریان AC و DCRP

پ) الکتریکی: در جوشکاری‌های قوسی اگر از قطبیت DCRP استفاده شود، از آنجا که الکتروود مثبت و قطعه کار منفی می‌باشد، لایه اکسیدی قطعه کار تحریک شده و کاملاً شکسته می‌شود و امکان جوشکاری آلومینیوم فراهم می‌گردد در جریان AC به علت اینکه نیم سیکل مثبت و نیم سیکل منفی می‌باشد لایه اکسید زدوده می‌شود (شکل ۳۰).

روان‌ساز آلومینیوم: این روان‌ساز گرچه به شکل پودر است ولی تفاوت آن با سایر روان‌سازها در نوع تعبیه آن است. به این روان‌ساز باید مقداری آب افزوده شود تا به شکل خمیری درآید و مورد استفاده قرار گیرد.



نقشه آماده سازی جوش گوشه لب روی هم

جوش گوشه لب روی هم ورق آلومینیوم
دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستورالعمل ارائه شده جوشکاری نمایید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
مواد اولیه	دو قطعه ورق سری ۴۰۰۰ آلومینیوم با ابعاد ۱۰۰×۳۵×۳
مواد مصرفی	سیم جوش ۴۰۴۳ قطر ۲/۵ میلی متر و روان ساز

شرح کار:

۱ لبه های اتصال را با استفاده از سوهان و سنباده زبر و خشن کاملاً تمیز نمایید تا لایه اکسیدی سطح قطعه از بین برود.

۲ روان ساز را داخل یک ظرف تمیز مثل لیوان ریخته و کمی آب به آن اضافه کنید و به هم بزنید. سپس روان ساز را با قلم مو روی لبه های تمیز شده و سیم جوش بمالید و حدود پنج دقیقه مکث نمایید.

۳ قطعات را مطابق نقشه روی هم قرار داده و به وسیله نگه دارنده محکم کنید.

۴ همان طور که مشعل مناسب را انتخاب نموده اید، اکنون شعله اندکی احيایی را روشن نمایید.

۵ بخش بسیار دقیق و سخت فرایند در این مرحله می باشد. اندکی شعله را روی لبه نگه داشته و بچرخانید شعله نباید یک جا متمرکز شود. پس از مدت کوتاهی شبنم روی قطعه ایجاد می شود و شما نوک سیم را هر از چندگاه آرام روی قطعه بکوبید، به محض فرو رفتن سیم داخل قطعه یک حرکت نوسانی داده و خال جوش انجام می شود. توجه نمایید که رنگ آلومینیوم در هنگام ذوب همچنان تغییر نمی کند و اگر شعله را در محلی زیاد از حد نگه دارید دمای فروکش حادث می شود و لبه اتصال کاملاً فرو می ریزد.



اتصال لب روی هم نهایی

همین عمل را در طرف دیگر برای خال جوش انجام دهید. سپس از سمت راست با حرکت نوسانی مشعل و نوک زدن سیم عمل ذوب را انجام دهید و مرتب به سمت جلو سرعت پیشروی را افزایش دهید و به منظور کاهش تمرکز حرارت زاویه مشعل را از ۷۰ درجه به سمت ۴۵ درجه کاهش دهید.

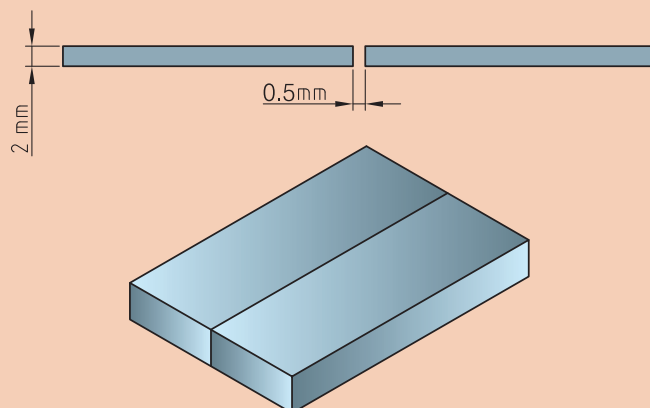
۶ شعله را خاموش نموده و بقایای روان ساز را شست و شو دهید و با اسکاچ نرم و مایع شوینده تمیز نموده سپس به کمک هنر آموز خود قطعه را مورد بازرسی قرار دهید.

اتصال یکپارچه، عدم وجود مک و تخلخل، عدم فروکشی مذاب از نشانه های مناسب بودن اتصال و موفقیت شما است و سپس تست تخریب را به کمک هنر آموز خود انجام دهید.



جوشکاری اتصال لب به لب آلومینیوم

دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه زیر آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستورالعمل ارائه شده جوشکاری نمایید.



اتصال سر به سر

توضیحات	موارد مورد نیاز
دستگاه جوش اکسی گاز	تجهیزات فنی
دو قطعه ورق سری ۴۰۰۰ آلومینیوم با ابعاد ۱۰۰×۳۵×۳	مواد اولیه
سیم جوش ۴۰۴۳ قطر ۲/۵ میلی متر و روان ساز	مواد مصرفی

شرح فعالیت

۱ انتخاب فلز پرکننده

با توجه به نوع آلیاژ آلومینیوم سیم های متعددی وجود دارد که به بازار عرضه می شود.

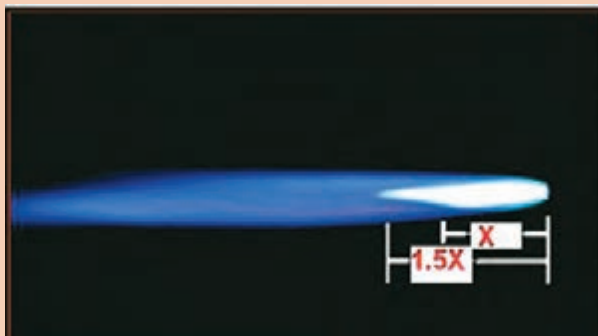
۲ لبه های هر دو قطعه کار در هر دو طرف را با سنباده کمی براده برداری نمایید تا لایه اکسیدی رفع شود.

۳ روان ساز را به اندازه مورد نیاز داخل یک ظرف تمیز مثل لیوان ریخته و کمی آب به آن اضافه کنید و به هم بزنید. سپس روان ساز را با قلم مو روی لبه های تمیز شده و سیم جوش بمالید و حدود پنج دقیقه مکث نمایید.

۴ قطعات را مطابق نقشه در مقابل هم قرار داده و به وسیله نگه دارنده محکم کنید.

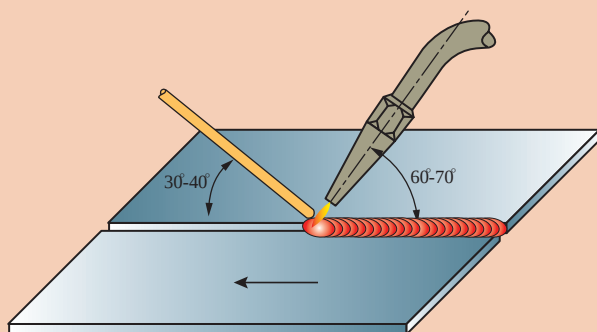
۵ همان طور که مشعل مناسب را انتخاب نموده اید، اکنون شعله اندکی احيایی را روشن نمایید.

۶ بخش بسیار دقیق و سخت فرایند در این مرحله می باشد. اندکی شعله را روی لبه نگه داشته و بچرخانید شعله نباید یک جا متمرکز شود. پس از مدت کوتاهی شبنم روی قطعه ایجاد می شود و شما نوک سیم را هر از چند گاه آرام روی قطعه بکوبید، به محض فرو رفتن سیم داخل قطعه یک حرکت نوسانی داده و خال جوش انجام می شود. توجه نمایید که رنگ آلومینیوم در هنگام ذوب همچنان تغییر نمی کند و اگر شعله را در محلی زیاد از حد نگه دارید دمای فروکش حادث می شود و لبه اتصال کاملاً فرو می ریزد. همین عمل را در طرف دیگر برای خال جوش انجام دهید.



شعله احیایی مورد استفاده در جوشکاری آلومینیوم به روش OAW

سپس با حرکت نوسانی مشعل و نوک زدن سیم عمل ذوب را انجام دهید و مرتب به سمت جلو سرعت پیشروی را افزایش دهید و به منظور کاهش تمرکز گرما، زاویه مشعل را از 70° درجه به سمت 45° درجه کاهش دهید.



کاهش زاویه پیشروی مشعل در خلال جوشکاری

۷ شعله را خاموش نموده و بقایای روان ساز را شست و شو دهید و با اسکاچ نرم و مایع شست و شو تمیز نموده سپس به کمک هنرآموز خود قطعه را مورد بازرسی قرار دهید. اتصال یکپارچه، عدم وجود مک و تخلخل، عدم فروکشی مذاب از نشانه های مناسب بودن اتصال و موفقیت شما است. سپس تست تخریب را به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

نکته

فلز پر کننده ۴۰۴۳ در صنعت برای لحیم کاری آلومینیوم بسیار پر کاربرد است.



ارزشیابی شایستگی لحیم کاری سخت فلزات غیر آهنی

شرح کار:

- آماده سازی دستگاه
- آماده سازی قطعه کار
- لحیم کاری
- کنترل نهایی

استاندارد عملکرد:

لحیم کاری ورق ها و لوله های غیر آهنی با به کارگیری دستگاه اکسی استیلن طبق نقشه و رویه لحیم کاری

شاخص ها:

- تمیز کاری سطح قطعه از چربی و اکسید برابر رویه
- انتخاب نوع روان ساز با توجه به نوع فلز پایه
- انتخاب سیم جوش برابر دستورالعمل
- لحیم کاری قطعه برابر نقشه
- کنترل اتصال برابر رویه
- کنترل VT برابر دستورالعمل
- اتصال دو لوله برابر نقشه
- اتصال دو صفحه برابر نقشه

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوشکاری گاز استاندارد، تجهیزات کامل جوشکاری اکسی سوخت، سیم جوش ها، فلاکس ها، حلال های شیمیایی، برس سیمی، چکش، سندان، کمان اره، تجهیزات ایمنی، انبر برای جابه جایی قطعات

ابزار و تجهیزات: تجهیزات کامل جوشکاری گاز، تجهیزات ایمنی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مواد و قطعه کار	۱	
۲	آماده سازی تجهیزات	۲	
۳	لحیم کاری	۲	
۴	کنترل نهایی	۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* استفاده از لوازم ایمنی فردی - رعایت ایمنی در هنگام کار - با تجهیزات لحیم کاری و توجه به نکات زیست محیطی - مدیریت مواد و تجهیزات - دقت در کار با اسیدها و روانسازها - پیشگیری از انتشار گاز.			
میانگین نمرات**			

* شایستگی های غیر فنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است.

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



پودمان ۳

گرده سازی



جوش پوششی



اجرای خط جوش

جوشکاری یکی از روش های تولید می باشد. هدف آن اتصال دائمی مواد مهندسی به یکدیگر است؛ به گونه ای که خواص اتصال برابر با خواص ماده پایه باشد. همان طور که در فصل سوم کتاب ساخت مصنوعات فلزی آموخته اید، دو نوع اتصال وجود دارد - اتصال دائم و موقت - که جوشکاری جزء اتصالات دائم به شمار می رود. یکی از شایستگی های بسیار مهم در جوشکاری، ایجاد خط جوش یا به عبارت دیگر گرده سازی است. در ابتدای این واحد یادگیری، اصول و مفاهیم جوشکاری الکترود دستی، انواع جریان های جوشکاری، منابع تأمین انرژی، تجهیزات و دستگاه های جوشکاری الکترود دستی ارائه می شود، سپس در ادامه تکنیک های جوشکاری و روش گرده سازی و نیز اتصال دو قطعه به صورت اتصال مربعی بیان می گردد.

واحد یادگیری ۱

اجرای خط جوش

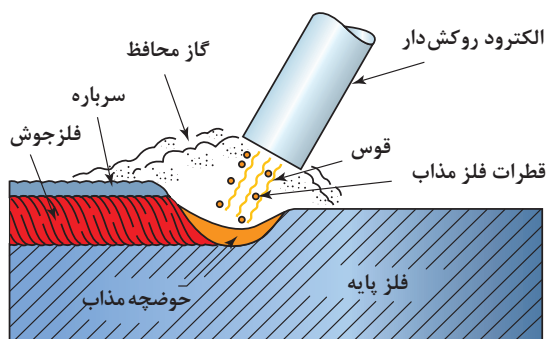
آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش‌دار می‌تواند یک روش اتصال دائمی باشد.
- جوشکاری یکی از روش‌های اتصال لوله‌های فلزی است.
- جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش‌دار، بسیار رایج است.
- عوامل مختلفی در کیفیت جوش تأثیرگذار می‌باشد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی اجرای خط جوش با فرایند SMAW هنرجویان قادر به جوشکاری فولادهای کم آلیاژ با به کارگیری فرایند الکتروود دستی (SMAW) برابر نقشه خواهند بود.

جوشکاری با الکترو دستی (SMAW)^۱



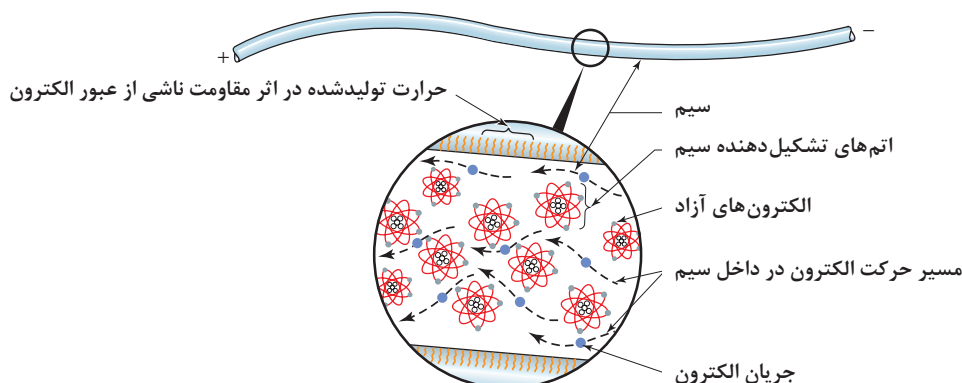
شکل ۱- شماتیک فرایند الکترو دستی

فرایند ذوبی است که در آن جریان الکتریکی توسط یک الکترو فلزی روکش دار حمل می شود، این جریان، قوس الکتریکی را تشکیل می دهد که از فاصله هوایی بین الکترو و قطعه کار عبور می کند. قوس الکتریکی در این ناحیه گرما تولید نموده و این گرما باعث ذوب الکترو و قطعه کار می شود. الکترو ذوب شده از میان قوس الکتریکی به حوضچه مذاب روی فلز پایه انتقال می یابد. نوک الکترو و حوضچه مذاب فلز با یک ابر گازی که در نتیجه سوختن روکش الکترو ایجاد می شود، محافظت می گردد (شکل ۱).

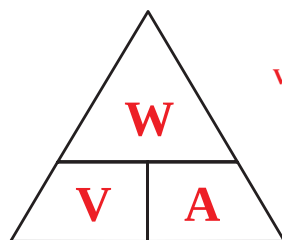
زمانی که قوس الکتریکی قطع می شود، مخلوط فلز پایه و الکترو مذاب به طور آهسته سرد شده و انجماد صورت می گیرد هم زمان فلاکس به شکل سرباره روی فلزی جوش منجمد می شود. فرایند SMAW به دلیل هزینه پایین، قابلیت حمل و نقل آسان و قابلیت جوشکاری قطعات با ضخامت متفاوت مورد استفاده قرار می گیرد.

جریان جوشکاری (WELDING CURRENT)

منبع گرما برای جوشکاری قوسی، جریان الکتریکی است. جریان الکتریکی، حاصل حرکت الکترون هاست. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در یک رسانا الکترون ها از قطب منفی (-) به سمت قطب مثبت (+) حرکت می کنند که با مقاومت در برابر حرکت الکترون ها، گرما تولید می شود. هر چقدر مقاومت بیشتر باشد، میزان تولید گرما بیشتر خواهد شد. از شکاف بین الکترو و قطعه کار الکترون ها باید پرش کنند، به دلیل مقاومت هوا این مسئله باعث تولید گرما می شود. همچنین جریان مدام الکترون ها از این شکاف باعث ایجاد قوس الکتریکی می شود.



شکل ۲- حرکت الکترون ها در یک رسانا



$$V \times A = W$$

$$\frac{W}{V} = A$$

$$V = \frac{W}{A}$$

V = VOLTS
A = AMPERES
W = WATTS

شکل ۳- رابطه بین توان، ولتاژ و جریان

اندازه‌گیری (Measurement)

■ برای اندازه‌گیری کمیت‌های اختلاف پتانسیل، جریان و توان از واحدهای شکل ۳ استفاده می‌شود.

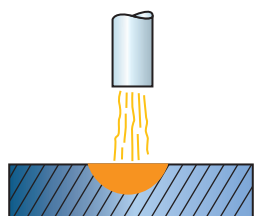
■ واحد ولتاژ (V)، برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی استفاده می‌شود. ولتاژ یا ولت (شکل ۳).

نکته

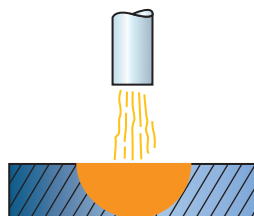


هرچه ولتاژ بالاتر باشد مقدار پرش از شکاف بالاتر خواهد بود. به عبارت دیگر ولتاژ کنترل‌کننده تعداد الکترون‌هایی است که از این فاصله هوایی پرش می‌کنند.

■ آمپر، تعداد کل الکترون‌های در حال حرکت را اندازه‌گیری می‌کند. برای اندازه‌گیری جریان جوشکاری استفاده می‌شود.



۲۰۰۰ وات می‌تواند حوضچه‌ای مطابق شکل تولید کند.



۴۰۰۰ وات می‌تواند حوضچه‌ای مطابق شکل تولید کند.

■ وات یکای اندازه‌گیری مقدار انرژی و توان قوس الکتریکی است. مقدار توان تعیین‌کننده پهنا و عمق جوش هستند (شکل ۴).

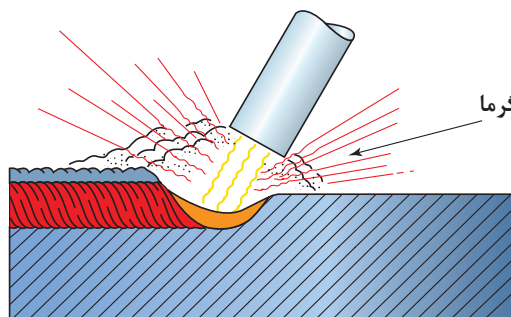
شکل ۴- وابستگی اندازه حوضچه جوش به مقدار انرژی (W)

دما (Temperature)

دمای قوس الکتریکی بیش از ۶۰۰۰°C می‌باشد. در حقیقت دما به مقاومت در برابر حرکت جریان الکتریکی وابسته است. عواملی که باعث مقاومت الکتریکی می‌شود شامل طول قوس و ترکیب شیمیایی گازهایی است که در حین سوختن روکش الکترودها ایجاد می‌شوند.

زمانی که طول قوس بیشتر می شود، مقاومت افزایش یافته، در نتیجه ولتاژ قوس و دما افزایش می یابد. طول قوس کوچک تر، گرمای قوس کمتری ایجاد می کند. در پوشش الکترودها موادی وجود دارد که باعث پایداری قوس الکتریکی می شود. نقش پایدارکننده ها، کاهش مقاومت الکتریکی است.

نکته



گرما

همه گرمای تولید شده در ایجاد اتصال نقش ندارد. مقداری از گرما به صورت تابشی با گازهای داغ تشکیل شده توسط روکش الکترودهدر می رود. (شکل ۵)

همچنین مقداری از گرما هنگام هدایت به قطعه کار هدر می رود. به طور کلی تقریباً نیمی از کل گرما در تولید یک اتصال هدر می رود. توزیع گرمای قوس به ترکیب شیمیایی روکش الکتروده، نوع جریان جوشکاری و قطبیت بستگی دارد.

شکل ۵- هدر رفتن انرژی در جوش با تشکیل تابش و هدایت

پژوهش



در منابع گوناگون در مورد اثر قطبیت جست و جو کنید. قطبیت بر هدر رفت گرما چه تأثیری دارد؟

سه نوع جریان (Currents) جوشکاری

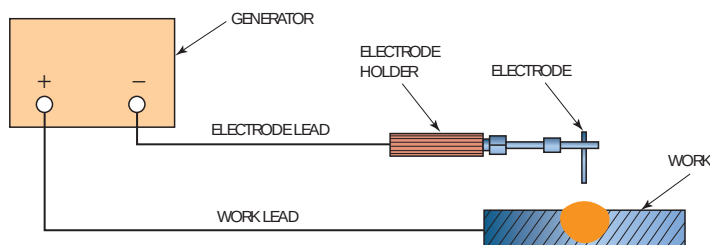
سه نوع جریان برای جوشکاری استفاده می شود که شامل:

- جریان متناوب (AC)
- جریان مستقیم الکتروده منفی (DCEN)
- جریان مستقیم الکتروده مثبت (DCEP)



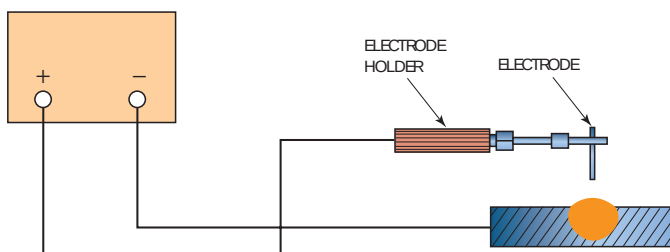
واژه‌های DCEN و DCEP به ترتیب جایگزین DCSP و DCRP شده‌اند. برای ذوب برخی الکترودها از یک نوع جریان و برخی دیگر از چند نوع جریان برای آنها استفاده می‌شود. هر جریان تأثیری متفاوتی دارد.

جریان DCEN^۱: همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است در این جریان DCEN الکترود در قطب - و قطعه کار در قطب + قرار می‌گیرد، این جریان نرخ ذوب الکترود بالایی تولید می‌کند.



شکل ۶- جریان الکترود منفی (DCEN)، پلاریزاسیون مستقیم (DCSP)^۲

جریان DCEP^۲: در این جریان الکترود در قطب + و قطعه کار در قطب - قرار می‌گیرد (شکل ۷). جریان DCEP قوسی با قدرت نفوذ عمیق‌تری تولید می‌کند.



شکل ۷- جریان الکترود مثبت (DCEP)، پلاریزاسیون معکوس (DCRP)^۳

جریان AC^۵: همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، الکترودها در هر $\frac{1}{100}$ ثانیه جهت خود را تغییر می‌دهند. به عبارت دیگر الکترود و قطعه کار به صورت متناوب از آند به کاتد تغییر می‌یابند. به قطب + الکترود آند و قطب منفی الکترود کاتد می‌گویند.

تغییر سریع جهت جریان باعث توزیع برابر گرما بین الکترود و قطعه کار می‌شود ($\frac{1}{4}$ الکترود و $\frac{1}{4}$ قطعه کار).



۱- direct current electrode negative

۲- direct current straight polarity

۳- direct current electrode positive

۴- direct current reverse polarity

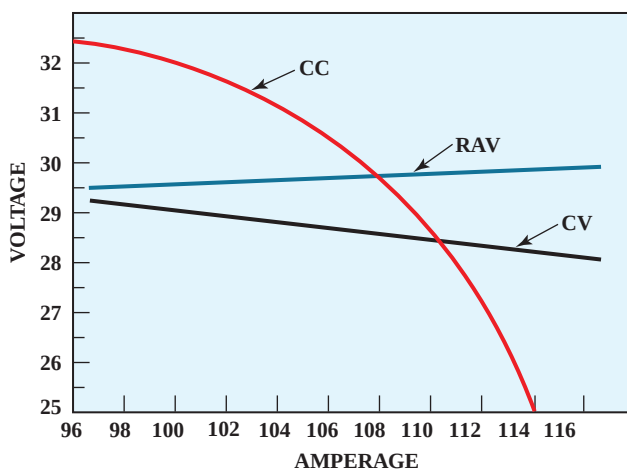
۵- alternating current

سیستم های تأمین توان در جوشکاری (TYPES OF WELDING POWER)

انواع تأمین کننده توان و انرژی مورد نیاز برای جوشکاری به صورت زیر دسته بندی می شوند:

- **ولتاژ ثابت (CV):** ولتاژ قوس تنظیم شده، ثابت می ماند و با تغییر طول قوس و شدت جریان تغییر نخواهد کرد.
- **ولتاژ افزایشی (RAV):** ولتاژ قوس با افزایش شدت جریان افزایش می یابد. به عبارت دیگر با افزایش آمپر ولتاژ هم به آرامی افزایش می یابد.
- **جریان ثابت (CC):** جریان نهایی جوشکاری ثابت می ماند. این سیستم ولتاژ کاهشی نیز می نامند زیرا با افزایش شدت جریان ولتاژ قوس کاهش می یابد.

در فرایند الکترو دستی از نوع جریان ثابت استفاده می شود که در شکل ۸ مشخص شده است.



شکل ۸ - نمودار ولت - آمپر برای سیستم های تأمین توان

نکته



ولتاژ مدار باز بین الکترو د و قطعه کار

ولتاژ مدار باز در جوشکاری به ولتاژ الکترو د قبل از برقراری قوس می گویند. این ولتاژ معمولاً بین ۵۰V و ۸۰V می باشد. هر چه ولتاژ مدار باز بالاتر باشد، تشکیل قوس الکتریکی آسان تر خواهد بود.

- با افزایش ولتاژ مدار باز، خطر شوک الکتریکی نیز افزایش می یابد.
- ماکزیمم ولتاژ ایمن برای ولتاژ مدار باز ۸۰ ولت می باشد.

توجه



ولتاژ کار

به ولتاژ قوس در حین جوشکاری گفته می‌شود. این ولتاژ با تغییر طول قوس، نوع الکتروود، نوع جریان و قطبیت تغییر می‌کند.

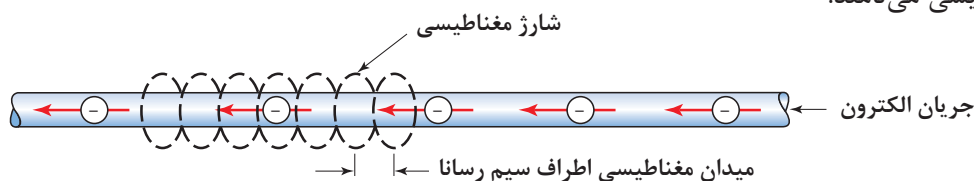
ولتاژ کار بین ۱۷ تا ۴۰ ولت می‌باشد.

نکته



وزش قوس (ARC BLOW)

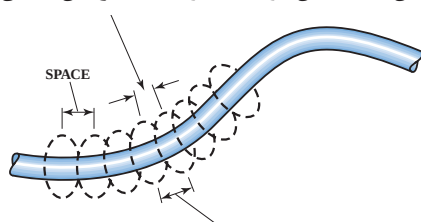
همان‌طور که در شکل ۹ می‌بینید، هنگامی که الکترون‌ها در داخل سیم رسانا جریان می‌یابند، یک میدان مغناطیسی دایره‌ای شکل در طول مسیر حرکت الکترون ایجاد می‌شود. خطوط میدان مغناطیسی را شار مغناطیسی می‌نامند.



شکل ۹

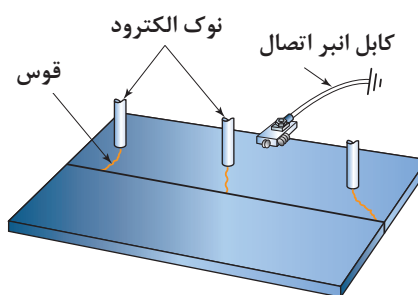
در یک سیم خم شده، شکل ۱۰ خطوط غیریکنواخت شار مغناطیسی تلاش می‌کنند تا سیم را مستقیم کنند به‌طوری که خطوط می‌توانند دوباره یکنواخت شوند. هنگامی که جوشکاری با آمپر بالاتر از ۶۰۰ آمپر انجام می‌شود این نیرو مغناطیسی ممکن است موجب حرکت سیم شود. جریان جوشکاری با میدان مغناطیسی باقی‌مانده در آن خطوط شار غیریکنواخت ایجاد می‌کند در قطعه این خطوط باعث می‌شود تا قوس در طول جوشکاری حرکت کند. به این جابه‌جایی قوس، وزش قوس می‌گویند. وزش قوس را همانند یک نخ فرض کنید که در مسیر باد قرار دارد به این طرف و آن طرف می‌کشاند. وزش قوس در گوشه‌ها بسیار قابل توجه است، همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، در انتهای قطعه کار و زمانی که انبر اتصال در یک طرف آن متصل شده است.

کاهش فاصله بین دو حلقه در نتیجه افزایش میدان مغناطیسی



افزایش فاصله بین دو حلقه در نتیجه کاهش میدان مغناطیسی

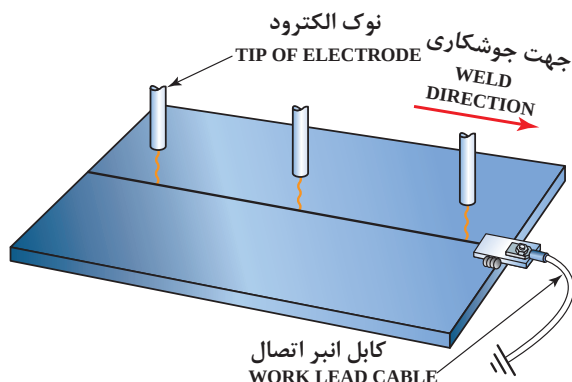
تمرکز میدان مغناطیسی در ناحیه خم



وزش قوس

شکل ۱۰

راه‌های جلوگیری و کنترل وزش قوس



شکل ۱۱- میدان مغناطیسی اطراف سیم رسانا

- برای حل مشکل وزش قوس، می‌توان انبر الکتروود را در انتهای قطعه قرار داد و از انتهای دیگر جوشکاری کرد. به شکل ۱۱ نگاه کنید.
- بهترین راه برای حذف وزش قوس استفاده از جریان متناوب جوشکاری است. در جریان AC به دلیل تغییر سیکل فرصت ایجاد میدان مغناطیسی مورد نیاز برای انحراف قوس را نمی‌دهد.
- روش دیگر کنترل وزش قوس استفاده از دو انبر اتصال به قطعه کار می‌باشد.
- در صورتی که هیچ‌کدام از روش‌ها در حذف وزش قوس مؤثر نبود، جوشکاری با طول قوس کوتاه روش مناسبی می‌باشد.

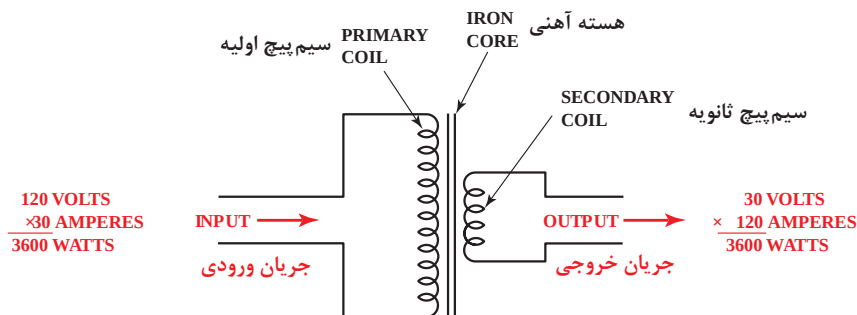
انواع منابع قدرت

در فرایند قوس الکتریکی دو نوع دستگاه داریم که می‌توانند آمپر بالا و ولتاژ پایین برای جوشکاری قوسی تولید کنند.

- موتورهای الکتریکی و موتورهای احتراق داخلی (generators)
- ترانسفورماتور کاهنده (step-down transformers)

ترانسفورماتور راندمان انرژی بالا، نیاز به نگهداری کمتر و قیمت پایین‌تری دارند، به همین علت در حال حاضر در صنعت کاربرد فراوانی دارد. ولی، ژنراتورها نیز به طور گسترده در جوشکاری برای مکان‌هایی که امکان استفاده از برق شهری نباشد، مثلاً در بیابان‌ها برای جوشکاری خطوط لوله استفاده می‌شوند.

ترانسفورماتور: ترانسفورماتور جوشکاری از جریان AC برای تأمین جریان مورد نیاز جوشکاری استفاده می‌کند. به دلیل اینکه جریان استفاده شده در ترانسفورماتورها متناوب می‌باشد، در نتیجه میدان مغناطیسی به طور دائمی ایجاد می‌شود و از بین می‌رود. در ترانسفورماتورها به واسطه قرار دادن یک سیم ثانویه در میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ اولیه، جریان در سیم پیچ ثانویه القا خواهد شد. همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است، با قرار دادن یک هسته آهنی در مرکز دو کویل، تمرکز میدان مغناطیسی افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۲- دیاگرام ترانسفورماتور کاهنده

ترانسفورماتورهایی که در آن تعداد دور سیم پیچ اولیه بیشتر از سیم پیچ ثانویه است، ترانسفورماتور نوع کاهنده می‌باشد. این نوع ترانسفورماتور، ولتاژ بالا و جریان پایین را دریافت نموده و آن را به ولتاژ پایین و جریان بالا تبدیل می‌کند. به علت افزایش گرما در ترانسفورماتور کمی افت توان داریم و در غیر این صورت توان ورودی و خروجی ثابت هستند.

نکته

ترانسفورماتور جوشکاری کاهنده، برق با ولتاژ بالا (۲۲۰ ولت یا ۳۸۰ ولت) را دریافت می‌کند و به ولتاژ ۱۷ تا ۴۰ ولت با جریان ۶۰۰ آمپر تبدیل می‌کند.



دستگاه‌های جوشکاری را می‌توان به واسطه روش کنترل و تنظیم جریان جوشکاری دسته‌بندی نمود، دسته‌بندی اصلی شامل دستگاه سیم پیچ چندتایی، سیم پیچ متحرک و اینورتر جوشکاری می‌باشد.



شکل ۱۳- ترانسفورماتور نوع سیم پیچ چند هسته‌ای

دستگاه سیم پیچ چند هسته‌ای (Multiple – coil Machines)

در این دستگاه با تغییر سیم پیچ ثانویه به مقادیر مختلف توسط کلید سلکتوری، می‌توان جریان‌های مختلفی را انتخاب نمود شکل ۱۳ بزرگ‌ترین شماره چرخش، بالاترین آمپر را ایجاد می‌کند. این دستگاه چند آمپر مشخص را در اختیار کاربر قرار می‌دهد و درجه‌های آمپر کوچک‌تر نیز دارد.

دستگاه جوشکاری با سیم پیچ متحرک (Movable-coil or Movable-core Machines)

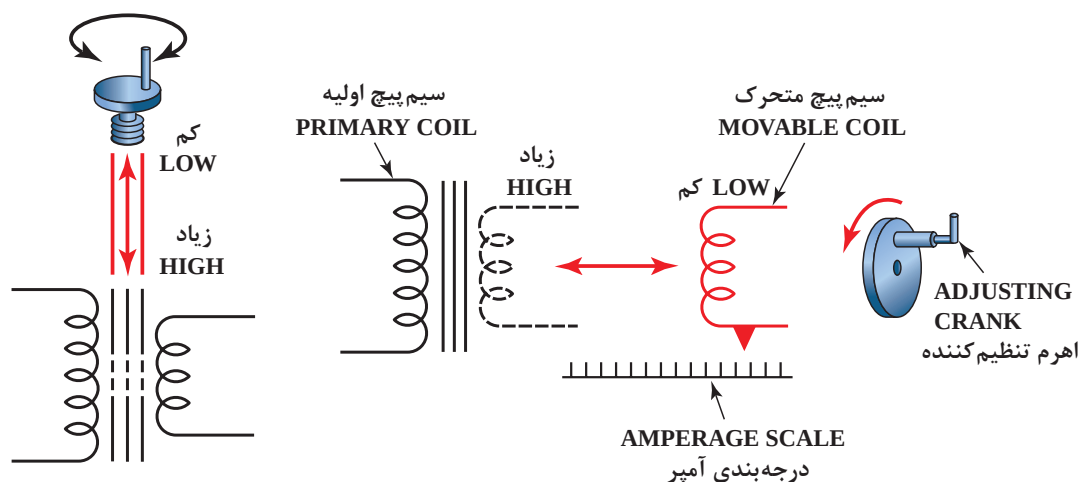


ADJUSTING CRANK

AMPERAGE SCALE

شکل ۱۴- دستگاه جوشکاری با سیم پیچ متحرک

تنظیمات در این نوع دستگاه به واسطه چرخاندن فلکه‌ای که به هسته متحرک داخلی وصل است و آن را دور و نزدیک می‌کند انجام می‌شود. شکل ۱۴ این دستگاه دارای رنج آمپر بالا و پایین است، برخلاف دستگاه سیم پیچ چندتایی این دستگاه تنظیمات درجه‌های آمپر کوچک‌تر را ندارد. هنگامی که سیم پیچ اولیه و ثانویه در فاصله نزدیک از هم قرار گیرند، بزرگ‌ترین آمپر و هنگامی که در دورترین فاصله از هم قرار گیرند، کوچک‌ترین آمپر را ایجاد خواهد کرد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

دستگاه اینورتر (Inverter Machines)

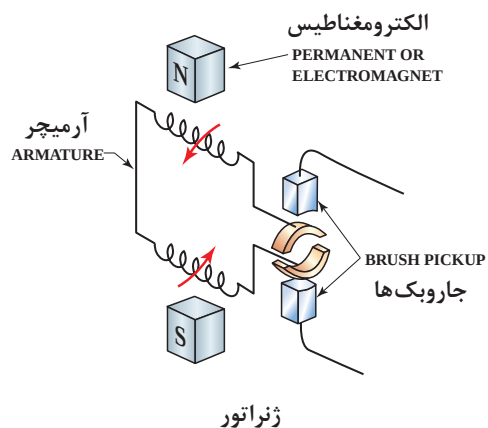
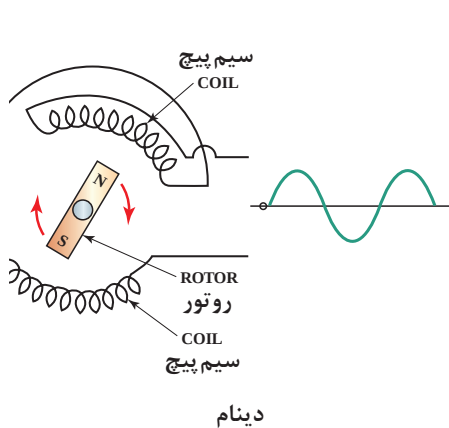


شکل ۱۶- درجه بندی آمپر در
عقربه قابل تنظیم

این دستگاه در مقایسه با سایر دستگاه های جوشکاری دارای یک رنج آمپر کمتر و سبک تر است، وزن کم آن باعث جابه جایی راحت تر شده و همچنین راندمان کار را بسیار بالا برده است. در اینورترها به جای استفاده از سیم پیچ و هسته با وزن بالا از بردهای الکترونیکی با فرکانس بالا استفاده می شود. این دستگاه ها فرکانس برق شهر ۵۰ هرتز را به چند کیلو هرتز تبدیل می کنند. این قابلیت باعث می شود که جرم ۵۰ کیلوپی دستگاه به کمتر از ۵ کیلوگرم کاهش یابد (شکل ۱۶).

ژنراتور و دینام (GENERATORS AND ALTERNATORS)

این دستگاه ها انرژی الکتریکی را از منبع قدرت مکانیکی تولید می کنند. دارای یک روتور و استاتور هستند، در نتیجه حرکت، الکتریسیته تولید می شود. در دینام، نیروی خطوط مغناطیسی در داخل سیم پیچ به چرخش در می آید (شکل ۱۷) و جریان AC را تولید می کنند. در ژنراتور، سیم پیچ در داخل میدان مغناطیسی چرخش می کند و جریان DC تولید می کنند (شکل ۱۸). در دینام ها این امکان هم وجود دارد که با استفاده از دیود جریان AC را به جریان DC برای جوشکاری تبدیل کند.

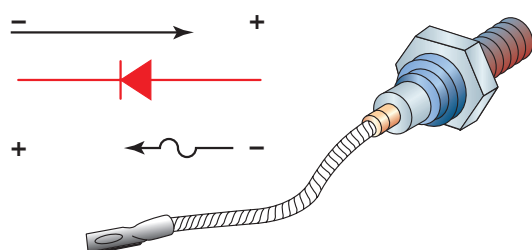


شکل ۱۷



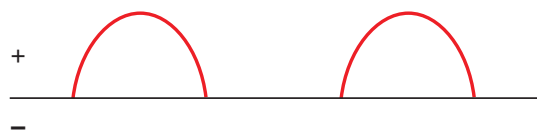
شکل ۱۸- ژنراتور

یکسوکننده‌ها یا رکتی فایر (RECTIFIERS)



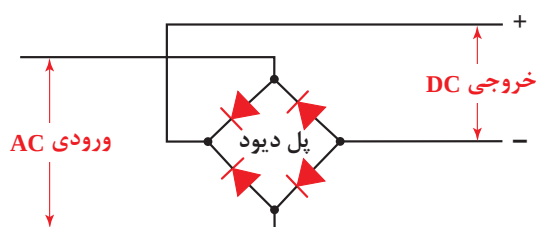
جریان جوشکاری متناوب را می‌توان با استفاده از یک سری رکتی فایرها (یکسوسازها) به جریان مستقیم تبدیل کرد. همان‌طور که در شکل ۱۹ رکتی فایر تنها اجازه می‌دهد که جریان در یک جهت حرکت کند.

شکل ۱۹- رکتی فایر



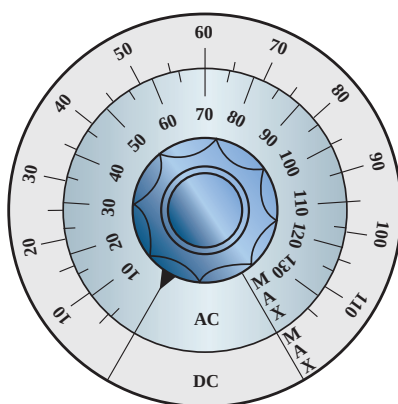
شکل ۲۰- یک رکتی فایر در منبع قدرت جوشکاری در نتیجه تولید جریان پالسی

اگر یک رکتی فایر اضافه شود، توان جوشکاری همانند شکل ۲۰ ظاهر می شود. البته جوشکاری با منبع پالسی شبیه این دستگاه، بسیار دشوار است.



شکل ۲۱- پل رکتی فایر

برای تبدیل جریان متناوب AC به جریان مستقیم DC از یک سری رکتی فایر که با نام پل رکتی فایر نیز معروف هستند، استفاده می شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۲- تغییر آمپر در رکتی فایرها

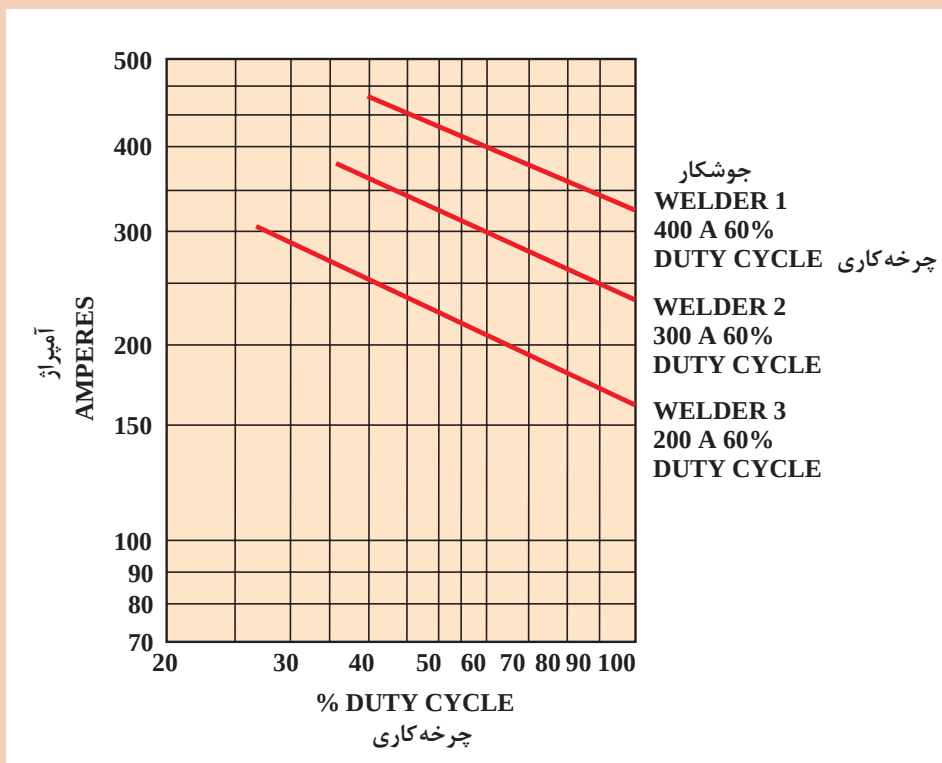
رکتی فایرها هنگامی که جریان AC را به DC تبدیل می کنند، داغ می شوند. هیت سینک heat sink - وسیله ای برای خنک کاری با هوا - بر روی رکتی فایرها است که عمل خنک کاری را انجام می دهد. در غیر این صورت، گرمای تولید شده باعث کاهش راندمان دستگاه جوشکاری می شود. علاوه بر هیت سینک از فن هم برای خنک کاری رکتی فایرها استفاده می شود.

چرخه کاری (DUTY CYCLE)

چرخه کاری درصدی از زمان می باشد که یک ماشین جوشکاری می تواند به طور پیوسته کار کند. به عنوان مثال چرخه کاری ۶۰ درصد به این معنی است که از هر ۱۰ دقیقه، دستگاه جوشکاری حداکثر می تواند ۶ دقیقه کار کند. و ۴ دقیقه برای خنک شدن دستگاه صرف شود.



نمودار زیر ارتباط بین آمپر و چرخه کاری duty cycle را نشان می‌دهد، به نظر شما با تغییر آمپر، چرخه کاری duty cycle چه تغییری می‌کند؟



چرخه کاری فرایند الکتروود دستی



با توجه به نمودار بالا به سؤالات زیر پاسخ دهید.

□ درصد ماکزیمم دوره کاری در ماکزیمم آمپر را تعیین کنید.

□ ماکزیمم آمپر جوشکاری در ۱۰۰٪ دوره کاری را محاسبه کنید.

□ چرخه کاری جوشکارهای شماره ۱ و ۲ و ۳ را با هم مقایسه و بحث و گفت‌وگو کنید.

کابل های جوشکاری

کابل های جوشکاری از نوع مسی افشان ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ رشته می باشند. برخی از کابل های تولیدی جدید، از جنس سیم های آلومینیوم می باشند، سیم های آلومینیومی نسبت به مسی سبک تر و ارزان تر هستند. اما هدایت الکتریکی آلومینیوم در یک اندازه مشابه به خوبی مس نمی باشد، بنابراین کابل های آلومینیومی باید یک سایز بزرگ تر از کابل های مسی در نظر گرفته شود. از آنجایی که کابل های جوشکاری در معرض جرقه، لبه های تیز و ضربه قرار می گیرند، باید از عایق خوبی برخوردار باشند.

هنگامی که جریان الکتریسیته در کابل جریان می یابد، مقاومت در برابر عبور جریان، باعث گرم شدن کابل شده و افت ولتاژ افزایش می یابد. برای به حداقل رساندن هدر رفت انرژی (توان) و جلوگیری از گرم شدن بیش از حد، کابل های الکتروود باید سایز صحیح و دقیقی داشته باشند. جدول ۱ حداقل سایز کابل مورد نیاز که برای هر آمپر را نشان می دهد.

جدول ۱- طول، قطر و شدت جریان کابل

شدت جریان برحسب آمپر طول برحسب فوت و متر					
نمره کابل	قطر کابل		طول ۵۰-۵۰ ft ۰-۱۵/۲m	طول ۵۰-۱۰۰ ft ۱۵/۴-۳۰/۵m	طول ۱۰۰-۲۵۰ ft ۳۰/۵-۷۶/۲m
	in	mm	آمپر	آمپر	آمپر
۴/۰	۰۹۵۹	۲۴/۴	۶۰۰	۶۰۰	۴۰۰
۳/۰	۰۸۲۷	۲۱/۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰
۲/۰	۰۷۵۴	۱۹/۲	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰
۱/۰	۰۷۲۰	۱۸/۳	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰
۱	۰۶۴۴	۱۶/۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۷۵
۲	۰۶۰۴	۱۵/۳	۲۰۰	۱۹۵	۱۵۰
۳	۰۵۶۸	۱۴/۴	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰
۴	۰۵۳۱	۱۳/۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵
توجه: طول های داده شده برای جمع طول کابل های الکتروود و قطعه کار است.					



با توجه به جدول ۱ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

□ حداقل سائز کابل جوشکاری مسی برای ۲۰۰ آمپر و یک کابل با طول ۳۰ متر را محاسبه کنید.

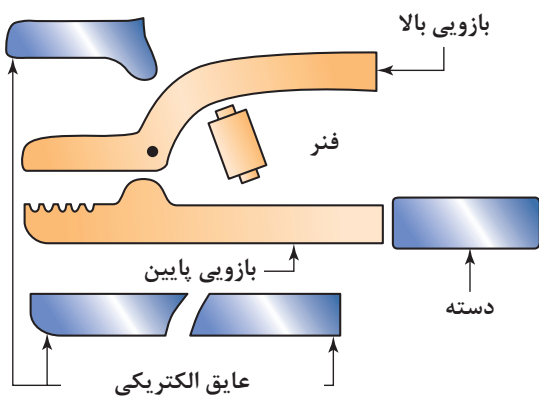
□ حداقل سائز کابل جوشکاری مسی برای ۱۵۰ آمپر و یک کابل با طول ۶۹ متر را محاسبه کنید.

انبر الکتروود (ELECTRODE HOLDERS)

انبر الکتروود جوشکاری باید با توجه به آمپر مناسب انتخاب شود و دارای عایق مناسب باشند. آمپر بسیار بالا باعث داغ شدن و سوختن نگهدارنده می شود.



در صورت کار با رنج آمپر پایین با استفاده از انبر الکتروود با ظرفیت آمپر بالا چه ایرادی می تواند ایجاد کند.



شکل ۲۴- قسمت های قابل تعویض انبر الکتروود



شکل ۲۳- انبر الکتروود



هرگز انبر الکتروودی که در اثر آمپر زیاد بیش از حد داغ شده است را در داخل آب سرد شدن نگذارید.



انبر الکتروود یک دستگاه جوشکاری را با استفاده از دستورالعمل زیر در صورت نیاز تعمیر و جایگزین کنید.

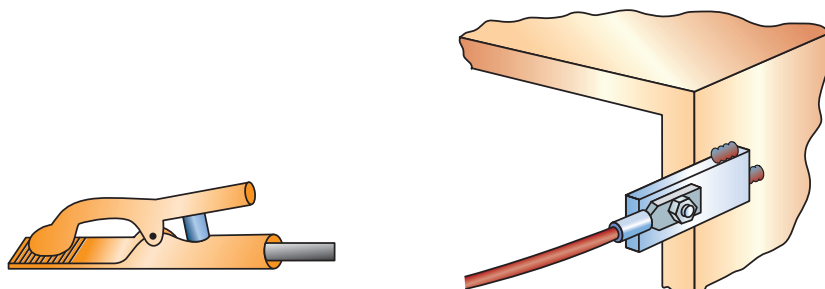


قبل از شروع هر کاری اطمینان حاصل کنید که دستگاه جوشکاری خاموش است و کابل اتصال به دستگاه قطع شده باشد.

- انبر الکتروود را از کابل جوشکاری جدا کنید.
- روکش عایق فک انبر الکتروود جدا کنید.
- در صورت نیاز روکش عایق جدید را بر روی انبر الکتروود جایگزین کنید.
- انبر الکتروود را توسط لاتون مسی به کابل جوشکاری متصل کنید.

انبر اتصال (WORK CLAMPS)

انبر اتصال باید به درستی بر اساس آمپر انتخاب شود. هنگام جوشکاری انبر اتصال سفت و محکم باشد زیرا تأثیر گرما بر روی انبر اتصال مانند انبر الکتروود است و موجب اتلاف انرژی می شود، که اغلب توسط اپراتورها نادیده گرفته می شود. اتصال ضعیف انبر به بدنه قطعه، باعث تشکیل قوس نامناسب در حین جوشکاری و هدر رفت انرژی و تولید گرما در نقطه اتصال می شود. قرار دادن انبر اتصال در مکان نامناسب باعث وزش قوس خواهد شد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- انبر اتصال



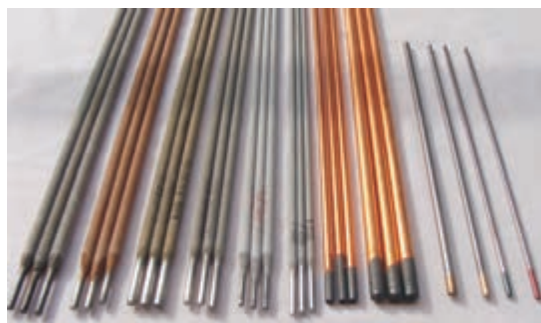
برای جلوگیری از وزش قوس چه راه حلی پیشنهاد می کنید؟



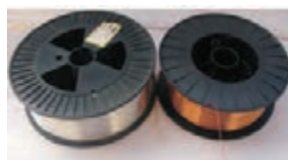
در مواقعی که قطعه کار حین جوشکاری جابه جا می شود، از انبر اتصال آج دار استفاده کنید.

الکتروود

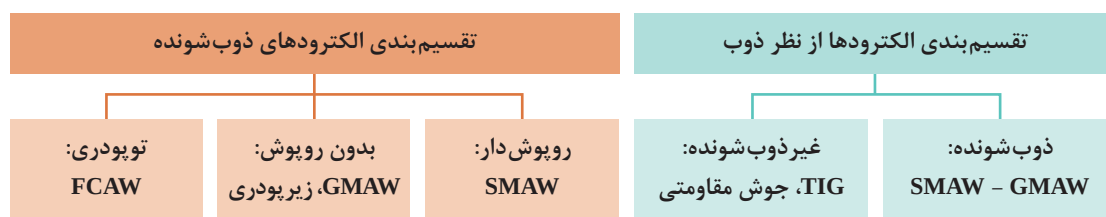
به میله فلزی یا گرافیتی که جریان برق از آن عبور می کند الکتروود گویند. برخی از الکتروودها ذوب نمی شوند مثل الکتروودهای مسی (جوش مقاومتی)، در جوشکاری TIG هم الکتروود تنگستن فقط قوس ایجاد کرده و ذوب نمی شود. الکتروودهای ذغالی مورد استفاده در برشکاری و شیارزنی هم مصرف نشدنی هستند. (شکل ۲۶)



شکل ۲۶



شکل ۲۷



الکتروودهای روپوش دار

از دو قسمت مغز فلزی و روپوش تشکیل شده است. جنس فلز الکتروود را می توان به گروه های زیر تقسیم بندی کرد:

فولاد نرم، فولاد پر کربن، فولاد آلیاژی، چدن، آلیاژهای نیکل، فلزات رنگی، نیکل، کربن. معیار اندازه گیری الکتروود بر اساس قطر مغزی فلزی است و با قطرهای ۲، ۲/۵، ۳/۲۵، ۴ و ۵ میلی متری با طول ۳۰-۲۵ و ۳۵ و ۴۵ سانتی متری استاندارد شده و تولید می شود.

نقش روپوش الکتروود

■ محافظت (Shielding)

در اثر سوختن روکش الکتروود، گازهای محافظی جهت حفاظت از حوضچه مذاب تولید می گردد.

■ اکسیژن زدایی (Deoxidation)

روکش الکتروود از طریق انجام واکنش های شیمیایی، اکسیژن و سایر گازهای جذب شده در حوضچه مذاب را خارج می نماید.

■ آلیاژی سازی (Alloying)

از طریق روکش الکترو، عناصر آلیاژی متنوعی به حوضچه مذاب افزوده می شود.

■ یونیزاسیون (Ionizing)

عناصر موجود در روکش الکترو به عملیات یونیزاسیون کمک نموده، شروع قوس الکتریکی و پایداری آن را بهبود می بخشد.

■ عایق سازی (Insulation)

سرباره منجمد شده روی سطح جوش از طریق ایجاد یک عایق حرارتی سرعت سرد شدن جوش را کاهش می دهد.

نکته



افزایش راندمان با اضافه کردن پودر فلزی از جنس مغز الکترو در روپوش الکتروهایی که رقم آخر کد آنها ۴ یا ۷ و ۸ باشد درصدی پودر آهن در روپوش آنها وجود دارد که باعث افزایش نرخ رسوب می شود. در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲

رقم	نوع روپوش	رقم	نوع روپوش
۰	سلولز، سدیم - اکسید آهن	۵	کم هیدروژن - سدیم
۱	سلولز - پتاسیم	۶	کم هیدروژن - پتاسیم
۲	تیتان - سدیم	۷	پودر آهن - اکسید آهن
۳	تیتان - پتاسیم	۸	پودر آهن - کم هیدروژن
۴	پودر آهن - تیتان		

روش ساخت الکتروهای روپوش دار

ساخت الکتروهای روپوش دار بیشتر از طریق اکسترو (ترکیب) مواد تشکیل دهنده روپوش است که با نسبت های مختلف با هم مخلوط شده و رطوبت دار می شوند سپس روی میله فلزی به طور یکنواخت پوشانده می شود. این فرایند با استفاده از دستگاه های اکسترودر انجام می شود.

انواع پوشش الکترو

بر اساس استاندارد EN499 انواع الکتروهای روپوش دار عبارت اند از:

C: سلولزی

R: روتیلی

B: بازی یا قلیایی

A: اسیدی

O: اکسیدی

الکتروده سلولزی: قسمت زیادی از روپوش آن از ترکیبات سلولز است که در حین جوشکاری، گاز زیادی تولید می‌کند و به دلیل ورود هیدروژن در قوس که از تجزیه سلولز حاصل می‌شود، ولتاژ قوس افزایش یافته و نفوذ و پاشش زیاد و انتقال گرما از قوس به کار بسیار مطلوب است، سطح جوش حاصل از این نوع الکتروده، ناهموار و خشن است که با جریان DC و قطب DCRP مورد استفاده واقع می‌شود. این الکترودها نم‌گیر هستند و رطوبت بر ماده سلولز اثر کرده و باعث فاسد شدن ماده سلولز می‌شود.



شکل ۲۸

به همین دلیل این الکترودها در جعبه‌های دربسته که رطوبت در آن غیرقابل نفوذ باشد و یا در جعبه حلبی که با لحیم، غیرقابل نفوذ شده است عرضه می‌شود. در الکترودهای سلولزی (شکل ۲۸) امکان خشک کردن الکتروده وجود ندارد زیرا حرارت باعث سوختن روپوش می‌شود.

خواص مکانیکی خوب و نفوذ کافی موجب می‌شود که این الکتروده در جوشکاری پاس ریشه اتصالات استفاده شود. مذاب جوش به سرعت منجمد می‌شود در نتیجه برای جوشکاری‌های سرازیر هم قابل استفاده است. به کارگیری این الکتروده در پاس‌های میانی اتصال مطلوب نیست زیرا امکان حل شدن هیدروژن در مذاب زیاد بوده و باعث هیدروژن تردی^۱ می‌شود.

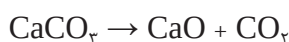
الکتروده روتیلی: اکسید تیتانیوم (TiO_2) روتیل است وجود مقدار زیادی اکسید تیتانیوم در روپوش این نوع الکتروده باعث پایداری قوس شده و امکان جوشکاری این الکتروده با هر دو جریان AC و DC را فراهم می‌آورد و جوشکاری در تمام حالات امکان‌پذیر است و کاربرد زیادی در جوشکاری‌های عمومی دارد.



شکل ۲۹

قوس راحت شکل گرفته و پایداری قوس خوب است و همچنین در جوشکاری قطعات، خاصیت پل زنی در اتصالات را دارد. نمونه‌ای از این الکتروده در شکل ۲۹ مشاهده می‌شود.

الکترودهای قلیایی یا بازی: قسمت زیادی از روپوش این نوع الکتروده کربنات کلسیم $CaCO_3$ ، MgO و CaO را تشکیل می‌دهند و همراه با مقداری فلورید کلسیم بوده که هنگام کار با این الکتروده از تجزیه کربنات گاز CO_2 برای محافظت تولید می‌شود چون کربنات کلسیم در گرمای $1800^\circ C$ تجزیه می‌شود:



شکل ۳۰

مواد سلولزی در روپوش به کار نمی‌رود جوش‌های حاصل دارای حداقل هیدروژن حل شده در جوش است و به همین دلیل این الکترودها را الکترودهای کم هیدروژن (Low Hydrogen) هم می‌گویند (شکل ۳۰).

این الکتروده برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ که حساس به ترک زیر خط جوش و منطقه مجاور جوش هستند کاربرد دارد به علاوه برای جوشکاری قطعات ضخیم فولادی که دارای درصد کربن بالاتر هستند، نیز مناسب است.

۱- هیدروژن به صورت اتمی در مذاب حل می‌شود، سپس تشکیل مولکول هیدروژن داده (H_2) و موجب ضعف جوش می‌گردد.

جوش حاصل دارای مقاومت مکانیکی خوب بوده و در مقابل ضربه از خود مقاومت نشان می دهند با جریان (DCEP) $\square = +$ و در تمام وضعیت ها به جز سرازیر مورد استفاده است (شکل ۳۱).



شکل ۳۱



شکل ۳۲- الکترود خشک کن دستی

الکترودهای قلیایی نم گیر (جاذب رطوبت) هستند و چون الکترود باید عاری از هیدروژن باشد الکترودها را قبل از جوشکاری خشک می کنند یعنی داخل الکترود خشک کن قرار داده (شکل ۳۲) و به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای 25°C تا 35°C خشک می کنند و پس از آن برای جوشکاری مورد استفاده قرار می دهند.

برخی از این الکترودها دارای درصدی پودر آهن هستند که باعث افزایش راندمان، کاهش نفوذ و افزایش پهنای جوش می گردد. با جوشکاری از طریق این نوع الکترود عیب بریدگی در کناره جوش^۱ کمتر مشاهده می شود.

الکترود اسیدی: در روپوش مقداری زیادی سیلیکات آهن و منگنز وجود دارد و سرباره آن ضخیم است و برای جوشکاری در حالت سطحی مناسب است. از هر دو جریان AC و DC می توان استفاده کرد و خواص مکانیکی و نفوذ مطلوب ندارد راندمان رسوب بالا است برای رفع عیب قطعات ریخته گری استفاده می شود و کاربرد کمی دارد.

الکترودهای اکسیدی: اکسید آهن در روپوش زیاد است و مانند الکترودهای اسیدی است سرباره زیاد و نفوذ کم دارد.



شکل ۳۳

در صنعت الکترودهایی تولید می شود که روپوش آنها ممکن است با یک نوع از روپوش های معرفی شده نزدیک باشد، مثلاً الکترودهایی که به عنوان الکترود برشکاری با قوس به کار می رود.

این الکترودها که نفوذ عمیق دارند به الکترودهای پرنفوذ معروف هستند و با حروف (DPE)^۲ معرفی می شوند (شکل ۳۳).

الکترودهای پر راندمان که آنها را با (HYE) نشان می دهند. به دلیل وجود مقدار زیادی پودر آهن در روپوش، نرخ رسوب بالا است و راندمان آنها بیشتر از یک است.

۱- Under Cut

۲- Deep Penetration Electrode

جدول ۳

رقم	نوع روپوش	رقم	نوع روپوش
۰	سلولز - اکسید آهن	۵	کم هیدروژن - سدیم
۱	سلولز - پتاسیم	۶	کم هیدروژن - پتاسیم
۲	تیتان - سدیم	۷	پودر آهن - اکسید آهن
۳	تیتان - پتاسیم	۸	پودر آهن - کم هیدروژن
۴	پودر آهن - تیتان		

عدد ۶۰ یعنی $\frac{lb}{In^2}$ یا $6000 \text{ psi} = 60 \times 1000$ عدد سوم ۱ یعنی قابلیت جوشکاری در تمام حالت ها به جز سرازیر مطابق شکل ۳۴.



شکل ۳۴



شکل ۳۵

اگر عدد سوم ۲ باشد یعنی قابلیت جوشکاری حالت های سطحی و افقی مطابق شکل ۳۵.



شکل ۳۶

چنانچه عدد سوم ۳ باشد یعنی قابلیت جوشکاری در حالت سطحی مطابق شکل ۳۶.

اگر چنانچه عدد آخری ۰ یا ۱ باشد مثل E6011 و E6010 یا E7010 امکان جوشکاری در حالت سرازیر هم وجود دارد به جدول ۴ توجه کرده و با دوستان خود در خصوص الکترودها بحث کنید.

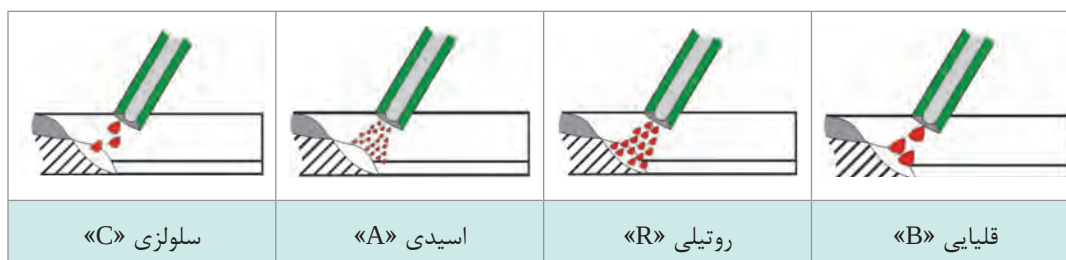
بعد از آخرین عدد از سمت چپ یا اولین عدد از سمت راست کُد الکتروود ممکن است یک حرف اندیس‌دار مثل A_1 ، B_1 ، D_2 و غیره باشد که مربوط به الکترودهای فولادی کم آلیاژ است که درصد و نوع عنصر آلیاژی را مطابق جدول ۴ مشخص می‌کند.

جدول ۴

پسوند	مولیبیدن	کرم	نیکل	منگنز	وانادیوم
A1	۰/۴۰ تا ۰/۶۵				
B1	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۰/۴۰ تا ۰/۶۵			
B2	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۱ تا ۱/۵			
B3	۰/۹ تا ۱/۲	۲ تا ۲/۵			
B4	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۱/۷۵ تا ۲/۲۵			
B5	۱ تا ۱/۲۵	۰/۴ تا ۰/۶			
C1			۲ تا ۲/۷۵		
C2			۳ تا ۳/۷۵		
C3	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۸ تا ۱/۱		۰/۰۵
D1	۰/۳۵ تا ۰/۴۵			۱/۲۵ تا ۱/۷۵	
D2	۱/۲۵ تا ۱/۴۵			۱/۶۵ تا ۲	
G	حداقل ۰/۲۰	حداقل ۰/۳	حداقل ۰/۵	حداقل ۱	حداقل ۰/۱
M	با درصدهای مختلفی از عناصر آلیاژی برای کاربردهای نظامی				

مثلاً الکتروود $E7018_{A1}$ الکترودی که در فلز آن ۰/۵ درصد مولیبیدن دارد.

نوع پوشش الکتروود، در نوع انتقال ذرات مذاب به فلز پایه می‌تواند مانند شکل زیر باشد.



نکته



استاندارد AWS501 برای الکترودهای روکش دار فولادی ساده کربنی و کم آلیاژ

الکترود روتیلی که با استاندارد AWS به نام E6013 معروف است و الکترود قلیایی که با استاندارد AWS به نام E7018 معروف است در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵

شماره استاندارد الکترود	نوع جریان و قطب مناسب	نوع پوشش الکترود	رقم آخر
E6010	فقط DCR P	سلولزی	۰
E6011	AC یا DCRP	سلولزی	۱
E6012	AC یا DCRP	روتیلی	۲
E6013	AC یا DCRP و DCSP	روتیلی	۳
E6014	AC یا DCRP و DCSP	روتیلی با پودر آهن ۳۰٪	۴
E7015	فقط DCRP	کم ئیدروژن	۵
E7016	AC یا DCRP	کم ئیدروژن	۶
E7018	AC یا DCRP و DCSP	کم ئیدروژن با پودر آهن ۲۵٪	۸
E7020	DCSP یا SCRP یا AC	اکسیدی با اکسید آهن زیاد	۲۰
E7024	DCRP و DCSP یا AC	روتیلی با پودر آهن ۵۰٪	۴ و قبل از آن ۲
E6027	DCRP و DCSP یا AC	اسیدی با پودر آهن ۵۰٪	۷ و قبل از آن ۲
E7028	AC یا DCRP	کم ئیدروژن با پودر آهن ۵۰٪	۸ و قبل از آن ۲

مطالبی که در خصوص کدگذاری و شماره های استاندارد الکترودها بیان شد محدود می شود به الکترودهای فولاد ساده کربنی و الکترودهای کم آلیاژ یعنی حداکثر عناصر آلیاژی تا ۵ درصد.

شناسایی الکترودهای فولادی پر آلیاژ کروم نیکل دار

این الکترود بر اساس شماره فولاد با یک عدد سه رقمی بیان می شود مثلاً E308 بر اساس استاندارد AISI یا فولاد ۳۰۴ که یک فولاد کروم نیکل دار است و دارای ۱۹٪ کرم و ۱۰٪ نیکل می باشد. الکترود E308L یعنی الکترود قلیایی که در آن درصد کربن ناچیز است حرف (L) به معنی (Low Carbon) است. در خصوص الکترودهای روپوش دار آلومینیوم بعد از حرف E شماره آلومینیوم بر اساس استاندارد AISI^۱ مثل الکترود E4043 که مربوط به آلیاژ آلومینیوم است که ۴ تا ۶ درصد سیلیس دارد در مورد سایر الکترودها از علامت اختصاری جنس مغزی آنها استفاده می شود.

مثل الکترودهای نیکلی با حرف Ni مشخص می شود مثل ENiFe یعنی الکترود نیکلی که با درصدی آهن آلیاژ شده است و برای جوشکاری چدن خاکستری مناسب است و یا الکترود مسی ECuSn الکترودی است که ۴٪ قلع و ۹۶٪ مس دارد و برای جوشکاری قطعات مسی و قطعات چدنی به کار می رود.

۱- بر اساس استاندارد AISI آلومینیوم و آلیاژهای آن یک عدد چهار رقمی است که از ۱/۰۰۰ تا ۷/۰۰۰ شماره گذاری شده اند.

نگهداری الکترودها

الکترودهای روپوش دار باید طبق مقررات سازنده و با توجه به نوع روپوش آنها نگهداری شوند. الکترودها باید در مقابل رطوبت و صدمه مکانیکی و آلودگی به روغن و چربی در امان باشند. برای تشخیص میزان رطوبت در الکترودها دو راه وجود دارد:

۱ با وزن کردن دقیق قبل از خشک کردن و پس از آن میزان رطوبت در الکترودها مشخص می شود.

۲ با قرار دادن چند عدد الکترو در بین دستها و مالش آنها به هم مطابق شکل ۳۷ نیز می توان به مرطوب بودن یا نبودن الکترو پی برد چنانچه صدای مالش الکترودها به هم تیز و شبیه صدای فلزات باشد الکترو خشک و چنانچه الکترو دارای رطوبت باشد صدای آنها خفه و بم است.



شکل ۳۷

آلودگی الکترو به آب و روغن و چربی موجب می شود که این مواد در گرمای قوس تجزیه شده و تولید هیدروژن کند. هیدروژن حاصل از تجزیه وارد فلز جوش شده و باعث شکست و یا مُک در جوش شوند. ضربات مکانیکی به الکترودها باعث خُرد شدن و ترک دار شدن روپوش شده و موقع جوشکاری به صورت تکه ای از الکترو جدا شده و علاوه بر انحراف قوس، تکه جدا شده از الکترو، وارد حوضچه مذاب می شود. لذا باید الکترودها را با احتیاط حمل و نقل کرد.

الکترو خشک کن

بعضی از انواع الکترودها طبق دستور سازنده که روی جعبه ها و کارتن های الکترو ثبت شده باید قبل از استفاده خشک شوند این عمل در کوره هایی که دارای قفسه های مخصوص مطابق شکل ۳۸ است انجام می شود. الکترودها را در آن چیده و درجه دما و زمان گرما دادن بر اساس دستور سازنده الکترو تنظیم کرده و در آن را می بندند تا خشک شود.



شکل ۳۸

الکترو خشک کن های کوچک دستی هم برای استفاده در کارهای سبک و مناطقی که رطوبت هوا زیاد است همراه جوشکار ساخته شده است که به Oven معروف هستند تا بلافاصله پس از خروج هر الکترو از Oven به کار گرفته شود و فرصت جذب رطوبت باقی نماند (شکل ۳۹).



شکل ۳۹

انبار کردن الکترودها

- الکترودها باید در جای خشک که دمای حرارت آن بیش از 10°C باشد انبار کرد.
- محل نگهداری الکترودهای قلیایی باید دارای دمای 15°C بوده و رطوبت آن از ۴۰٪ کمتر باشد.
- الکترودها را باید به اندازه مصرف از انبار خارج کرده و در صورت لزوم در الکتروود خشک کن طبق دستور کارخانه سازنده الکتروود خشک نماییم.

نکات



- الکترودهایی که بیش از اندازه رطوبت دیده و مدت زیادی از تولید آنها گذشته یا به ترتیب غیراصولی انبار شده اند حتی اگر خشک شوند قابل استفاده نمی باشند چون مغز فلزی و پودر فلزی که داخل روپوش آنها است، زنگ می زند.
- استفاده از الکترودهای زنگ زده و سفیدک زده باعث کاهش کیفیت جوش شده جوش را متخلخل و مُک دار می کند به علاوه موجب باقی ماندن اکسید در فلز جوش خواهد شد. برای صرفه جویی اقتصادی بهترین راه استفاده از این الکترودها برای انجام برشکاری به وسیله قوس الکتریکی است.

- ترتیب چیدمان الکترودها در انبار باید به گونه ای باشد که به ترتیب ورود به انبار، مصرف شوند تا در اثر غفلت موجودی انبار و مدت نگهداری زیاد آنها دچار فساد نشوند.

کار کارگاهی



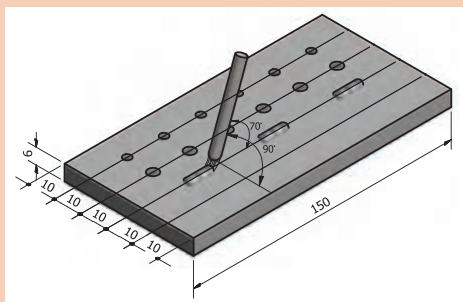
برقراری قوس الکتریکی، خال جوش زدن و ایجاد گرده

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروود ۱۳ ۶۰ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ابعاد ۱۵۰×۵۰×۶ از جنس فولاد st37



مراحل انجام کار

نکته فنی صفحه ۱۳۳ را مطالعه نمایید و سپس مراحل کاری زیر را انجام دهید.

- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت تخت
- ایجاد خال جوش و گرده جوش مطابق نقشه
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- سرد کردن قطعه به آرامی
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروود و قطعه کارهای جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.



برقراری قوس الکتریکی و گرده سازی

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

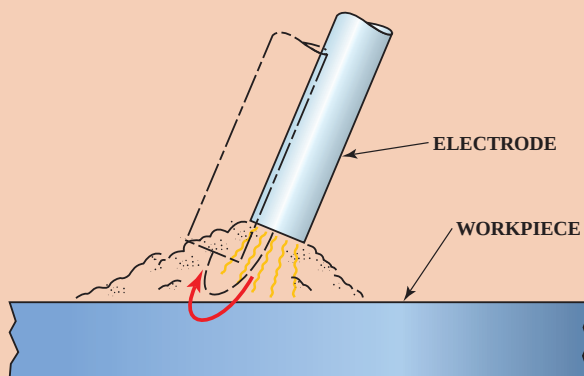
تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروود ۱۳ ۶۰ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ابعاد ۱۵۰×۵۰×۶ از جنس فولاد st37

مراحل انجام کار

نکته فنی صفحه ۱۳۳ را مطالعه نمایید و سپس مراحل کاری زیر را انجام دهید.

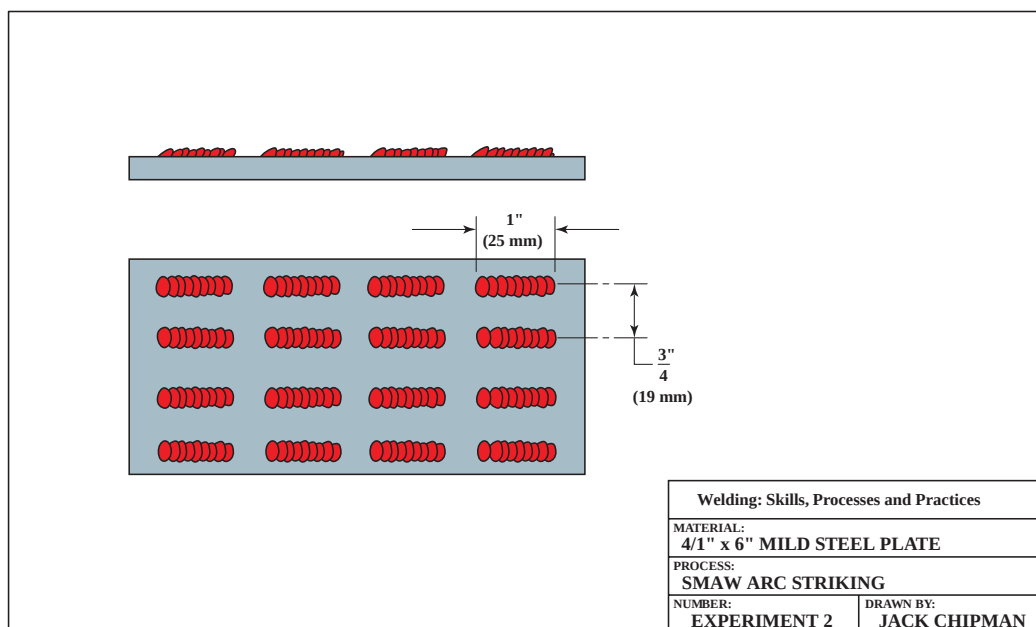
- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت تخت
- ایجاد خط جوش مطابق نقشه
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- سرد کردن قطعه به آرامی
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروود و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.



نحوه الکتروود در حین خال جوش زدن



نکات فنی: الکتروود را نزدیک قطعه قرار دهید، سپس الکتروود را روی قطعه آرام بکشید، به عبارتی دیگر بر روی آن خراش ایجاد کنید شکل زیر زمانی که قوس ایجاد شد، به آرامی الکتروود را بلند کنید تا به یک طول قوس مطلوب برسید، الکتروود را در یک نقطه نگه دارید تا به اندازه جوش مورد نظر برسید، سپس به آرامی الکتروود را به سمت جلو حرکت دهید تا مهره جوش و یا گرده جوش ایجاد شده طویل تر شود. توجه داشته باشید در برخی مواقع به دلیل نزدیک کردن زیاد الکتروود به سطح قطعه، الکتروود به آن می چسبد، در این شرایط، سریعاً انبر الکتروود را فشار دهید تا الکتروود از آن خارج شود و سپس الکتروود را از سطح قطعه جدا کنید. به الکتروود بدون دستکش دست نزنید چون هنوز داغ است. اگر فلاکس (پوشش) در قسمت انتهایی الکتروود جدا شده، الکتروود را تعویض کنید چون با الکتروودی که روکش آن جدا شده نمی توان قوس برقرار کرد بعداً قسمت بدون روکش را بریده و مجدداً از آن استفاده کنید.



برقراری قوس با الکتروودی که روکش آن کنده شده (عدم برقرار قوس پایدار)



برقراری قوس

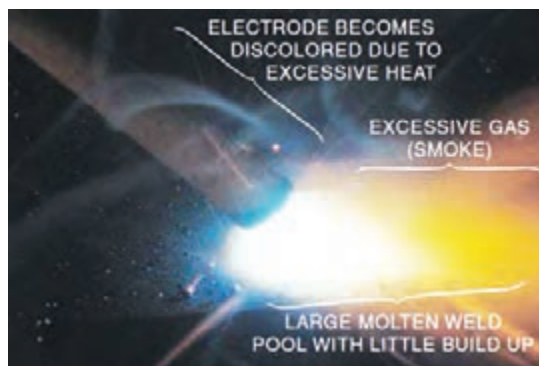
تأثیر آمپر بسیار کم و زیاد در کیفیت جوش

با توجه به جدول ۶ هر الکتروود باید در یک آمپر (شدت جریان) مشخص به کار روند. جوشکاری با جریان بسیار پایین نتیجه آن ذوب ناقص و ناپایداری قوس می‌باشد. (شکل ۴۰) جوش ممکن است دارای ناخالصی سرباره یا گاز شود به دلیل اینکه حوضچه مذاب جوش به اندازه کافی جریان پیدا نکرده و در نتیجه فلاکس هم واکنش خوبی نداشته است. جریان بسیار پایین ممکن است موجب عدم نفوذ در پایین ورق شود.

جدول ۶- رنج آمپر برای الکتروودهای جوشکاری متداول در فرایند الکتروود دستی

الکتروود	طبقه بندی					
Size	E6010	E6011	E6012	E6013	E7016	E7018
3/32 in. (2.4mm)	40-80	50-70	40-90	40-85	75-105	70-110
1/8 in. (3.2 mm)	70-130	85-125	75-130	70-120	100-150	90-165
5/32 in. (4 mm)	110-165	130-160	120-200	130-160	140-190	125-220

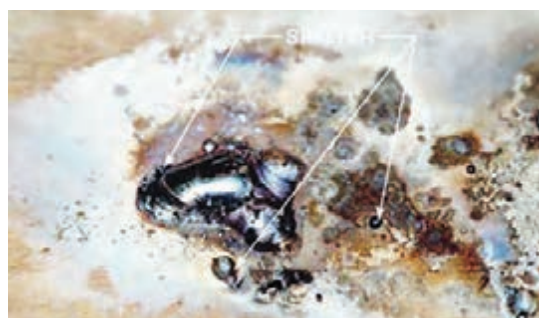
با جریان بسیار پایین، ولتاژ قوس بسیار پایین است. طول قوس پایین نتیجه آن اتصال کوتاه و چسبیدن الکتروود بر روی سطح قطعه می‌باشد. مغزی الکتروود در حمل مقدار جریان الکتریکی محدودیت دارد (شکل ۴۰). زمانی که جریان افزایش می‌یابد، سیم (مغز الکتروود) به دلیل مقاومت الکتریکی داغ می‌شود و موجب می‌شود که برخی از مواد شیمیایی داخل پوشش الکتروود زودتر بسوزند (شکل ۴۱)، در نتیجه از دست دادن بالانس عناصر شیمیایی از ترکیب روپوش الکتروود موجب ناپایداری قوس می‌شود.



شکل ۴۱- جوشکاری با طول قوس بلند



شکل ۴۰- جوشکاری با طول قوس کوتاه



شکل ۴۲- پاشش سخت شده بر روی فلز پایه

افزایش طول قوس باعث پاشش جرقه بیش از حد می‌شود. جوشی که در نتیجه آمپر بالا ایجاد شود یک سطح صاف و پهنی داشته و همچنین نفوذ آن عمیق تر خواهد بود. به دلیل بالا بودن دمای جرقه‌ها، هنگام برخورد با سطح قطعه به آن می‌چسبند و پس از سرد شدن، به راحتی نمی‌توان آنها را از سطح فلز جدا کرد (شکل ۴۲).



تأثیر تغییرات شدت جریان بر روی جوش

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکترود E6013 با قطر ۳/۲۵ میلی متر

مراحل انجام کار

- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت تخت
- ایجاد خط جوش با دو آمپر ۸۰ و ۱۲۰
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- سرد کردن قطعه به آرامی پس از پاس جوش اول
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکترود و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.

از لحاظ عرض جوش، اندازه حوضچه، پاشش، سهولت در برداشتن سرباره و نفوذ بررسی کنید. همچنین مقدار الکترود باقی مانده را در دو حالت مقایسه کنید و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

تنظیم شدت جریان در حین جوشکاری، باعث خراب شدن دستگاه می شود، در نتیجه برای تنظیم دستگاه ابتدا جوشکاری را قطع کنید و سپس دستگاه را تنظیم نمایید و مجدد جوشکاری کنید.

توجه



رابطه مستقیم اندازه الکترود و مقدار گرما وارد شده به قطعه

انتخاب اندازه صحیح الکترود جوشکاری برای یک جوش توسط برخی از عوامل زیر تعیین می شود.

- مهارت جوشکار
- ضخامت فلز
- اندازه فلز
- کدها و استانداردهای جوشکاری

AMOUNT OF HEAT DIRECTED AT WELD	WELD POOL
TOO LOW	
CORRECT	
TOO HOT	

شکل ۴۳- تأثیر گرما وارد شده به قطعه بر روی شکل حوضچه جوش

استفاده از الکترودهای با قطر کمتر نیاز به مهارت کمتری نسبت به الکترودهایی با قطر بزرگ دارد. همچنین الکترود قطر کمتر نرخ رسوب کمتری نسبت به الکترود بزرگ تر دارد. اگر برای اتصال قطعات کوچک و نازک از الکترود با قطر بزرگ استفاده شود، باعث گرم شدن بیش از حد آن می شود و ممکن است به قطعه آسیب وارد شود. به طور کلی برای تعیین اینکه آیا گرمای وارد شده به قطعه زیاد است یا نه به شکل گرده جوش یا انتهای جوش ها در شکل ۴۳ نگاه کنید.

موج‌های گرد و یکنواخت همانند شکل ۴۳ نشان می‌دهد که جوش به صورت یکنواخت سرد شده است و گرما بیش از حد نبوده است اگر موج به صورت نقطه‌ای ایجاد شود، بیانگر این است که فرایند سرد شدن جوش بسیار آهسته بوده و گرمای وارد شده به قطعه بسیار زیاد بوده است. گرمای بیش از حد باعث سوختگی جوش می‌شود و هنگامی که سوختگی جوش اتفاق می‌افتد تعمیر آن سخت است. برای رفع مشکلات ناشی از گرمای بیش از حد جوشکاری می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

- کاهش آمپر
- به کارگیری قطعه بزرگ‌تر
- استفاده از طول قوس کوتاه
- به کارگیری الکتروود با قطر کمتر

کار کارگاهی



تأثیر گرمای بیش از حد بر جوش

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروود E6013 با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر - سه قطعه فولادی با ضخامت‌های متفاوت: قطعه اول: ۳ میلی‌متر - قطعه دوم: ۵ میلی‌متر - قطعه سوم: ۶ میلی‌متر

مراحل انجام کار

- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت تخت
- سرد کردن قطعه به آرامی
- ایجاد خط جوش بر روی سه نمونه قطعه کار
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری

حالت‌های مختلف جوشکاری جهت مقایسه:

□ **حالت اول:** ابتدا بر روی قطعه‌ها به صورت زنجیره‌ای جوشکاری کنید. جوشکاری در شرایط آمپر، سرعت پیشروی و طول قوس ثابت در هر سه قطعه انجام شود. در انتهای این ۳ قطعه را از لحاظ ظاهر، پهنای مهره جوش تقویتی مقایسه کنید.

□ **حالت دوم:** در شرایطی متفاوت از مرحله اول انجام شود، به طوری که آمپر مشابه به حالت قبلی، سرعت پیشروی و طول قوس را تغییر دهید و یک جوش اضافی به روی قطعه اول و قطعه دوم ایجاد کنید، سپس ظاهر جوش، پهنای مهره جوش و... را با هم مقایسه کنید.

□ **حالت سوم:** در این مرحله، یک جوش اضافی روی قطعه اول و دوم در شرایط برابر با ابتدای آزمایش، طول قوس و سرعت پیشروی برابر، اما آمپر را تغییر دهید (آمپر را کاهش دهید)، سپس پهنای مهره جوش (گرده جوش) را از لحاظ ظاهری مقایسه کنید.

طول قوس (ARC LENGTH)

طول قوس به فاصله‌ای که قوس باید پرش کند از نوک الکتروود روی سطح قطعه یا جوش گفته می‌شود. همان‌گونه که جوش پیشرفت می‌کند و ادامه می‌یابد الکتروود کوتاه‌تر می‌شود یا به عبارتی دیگر مصرف می‌شود. برای ثابت نگهداشتن طول قوس به الکتروود باید به‌طور پیوسته کاهش یابد یعنی به سمت قطعه پایین آورده شود. پایدار نگهداشتن طول قوس بسیار مهم است و تغییر بزرگ در طول قوس تأثیر منفی بر روی جوش خواهد داشت.

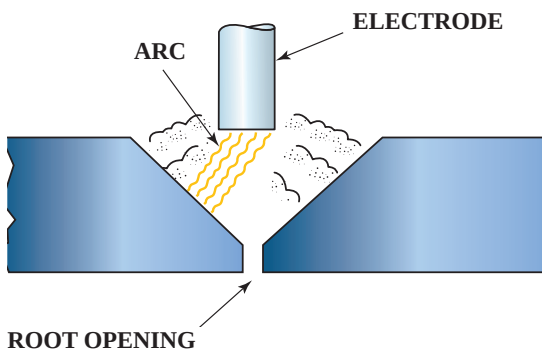
زمانی که طول قوس کم می‌شود فاصله انتقال قطره مذاب کاهش یافته و در نتیجه الکتروود به قطعه کار می‌چسبد شکل ۴۴ جوش‌هایی که در نتیجه طول قوس کوتاه ایجاد می‌شوند، بسیار باریک، محدب و برجسته می‌باشند شکل ۴۵ فاکتورهای مؤثر بر طول قوس؛ نوع الکتروود، طرح اتصال، ضخامت فلز و جریان جوشکاری می‌باشند.



شکل ۴۵- جوشکاری با طول قوس بسیار زیاد



شکل ۴۴- جوشکاری با طول قوس بسیار کم



شکل ۴۶- پرش قوس به سمت نزدیک‌ترین جزء، در نتیجه عدم نفوذ در ریشه

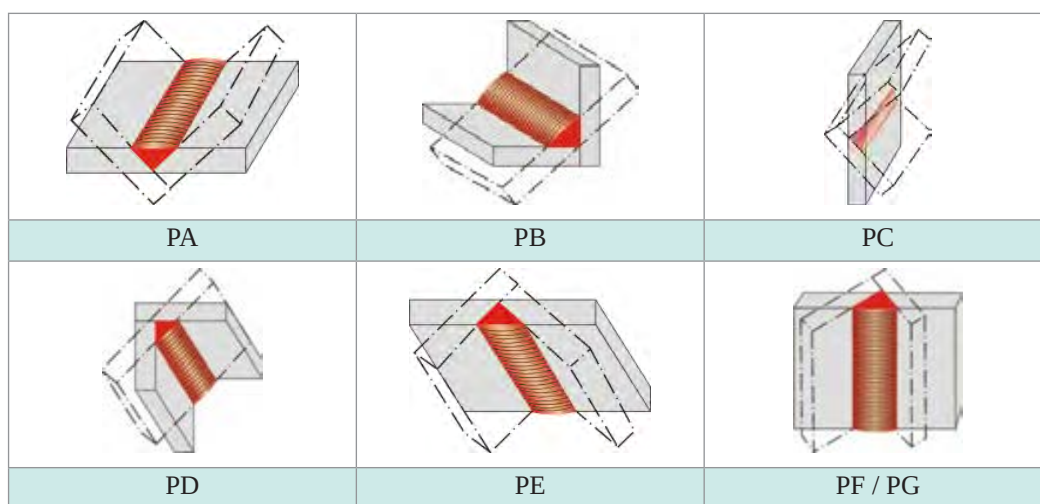
اتصالاتی که عمیق و باریک هستند، قوس به یک سمت کشیده می‌شود و به ریشه نمی‌رسد (شکل ۴۶) در نتیجه، ذوب ریشه جوش کاهش می‌یابد یا ممکن است معیوب شود، بنابراین موجب ایجاد یک جوش ضعیف خواهد شد، اگر یک طول قوس بسیار کوتاه استفاده شود، قوس به ریشه جوش خواهد رسید و ذوب بهتری اتفاق می‌افتد.

به دلیل اینکه قوس‌های کوتاه، گرما و نفوذ کمتری ایجاد می‌کنند، آنها برای جوشکاری فلزات نازک‌تر و یا اتصال نازک به ضخیم بسیار مناسب هستند. آمپر بالا برای پایدار کردن قوس کوتاه نیاز است تا یک ذوب خوب با حداقل ناخالصی سرباره‌ای ایجاد کند. بهترین طول قوس مورد نیاز در جوشکاری ۳ میلی‌متر است چنانچه وقتی که از الکترود با قطر ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود اما این فاصله متغیر است. هنگامی شرایط جوشکاری تغییر می‌کند طول قوس نیز باید تغییر کند.

نکته

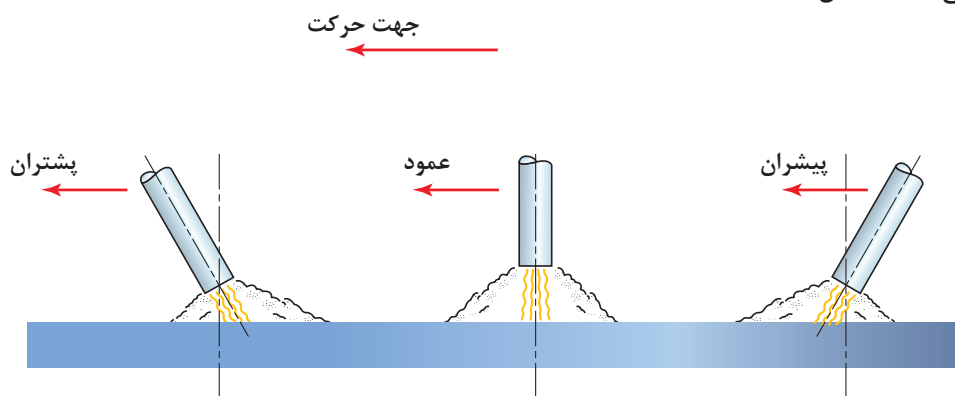


طرح اتصال در استانداردهای مختلف نام‌گذاری متفاوتی دارند که در شکل زیر یک نمونه از این نوع نام‌گذاری آورده شده است.



زاویه الکترود (ELECTRODE ANGLE)

به زاویه بین الکترود و سطح فلز مورد اتصال، زاویه الکترود گفته می‌شود. این زاویه متأثر از جهت پیشروی الکترود (جهت جوشکاری) می‌باشد. بر این اساس زاویه الکترود به دو صورت زاویه پیشران و زاویه پشتران تقسیم می‌کنند (شکل ۴۷).

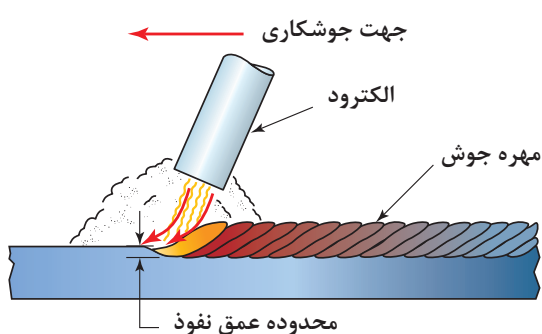


شکل ۴۷- جهت پیشروی و زاویه الکترود

زاویه نسبی مهم است به دلیل اینکه نیروی جت، فلز و سرباره‌ای را که از انتهای الکتروود خارج می‌شود را به سمت قطعه هدایت می‌کند.

زاویه پیشروی (پیشران)

همان‌طور که در شکل ۴۸ می‌بینید، این زاویه، فلز مذاب و سرباره را به سمت جلو گرده جوش هدایت می‌کند. اگر جوشکاری در حالت افقی انجام می‌شود، باید توجه داشت تا عیب روی هم‌رفتگی و یا ناخالصی سرباره در جوش ایجاد نشود. همان‌طور که در شکل ۴۹ می‌بینید فلز جامدی که به جلو جوش هدایت شده، قبل از اینکه سطح فلز پایه ذوب شود، فلز پرکننده و سرباره را سرد و منجمد می‌کند. این سرد شدن سریع، از ذوب شدن فلزات با یکدیگر (فلز پایه و فلز پرکننده) جلوگیری می‌کند (شکل ۵۰)، در نتیجه مقدار ناخالصی سرباره‌ای و روی هم‌رفتگی جوش باقی می‌ماند. به‌طور کلی برای جلوگیری از باقی ماندن سرباره و به‌وجود آمدن عیب روی هم‌رفتگی جوش می‌توان از نکات زیر استفاده نمود.

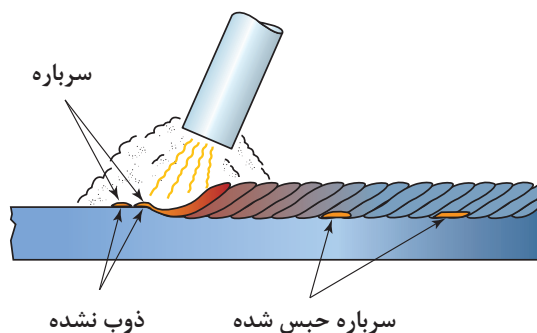


شکل ۴۸- زاویه پیشران

- استفاده از زاویه پیشران کوچک تا حد ممکن
- مطمئن شد که قوس، فلزات را کاملاً ذوب می‌کند (شکل ۴۸).
- از الکتروود نفوذی برای تشکیل گرده‌های کوچک استفاده شود.
- قوس را به سمت جلو و عقب حرکت دهید برای ایجاد حوضچه مذاب کامل در دو لبه اتصال

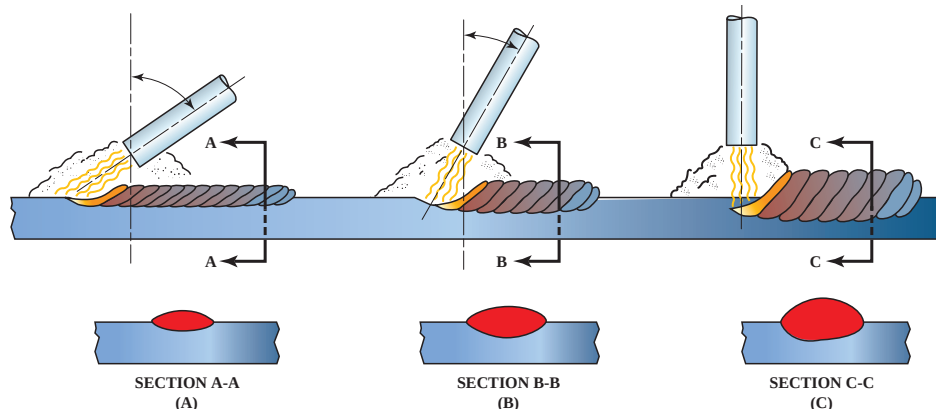


شکل ۵۰- ذوب کامل



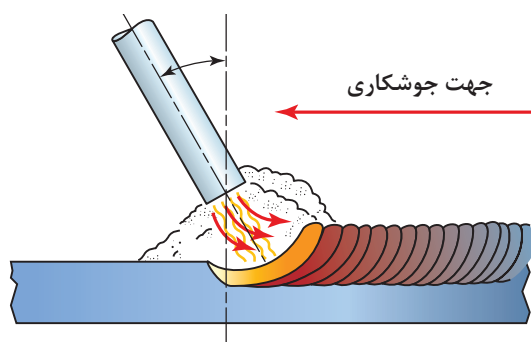
شکل ۴۹- ناخالصی سرباره در جوش

به طور کلی زاویه پیشران در جایی که می‌خواهیم نفوذ را کاهش دهیم یا از ریزش فلز مذاب حین جوشکاری عمودی جلوگیری کنیم، استفاده می‌شود (شکل ۵۱).



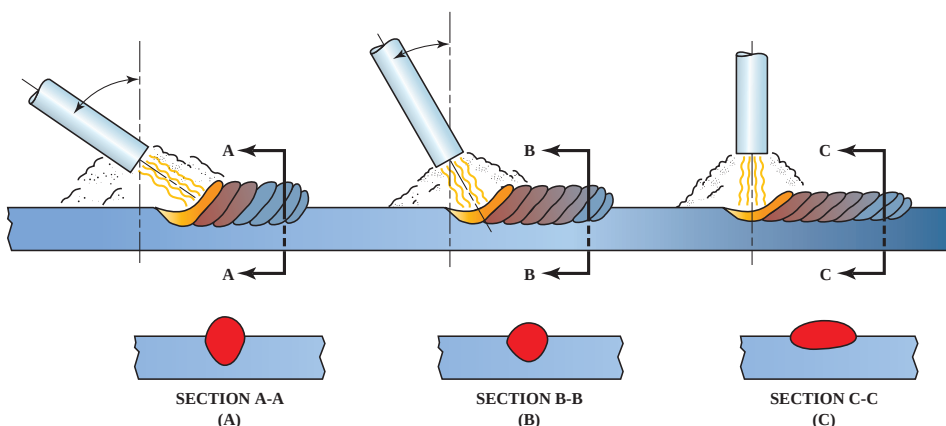
شکل ۵۱- تأثیر زاویه پیشران روی تشکیل مهره جوش (گرده جوش)، پهنا و نفوذ جوش - با افزایش زاویه به سمت زاویه ۹۰ درجه نفوذ افزایش می‌یابد

زاویه پشتران (Trailing Angle)



شکل ۵۲- زاویه پشتران

همان‌طور که در شکل ۵۲ می‌بینید، جوشکاری با این زاویه موجب می‌شود که فلز مذاب به سمت عقب (پشت حوضچه مذاب) هدایت شود، جایی که سرد و منجمد می‌شود. در حالی که فلز ذوب شده به پشت حوضچه هدایت می‌شود، قوس الکتریکی مقدار بیشتری از فلز مذاب را ذوب می‌کند، که موجب نفوذ عمیق‌تر می‌باشد. فلز مذاب، به سمت پشتی جوش سرد و منجمد شده هدایت می‌شود، که این امر موجب تقویت جوش می‌شود (شکل ۵۳).



شکل ۵۳- تأثیر زاویه پشتران روی مقدار گرده جوش، پهنا، نفوذ، سطح A-A به دلیل زاویه پیشران بزرگ‌تر الکتروود، گرده جوش بیشتر است.



بررسی تأثیر تغییرات زاویه الکتروود بر روی جوش

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروود E6013 با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی متر

مراحل انجام کار

- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت تخت
- ایجاد خط جوش بر روی قطعه کار جوشکاری را با زاویه پشتران زیاد شروع کنید، در حدود ۲۵ میلی متر جوشکاری کنید. طوری جوشکاری کنید که حوضچه جوش را با چشم ببینید، به آرامی زاویه الکتروود افزایش دهید و تغییرات را بر روی جوش مشاهده کنید (شکل ۵۳).
- هنگامی که زاویه به ۹۰ درجه رسید، یک جوش در حدود ۲۵ میلی متر ایجاد کنید جوشکاری را با تغییر زاویه الکتروود به پیشران ادامه دهید. به حوضچه جوش در نقاطی که در شکل زیر آمده است نگاه کنید. در طول جوشکاری، قوس و سرعت پیشروی را ثابت نگهدارید.
- سرد کردن قطعه به آرامی
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- در پایان نتایج را تحلیل کنید و به صورت یک گزارش ارائه دهید.



ب) جوشکاری با زاویه پشتران



الف) جوشکاری با زاویه پیشران

ارزشیابی شایستگی اجرای خط جوش

شرح کار: ایجاد گرده جوش در وضعیت تخت																											
استاندارد عملکرد: جوشکاری فولادهای کم آلیاژ با به کارگیری فرایند الکتروود دستی (SMAW) برابر نقشه																											
شاخص ها: تنظیم جریان برابر جدول - جوشکاری و کنترل آن برابر نقشه انتخاب الکتروود برابر WPS - کنترل ابعاد اندازه ها برابر نقشه																											
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه جوشکاری الکتروود دستی استاندارد با تهویه و نور کافی مجهز به سیستم سرمایشی و گرمایشی ابزار و تجهیزات: دستگاه جوشکاری، ورق فولادی st37، الکتروود E6013 و لوازم جانبی ایمنی فردی زمان: ۴ ساعت																											
معیار شایستگی: <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>آماده سازی</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>گرده سازی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کنترل نهایی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* مسئولیت پذیری - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه های جوشکاری - پیشگیری از آلودگی محل کار - اطمینان از کیفیت کار انجام شده </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> میانگین نمرات** </td> </tr> </tbody> </table>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	آماده سازی	۱		۲	گرده سازی	۲		۳	کنترل نهایی	۲		شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* مسئولیت پذیری - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه های جوشکاری - پیشگیری از آلودگی محل کار - اطمینان از کیفیت کار انجام شده		۲		میانگین نمرات**			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	آماده سازی	۱																									
۲	گرده سازی	۲																									
۳	کنترل نهایی	۲																									
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:* مسئولیت پذیری - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه های جوشکاری - پیشگیری از آلودگی محل کار - اطمینان از کیفیت کار انجام شده		۲																									
میانگین نمرات**																											
* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.																											

واحد یادگیری ۲

جوشکاری پوششی

آیا تابه حال پی برده اید؟

- برای بالا بردن مقاومت قطعات در برابر سایش با استفاده از جوشکاری پوششی و ایجاد لایه نشانی بالا برد.
- قطعاتی که دچار فرسایش و خوردگی شده اند را می توان با جوشکاری پوششی ترمیم نمود.
- از جوشکاری قوس الکتریکی می توان برای اتصال دو قطعه و پوشش دهی استفاده کرد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود تا جوشکاری پوششی و سخت کاری سطح قطعه با به کارگیری فرایند الکتروود دستی (SMAW) را برابر نقشه و WPS انجام دهند.

جوش پوششی

هدف اصلی از انجام جوش پوششی (یا جوشکاری سطحی)، ایجاد یک لایه روی سطح فلز پایه است. این لایه می‌تواند از جنس‌های مختلفی باشد. از مهم‌ترین موارد کاربرد جوش پوششی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- محافظت از فلز پایه در برابر خوردگی سایش
 - تعمیر قطعاتی که دچار سایش یا خوردگی شده‌اند.
- نمونه‌ای از قطعات که با فرایندهای مختلف جوشکاری بر روی آنها لایه نشانی انجام شده است (شکل ۵۴).



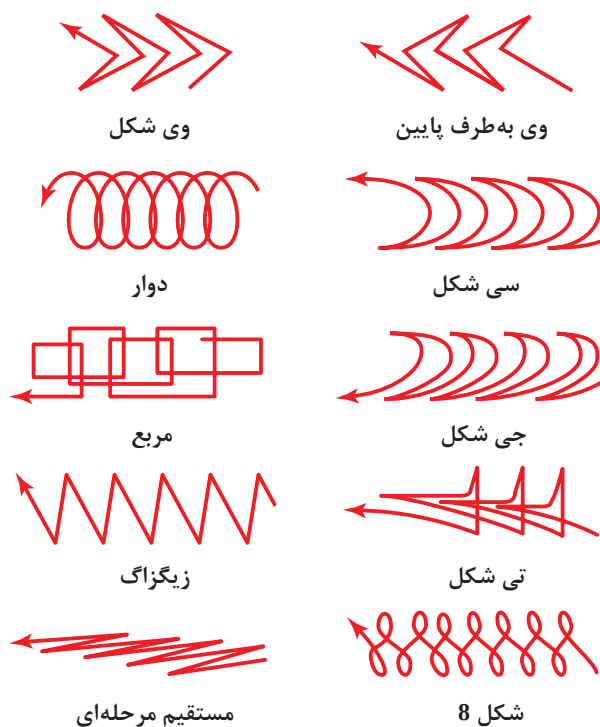
شکل ۵۴

با ایجاد یک لایه مقاوم در برابر سایش، عمر مفید قطعاتی که در معرض سایش و خوردگی هستند را افزایش داده و نیاز به تعمیرات و تعویض مکرر کاهش می‌یابد.

برای پوشش‌های فلزی الکترودهی از جنس فولاد ضدزنگ، نیکل، کروم و... که در برابر خوردگی و سایش مقاوم هستند استفاده می‌شود.

در فرایند پوشش‌دهی جنس الکتروود با جنس فلز پایه می‌تواند از دو جنس مختلف باشد که بر اساس استانداردهای مختلف نوع الکترودهای پوشش‌دهی برای هر فلز قابل استخراج می‌باشد.

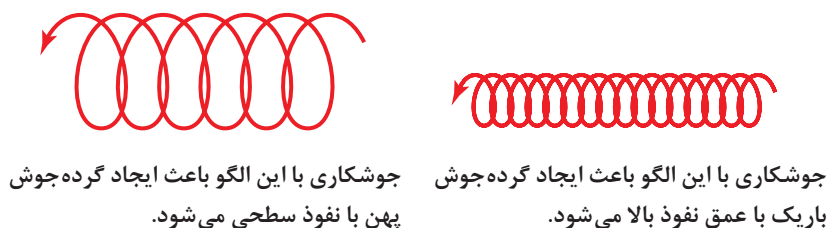
تکنیک های جوشکاری (ELECTRODE MANIPULATION)



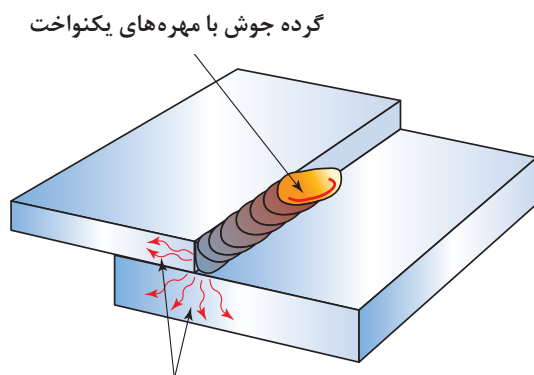
شکل ۵۵- الگوهای حرکتی موجی شکل

روش جابه جایی و حرکت الکتروود می تواند مشخصه هایی مانند نفوذ، پاشنه جوش، عرض جوش، تخلخل، سوختگی کناره جوش، روی هم افتادگی و ناخالصی سرباره را کنترل کند. نوع الگوی حرکتی برای هر جوش به جوشکار بستگی دارد و بر اساس تجربه فرد انتخاب می شود. به هر حال، برخی از الگوها برای بعضی از وضعیت های جوشکاری مناسب و مفید می باشد. الگوهای بسیاری برای جوشکاری وجود دارد که جوشکاران می توانند از آن استفاده کنند.

ده نوع الگوی جوشکاری که برای اکثر شرایط های جوشکاری می تواند استفاده شود به عنوان مثال، تکنیک دایره ای اغلب برای جوشکاری در حالت تخت برای اتصال لب به لب و سپری مورد استفاده قرار می گیرد. از این الگو برای گرده سازی و پوشش دهی استفاده می کنند (شکل ۵۵).

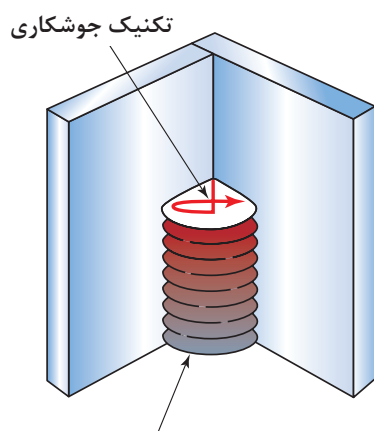


شکل ۵۶- الگوی دایره ای شکل



جهت انتقال حرارت از جوش به فلز پایه

شکل ۵۷- الگو J شکل اجازه می‌دهد تا گرما بر روی قطعه ضخیم‌تر متمرکز شود

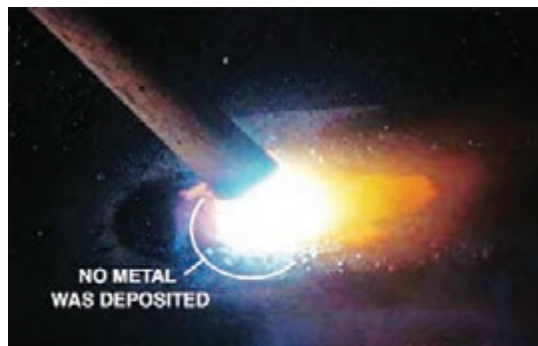


جوش پر شده در حالت عمودی

شکل ۵۸- الگو T شکل اجازه می‌دهد تا گرما بر روی قطعه ضخیم‌تر متمرکز شود

با افزایش پهنای دایره‌ها می‌توان گرده‌ای پهن‌تر و نیز با نفوذ بالاتر ایجاد کرد (شکل ۵۶) تکنیک دایره‌ای و تخت برای جوشکاری وضعیت تخت مناسب است. همچنین از این الگوها می‌توان در وضعیت عمودی هم استفاده کرد. قابل توجه است که از این تکنیک برای پر کردن اتصالاتی که دارای فاصله بزرگ (گپ) بین دو قطعه) هستند، استفاده می‌شود. تکنیک J برای اتصالات لب روی هم (1F) و همه اتصالات عمودی (3G) و افقی (2F) لب روی هم بسیار خوب جواب می‌دهد مانند شکل ۵۷ این تکنیک باعث می‌شود که گرما روی قطعه‌های ضخیم متمرکز شود.

تکنیک T در جوش‌های گوشه در حالت‌های (3F) عمودی و (4F) بالای سر کاربرد دارد (شکل ۵۸). همچنین برای جوش‌های شیاری با نفوذ عمیق کاربرد دارد. قسمت بالای تکنیک T برای پرکردن گلویی جوش به کار می‌رود برای جلوگیری از سوختگی کناره جوش به کار می‌رود. تکنیک مستقیم مرحله‌ای می‌تواند برای جوش‌های محکم، پاس ریشه و چند پاسه برای همه وضعیت‌ها استفاده شود. در این تکنیک کمترین مقدار فلز در یک زمان مشابه در مقایسه با سایر تکنیک‌ها، ذوب می‌شود. الکتروود به سمت جلو مرحله به مرحله حرکت می‌کند و طول قوس افزایش می‌یابد، به طوری که هیچ فلزی در جلوی حوضچه جوش رسوب نمی‌کند (شکل ۵۹) این عمل اجازه می‌دهد که حوضچه مذاب جوش در یک اندازه قابل کنترل سرد و منجمد شود.



الکتروود نمی تواند فلز پایه را ذوب کند و در جوش رسوب نماید
الکتروود به آرامی به سمت جلو می رود و دوباره به حوضچه جوش بر می گردد

شکل ۵۹



شکل ۶۰

الگوهای ۸ شکل و زیگزاگ در وضعیت های تخت و عمودی، برای پاس های پوششی استفاده می شود. این تکنیک ها دارای نرخ رسوب بالایی می باشند و در حین استفاده از آنها نباید تعداد دفعات موج بیشتر از $\frac{1}{4}$ تا ۲ برابر قطر الکتروود شود. (شکل ۶۰)

گرده سازی و ایجاد خط جوش در وضعیت افقی با الکتروود E6013 دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

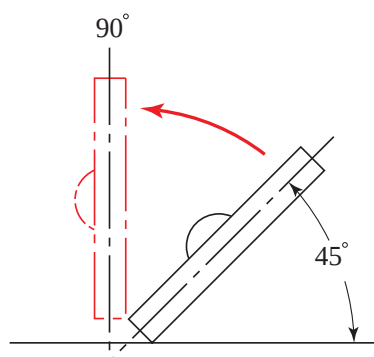
مواد مورد نیاز: الکتروود ۶۰۱۳ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ابعاد ۵۰×۵۰×۱۰۰ mm از جنس فولاد st37

مراحل انجام کار

- قرارگیری قطعه کار در وضعیت مناسب
- ایجاد خط جوش افقی در طول قطعه
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروود و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.
- سرد کردن قطعه به آرامی
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز

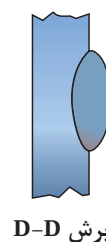
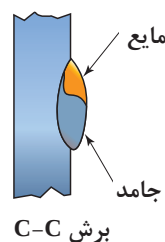
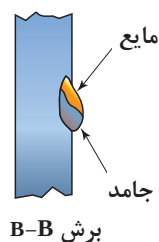
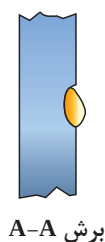
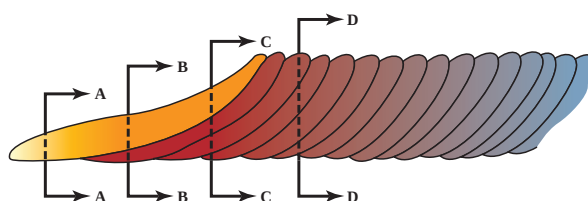
کار کارگاهی





گرده‌سازی و ایجاد خط جوش در وضعیت افقی - همان‌طور که در شکل روبه‌رو نشان داده شده، ابتدا قطعه باید در زاویه ۴۵ درجه قرار گیرد. سپس تحت زوایای ۷۵ و ۹۰ درجه انجام دهید تا به وضعیت افقی برسید، این تکنیک به شما کمک می‌کند تا به مهارت مورد نیاز برای جوشکاری در حالت افقی برسید. الگو J برای جوشکاری در این حالت بسیار مناسب می‌باشد (شکل زیر).

تغییر زاویه الکتروود هم‌زمان با افزایش مهارت



پیشرفت جوشکاری در حالت افقی



گرده سازی و ایجاد خط جوش در وضعیت عمودی با الکترودهای E6013

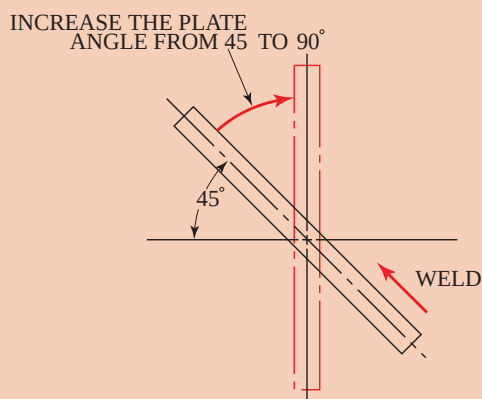
دستور کار:

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروود ۶۰۱۳ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ابعاد ۵×۵×۵۰×۱۰۰ mm از جنس فولاد st37

مراحل کار



افزایش زاویه تمرین ایجاد خط جوش از ۴۵ به ۹۰ درجه

- ثابت کردن قطعه کار در وضعیت عمودی (از زاویه ۴۵ درجه می توان شروع و پاس های تمرینی بعدی قطعه در زاویه عمودتری قرار گیرد).
- ایجاد خط جوش عمودی در طول قطعه
- توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- سرد کردن قطعه به آرامی
- تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز
- تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروود و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.

نکته

این کار کارگاهی برای رسیدن به توانایی جوشکاری در وضعیت عمودی است. پس از کسب مهارت در این حالت، زاویه را به آرامی در چند مرحله افزایش دهید تا به وضعیت عمودی برسید.

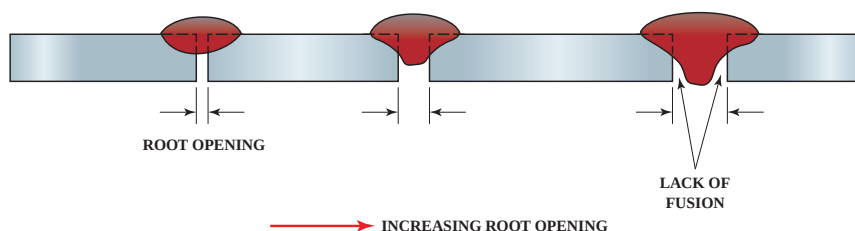


اتصال لب به لب مربعی (SQUARE BUTT JOINT)

همان طور که در شکل ۶۲ می بینید، دو قطعه به وسیله جوش مقطعی (Tack Weld) به یکدیگر متصل شده اند. به فاصله بین دو قطعه ریشه باز یا شکاف ریشه گفته می شود. تغییر در اندازه ریشه باز تأثیر بر نفوذ جوش می گذارد. با افزایش فاصله بین دو قطعه، مقدار نفوذ نیز افزایش می یابد. مقدار ریشه باز برای اکثر اتصالات بین ۰ تا ۳ میلی متر می باشد. ریشه باز بسیار بزرگ باعث سوختگی در ریشه جوش می شود (شکل ۶۲).



شکل ۶۱- اندازه فاصله ریشه باید یکنواخت باشد تا جوش نهایی کیفیت لازم را داشته باشد.



شکل ۶۲- اثر ریشه باز بر روی نفوذ جوش

کار کارگاهی



جوشکاری اتصال لب به لب مربعی در وضعیت تخت با الکترودهای E6013

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروده ۱۳ ۶۰ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - دو عدد قطعه فولادی با ابعاد ۱۵۲×۳۸×۵mm از جنس فولاد st37

مراحل انجام کار



عیب ایجاد شده در اثر حرکت سریع الکتروده در عرض جوش

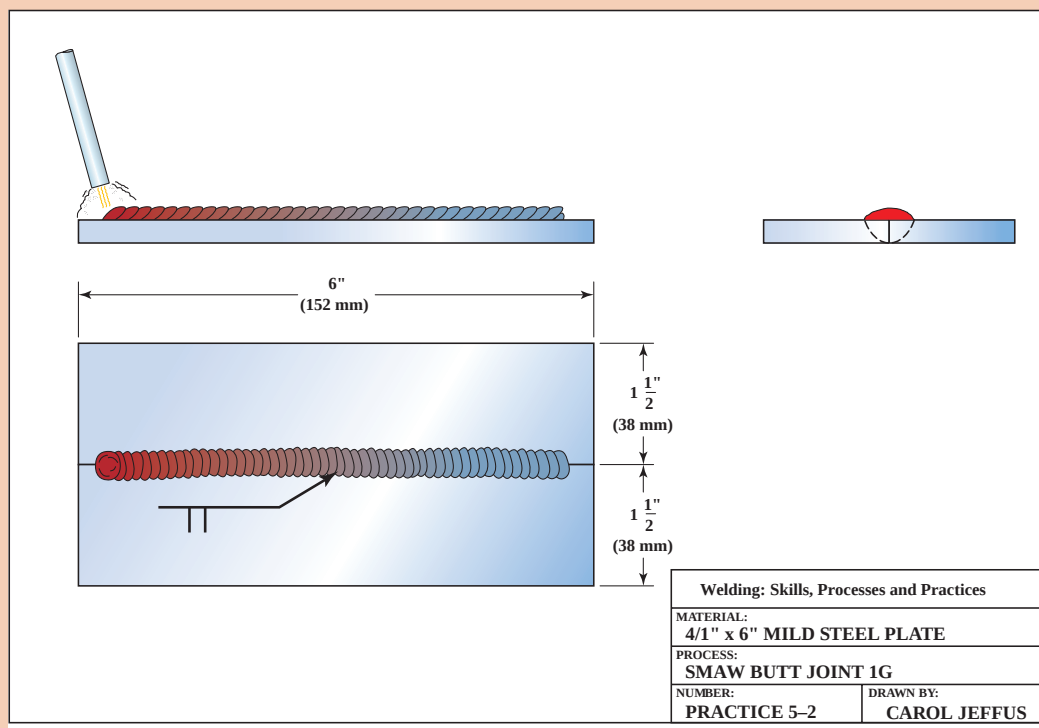
ابتدا سر و ته دو قطعه را با خال جوش به یکدیگر متصل کنید. بعد از ایجاد پل ارتباطی بین دو قطعه به واسطه خال جوش زدن، الکتروده را به صورت موجی شکل در طول اتصال حرکت دهید.

حین جوشکاری نباید الکتروده را در عرض اتصال حرکت دهید، در این صورت سرباره در داخل جوش محبوس خواهد شد و عیب ناخالصی ایجاد خواهد شد.

سرد کردن قطعه به آرامی

تحويل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز

تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروده و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.



در این نوع اتصالات نیازی به نفوذ کامل نیست اگر نیاز به نفوذ عمیق باشد فاصله دو قطعه را افزایش داده یا لبه ها را پخ می زنند.



جوشکاری اتصال لب به لب مربعی در وضعیت عمودی با الکترودهای E6013

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

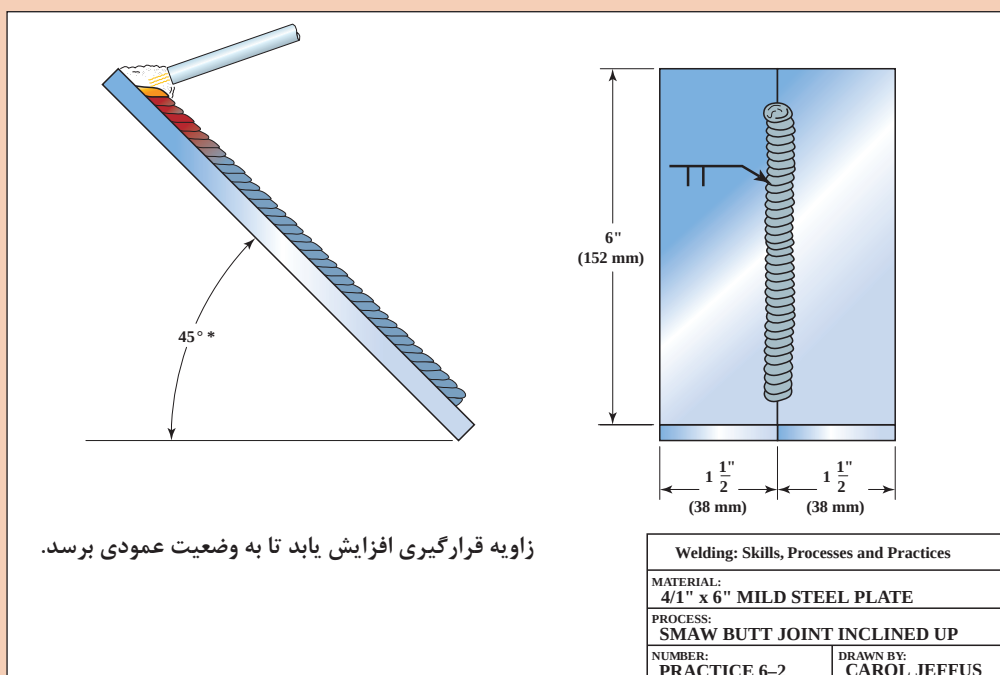
تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب
مواد مورد نیاز: الکتروده ۶۰۱۳ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - دو عدد قطعه فولادی با ابعاد ۱۵۲×۳۸×۵ mm از جنس فولاد st37

مراحل انجام کار

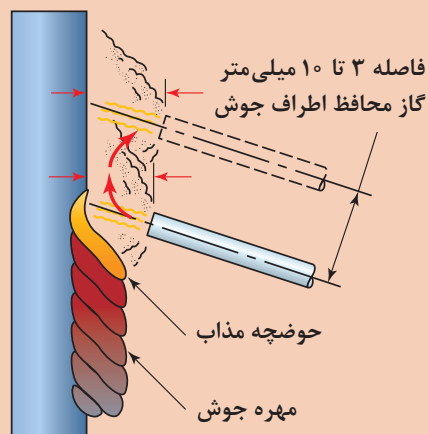
ثابت کردن قطعه کار (از زاویه ۴۵ درجه می توان شروع و پاس های تمرینی بعدی قطعه در زاویه عمودتری قرار گیرد).

- ☐ ایجاد خط جوش در طول قطعه
- ☐ سرد کردن قطعه به آرامی
- ☐ توجه به حوضچه جوش در حین جوشکاری
- ☐ تمیز کردن محیط کار و جمع آوری و قرار دادن ته مانده های الکتروده و قطعه های جوشکاری شده در محفظه مخصوص بازیافت.
- ☐ تحویل قطعه کار جهت ارزیابی به هنرآموز

ایجاد اتصال لب به لب در زاویه ۴۵ درجه، جوشکاری را از انتهای لبه پایینی قطعه شروع کنید، قبل از آن انتهای دو قطعه را خال جوش بزنید. در این کار کارگاهی از الگوهای C و J برای جوشکاری استفاده کنید. هنگامی که الکتروود به سمت بالای جوش حرکت می‌کند، طول قوس به آرامی افزایش می‌یابد که نتیجه آن نرخ رسوب فلز مذاب در ناحیه اتصال می‌باشد. هنگامی که الکتروود را مجدد به سمت جوش برمی‌گردانید، باید طول قوس را کاهش دهید تا فلز مذاب رسوب کند. جوشکاری در حالت عمودی کمی دشوار است، از این رو برای افزایش مهارت باید قطعه‌ها را در زاویه ۴۵ درجه قرار دهید و در صورت کسب مهارت در این وضعیت زاویه قرارگیری قطعه را افزایش دهید تا به وضعیت عمودی برسید و در نهایت تمرین را در وضعیت عمودی انجام دهید.



زاویه قرارگیری افزایش یابد تا به وضعیت عمودی برسد.



تکنیک حرکت دست در حالت عمودی



جوشکاری پوششی در وضعیت تخت با الکترودهای E6013

دستور کار

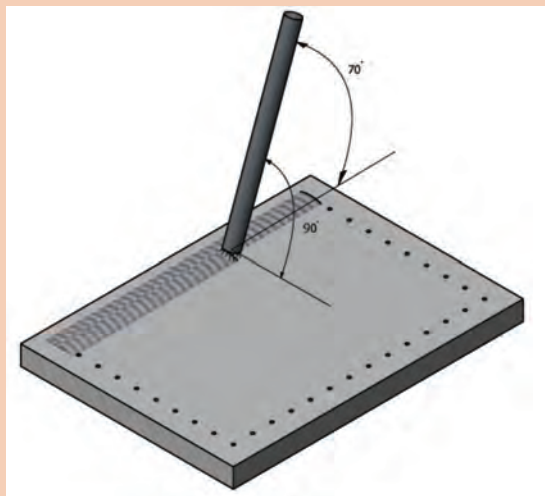
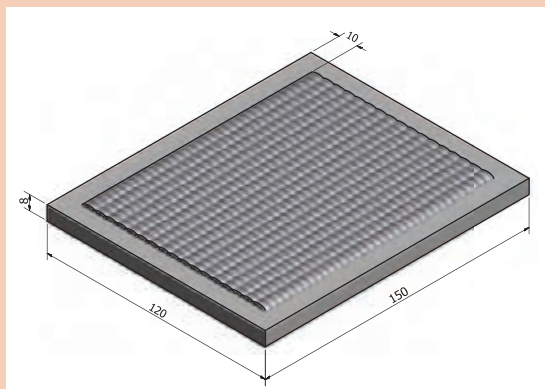
تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروده ۶۰۱۳ با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر - قطعه فولادی با ابعاد ۸×۱۲۰×۱۵۰ از جنس فولاد st37

مراحل انجام کار

- ❑ خط‌کشی قطعه کار مطابق نقشه
- ❑ مشخص کردن خطوط به کمک سنبه نشان
- ❑ اجرای جوشکاری به صورت پوششی با زاویه الکتروده نشان داده شده در نقشه
- ❑ گرده جوش اول را اجرا کنید.
- ❑ گرده جوش بعدی را به نحوی رسوب دهید که نصف گرده جوش اول را بپوشاند. گرده جوش‌های بعدی را نیز با همین روش جوشکاری نمایید.
- ❑ قطعه را سرد کنید.
- ❑ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروده و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.





جوشکاری پوششی در وضعیت تخت با الکترودهای E6013

دستور کار

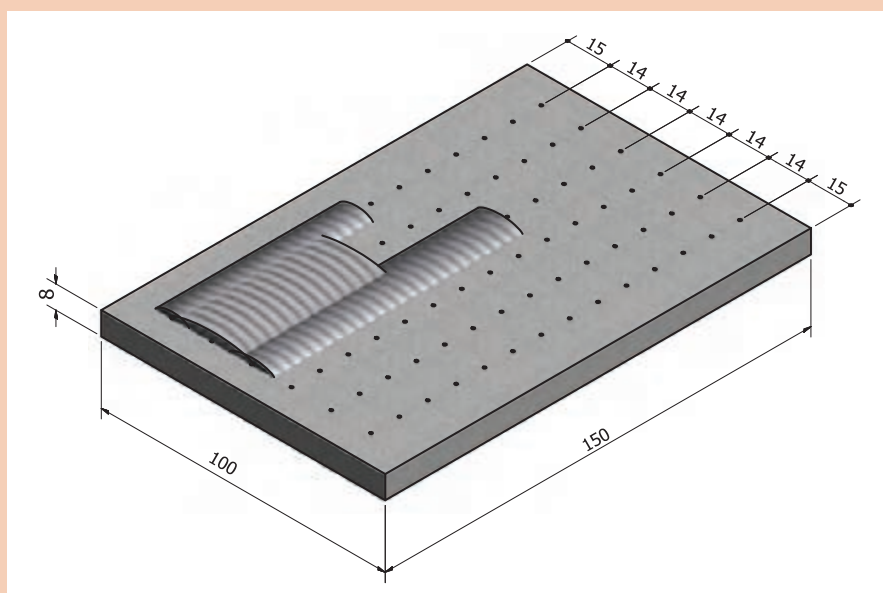
تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را آماده کنید و کار کارگاهی مربوطه را انجام دهید.

تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شود، همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکتروده ۱۳۰۶ با قطر ۳/۲۵ میلی متر - قطعه فولادی با ابعاد ۸×۱۲۰×۱۵۰ از جنس فولاد

مراحل انجام کار

- ❑ خط کشی قطعه کار بر اساس نقشه زیر
- ❑ مشخص کردن خطوط به کمک سنبه نشان
- ❑ اجرای جوشکاری به صورت پوششی و با توجه به زاویه الکتروده
- ❑ گرده جوش را اجرا به صورت یک در میان تا پایان مطابق شکل اجرا نمایید.
- ❑ سپس بین پاس اول و دوم را با جوش همپوشانی پوشش دهید و این کار را بین پاس‌های دیگر نیز انجام شود.
- ❑ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هر یک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت لب‌به‌لب مربعی در وضعیت عمودی را کسب کنید.
- ❑ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروده و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.



جوشکاری پوششی

ارزشیابی شایستگی جوشکاری پوششی

شرح کار: اجرای جوشکاری پوششی و لایه نشانی روی ورق فولادی st37 با فرایند جوشکاری قوسی SMAW			
استاندارد عملکرد: جوشکاری پوششی و سخت کاری سطح قطعه با به کارگیری فرایند الکتروود دستی (SMAW) برابر نقشه و WPS			
شاخص‌ها: تنظیم جریان برابر جدول - جوشکاری و کنترل آن برابر نقشه - انتخاب الکتروود برابر WPS - کنترل ابعاد اندازه‌ها برابر نقشه - گرده‌سازی روی سطح‌های مدور و صاف - تنش‌زدایی و تمیزکاری			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه جوشکاری الکتروود دستی استاندارد با تهویه و نور کافی مجهز به سیستم سرمایشی و گرمایشی ابزار و تجهیزات: دستگاه جوشکاری، قطعه، الکتروود E6013 و لوازم جانبی ایمنی فردی زمان: ۴ ساعت			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* مسئولیت‌پذیری - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه‌های جوشکاری - پیشگیری از آلودگی محل کار - اطمینان از کیفیت کار انجام شده			
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			





پودمان ۴

جوشکاری گوشه



جوشکاری ماهیچه‌ای



آماده‌سازی و اجرای قیدوبند

نقشه‌ها به‌عنوان زبان فنی در صنعت معرفی می‌شوند، نه تنها در کارهای خم‌کاری، برش‌کاری و ورق‌کاری نقشه به‌عنوان مرجع اطلاعات ساخت می‌باشد، بلکه در جوشکاری نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. از این‌رو، در واحد یادگیری اول این پودمان، اجرای قید و بند قبل از جوشکاری قطعات و در واحد یادگیری دوم انواع اتصال و علائم نقشه‌خوانی ارائه شده است، سپس کاربرد جوشکاری گوشه و مهارت‌های موردنیاز برای رسیدن به شایستگی در جوش گوشه بیان شده است.

واحد یادگیری ۱

آماده سازی و اجرای قید و بند

آیا تابه حال پی برده اید؟

- اتصال قطعات با فرایند جوشکاری قوس الکتریکی به صورت دائمی است.
- ابزارهایی مانند گیره و فیکسچر برای جلوگیری از پیچیدگی قطعات به کار می روند.

استاندارد عملکرد

استاندارد عملکرد پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی آماده سازی و اجرای قیدوبند، هنرجویان قادر به استخراج اطلاعات مورد نیاز برای اجرای مونتاژ قطعات قبل از جوشکاری به کمک قیدوبند خواهند بود.

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 به‌منظور ایجاد جوش مطلوب و جلوگیری از به وجود آمدن بعضی از انواع عیوب در جوشکاری است.

پیش‌گرم

حرارت دادن فلز پایه قبل از جوشکاری است.

به منظور دستیابی به اهداف زیر انجام می‌شود:

■ کاهش سرعت سرد شدن برای جلوگیری از تشکیل ساختار سخت در فولاد؛ یعنی فولاد پیش‌گرم می‌شود تا پس از جوشکاری آرام سرد شود.

■ رسیدن به درجه حرارت حداکثر: فلزاتی که هدایت حرارت بالا دارند، مثل مس و آلومینیوم و قطعات ضخیم فولادی، تا درجه حرارت معینی پیش‌گرم می‌شوند تا فلز راحت‌تر به درجه حرارت ذوب برسد.

■ کنترل درجه حرارت بین پاسی بعضی از آلیاژها و فولادها و چدن‌ها اگر از درجه حرارتی بالاتر روند یا مدتی در درجه حرارت بالا واقع شوند، ترکیباتی با ساختارهای سخت در دمای مختلف آنها شکل می‌گیرد؛ لذا کنترل دمای پیش‌گرم و کنترل دمای بین پاسی بسیار با اهمیت تلقی می‌شود. همچنین سرد شدن قطعه به دلیل قطع جوشکاری و سرد بودن محیطی با ضخیم بودن قطعه نیز موجب سرد شدن سریع جوش می‌شود که باید همواره این مسائل گرمایی مدنظر باشد و به‌طور دقیق اجرا شود.

پس‌گرم

این عملیات در جوشکاری قطعات فولادی سختی‌پذیر و بعضی از آلیاژها اجرا می‌شود. پس‌گرم برای حذف تنش‌ها و حذف سختی و تردی و گاهی رسیدن به زیر ساختار موردنظر اجرا می‌شود. نحوه این عملیات گرمایشی بسته به خواصی که از جوش انتظار داریم و همچنین با توجه به نحوه سرد شدن قطعه، متفاوت خواهد بود. در حقیقت پس‌گرم ترک‌های به‌وجود 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 پس‌گرم برای همان منظور طراحی و ساخته می‌شود.

راه‌های جلوگیری از شکست گرم

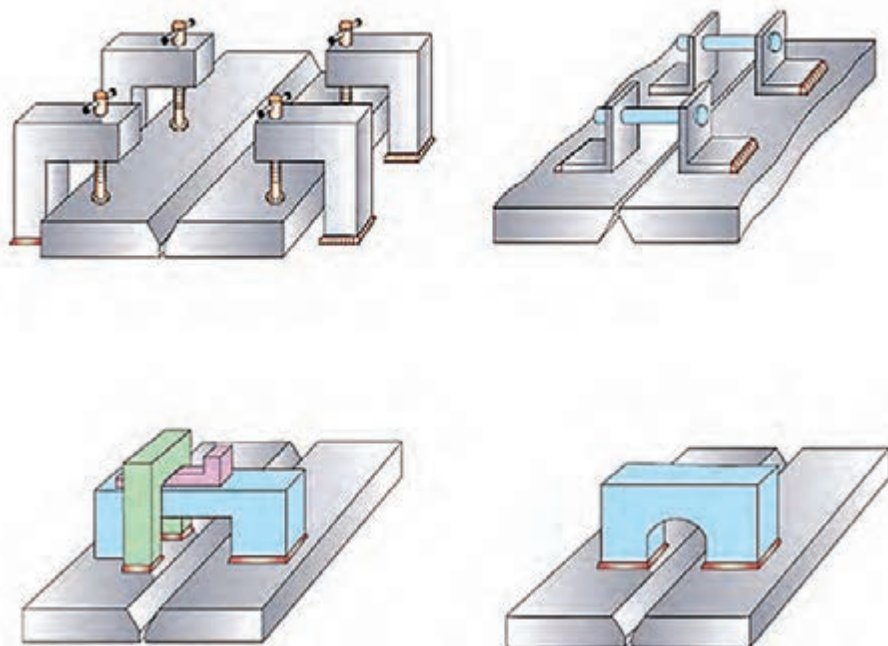
برای جلوگیری از شکست گرم در فولادها از الکترودهایی که دارای منگنز زیادی هستند، استفاده می‌کنیم تا از تشکیل سولفید آهن که یک ترکیب زودذوب است و باعث ایجاد ترک گرم می‌شود، جلوگیری کنیم. ضمناً با استفاده از اقدامات دیگری نظیر استفاده از الکتروده با قطر بالاتر، پخ مناسب، پهنای جوش کمتر و کاهش درجه مهار قطعه،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

راه‌های جلوگیری از شکست سرد

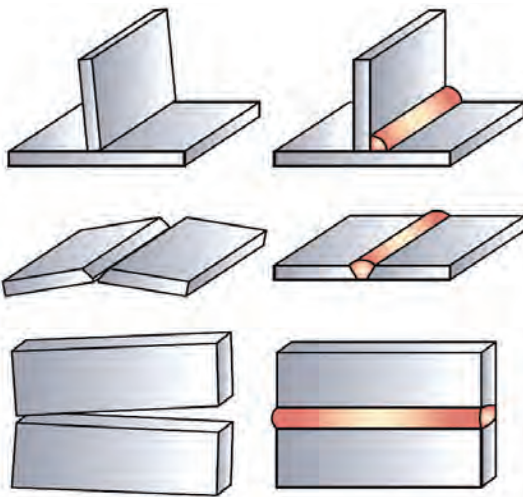
- تمیز نمودن سطح قطعه از آلودگی‌هایی نظیر چربی
- استفاده از الکترودهای کم هیدروژن
- خشک کردن الکتروده
- پیش گرم کردن قطعه (به منظور کاهش سرعت سرد شدن آن، جهت کاهش میزان تنش‌های پس ماند و کاهش)
- تنش زدایی بعد از جوشکاری
- کنترل درجه حرارت بین پاسی

روش‌های جلوگیری از پیچیدگی

- 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 نماید.



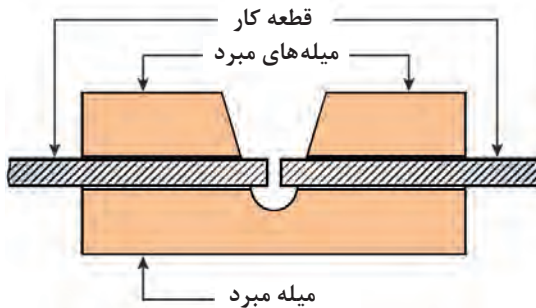
شکل ۱



شکل ۲

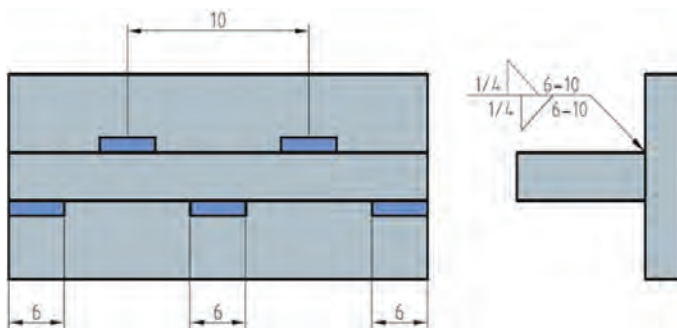
■ پیش‌تنظیمی: خال جوش زدن خارج از وضعیت اصلی در جهت عکس پیچیدگی مطابق شکل ۲ است. به این روش پیش‌تنظیمی گویند که پس از عملیات جوشکاری به حالت استاندارد درمی‌آید.

■ کاهش گرمای قطعه حین جوشکاری: در جوشکاری ورق‌های فولاد زنگ‌نزن می‌توان از تسمه‌های مبرد از جنس مس استفاده کرد که در مواردی آب در این نگهدارنده‌ها جریان دارد تا گرمای قطعه بالا نرود و پیچیدگی کمتر باشد.



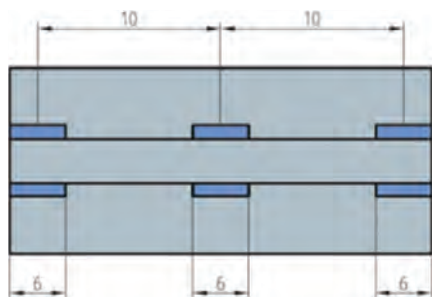
شکل ۳

■ تسمه مبرد: نوعی سیستم خنک‌کننده است که با گردش آب یا گازهای خنک‌کننده باعث می‌شود قطعه کار خنک شود.



شکل ۴

■ ایجاد خط جوش خلاف جهت پیچیدگی: در این کار جوش یک‌طرفه به جوش دوطرفه تبدیل می‌شود.



شکل ۵

■ ایجاد جوش دو طرفه: جوش‌های منقطع نه تنها همدیگر را خنثی می‌کنند، بلکه با کاهش طول جوش، تنش پس‌ماند را کاهش می‌دهند. به جای گرده جوش پیوسته و طولانی می‌توان از یک گروه جوش متقارن بهره گرفت تا تنش‌های باقی‌مانده در قطعه متعادل شوند.

در روش جوش متوالی جوشکار طول درز را به چند قسمت تقسیم نموده و به یکی از دو روش زیر قطعه کار را جوش می‌دهد.

■ روش بازگشتی

جوشکاری از چپ به راست، ولی حرکت دست از راست به چپ است.

■ روش جوش پرشی بازگشتی

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

روش‌های دیگر جلوگیری از پیچیدگی

پیش‌گرم: گرما دادن فلز پایه قبل از جوشکاری باعث کاهش پیچیدگی می‌شود.

استفاده از تعداد پاس‌های کمتر.

استفاده از فاصله ریشه بیشتر و زاویه پخ کمتر.

استفاده از پشت بند.

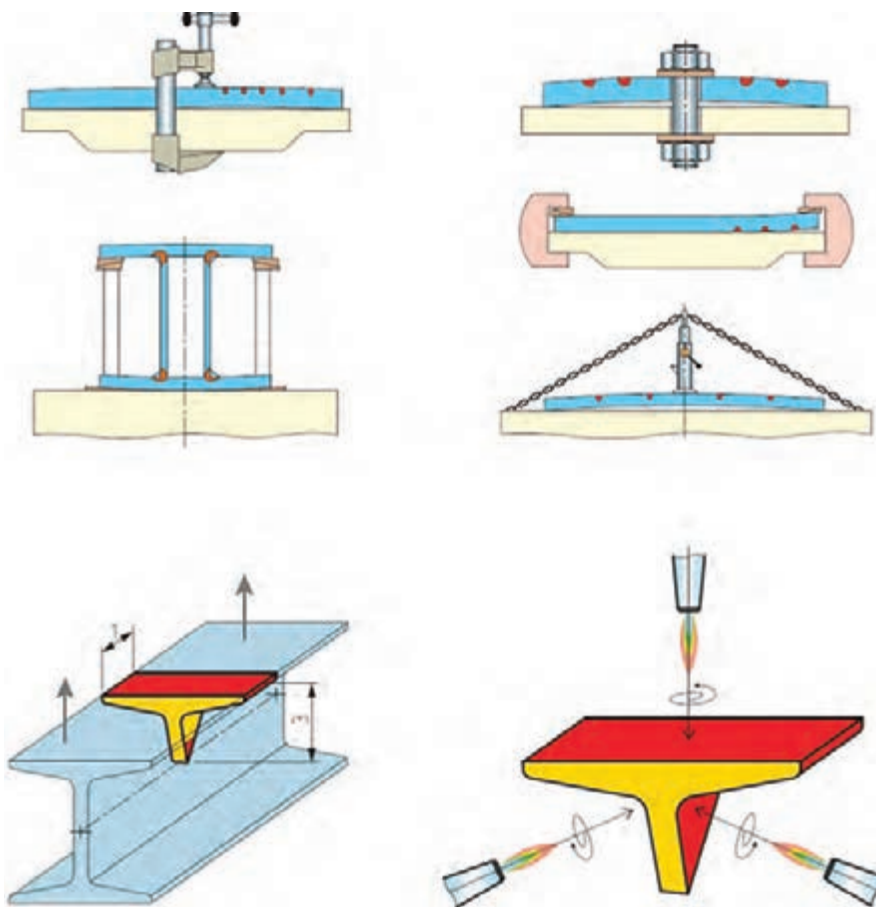
پخ V شکل به جای پخ U

رفع پیچیدگی پس از جوشکاری

استفاده از پرس و چکش‌های مناسب

حرارت دادن موضعی

استفاده از نیروی کششی



شکل ۶

استفاده از نیروی کششی باعث حذف تنش‌های انقباضی می‌شود.

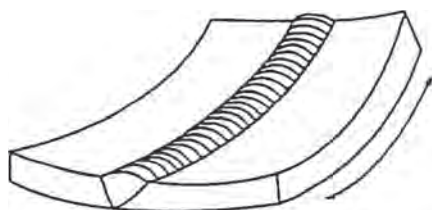
در جوشکاری شیاری ورق‌های فلزی بزرگ در صنعت، در صورت ایجاد پیچیدگی زاویه‌ای، چگونه باید آن را رفع کرد؟

کار کلاسی



تقسیم‌بندی انواع پیچیدگی

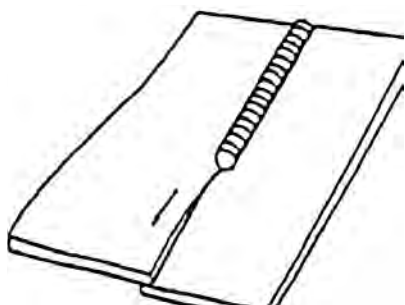
به‌طور معمول اعوجاج ناشی از فرایندهای جوشکاری را می‌توان به سه دسته عمده تقسیم کرد.



پیچیدگی قطعه در اثر انقباض فلز جوش در امتداد خط جوشکاری

شکل ۷

پیچیدگی در اثر انقباض طولی: همان طور که در شکل ۷ مشاهده می کنید قطعه فلزی مشابه شکل در امتداد طول خود دچار پیچیدگی شده است. دلیل پیچیدگی انقباض فلز جوش در امتداد خط جوش می باشد. از آنجایی که اتصال دو قطعه از طریق جوش یک طرفه با طرح اتصال V صورت گرفته است بنابراین در شرایط جوشکاری حجم مذاب بیشتری در طرف گرده جوش تشکیل شده به همین دلیل مقدار انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب در طرف رویی قطعه نیز بیشتر شده است در نتیجه قطعه به صورت طولی دچار اعوجاج شده است. این نوع پیچیدگی با افزایش ضخامت دو قطعه کار افزایش می یابد.



شکل ۸

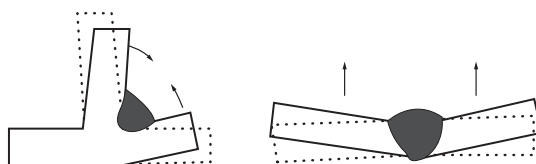
پیچیدگی در اثر انقباض عرضی: قطعه فلزی شکل ۸ در امتداد عرضی دچار پیچیدگی شده و باعث گردیده است که لبه های دو قطعه کار در قسمت جلویی خط جوش روی یکدیگر قرار گیرند. دلیل پیچیدگی قطعه مذکور آن است که دو قطعه کار قبل از جوشکاری به وسیله خال جوش یا گیره مناسب نسبت به یکدیگر ثابت نشده اند و انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب باعث نزدیک شدن لبه های دو قطعه کار و نهایتاً روی هم قرار گرفتن آنها شده است.

پیچیدگی زاویه ای: قطعات فلزی در حالت طرح اتصال لب به لب و اتصال گوشه ای شکل ۹ دچار پیچیدگی زاویه ای شده اند.

دلیل این نوع پیچیدگی عدم تعادل در مقدار مذاب فلز جوش در دو طرف قطعه کار و به تبع آن انقباض بیشتر در طرف حوضچه مذاب می باشد. از آنجا که در طرح اتصال لب به لب اتصال دو قطعه از طریق جوش یک طرفه با طرح اتصال V صورت گرفته است بنابراین در شرایط جوشکاری حجم مذاب بیشتری در طرف گرده جوش تشکیل می شود به همین دلیل مقدار انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب در طرف رویی قطعه نیز بیشتر است در نتیجه دو قطعه کار به طرف گرده جوش متمایل می شوند. در طرح اتصال گوشه ای نیز چون فلز جوش به طور کلی در یک طرف اتصال ایجاد شده است بنابراین دو قطعه کار به طرف فلز جوش متمایل می گردند. شکل ۹ نشان می دهد که در اثر جوشکاری دو قطعه کار با ضخامت حدود ۱۵ میلی متر با طرح اتصال V حدود ۲۰ درجه دچار پیچیدگی زاویه شده است.



شکل ۱۰



شکل ۹

عوامل مؤثر در پیچیدگی

■ دستورالعمل جوشکاری، متغیرهای جوشکاری مثل ولتاژ و شدت جریان که نشان‌دهنده میزان حرارت ورودی به قطعه کار می‌باشند، تعداد پاس‌های جوشکاری، میزان پیش گرم و پس گرم کردن قطعه کار و فرایند جوشکاری و ترتیب جوشکاری جزو عواملی هستند که براساس دستورالعمل جوشکاری مشخص می‌شوند و روی میزان پیچیدگی قطعه کار مؤثراند.

■ خواص متریال پایه قابلیت هدایت حرارتی، ضریب انبساط حرارتی، قابلیت تغییر فرم پذیری و نیز استحکام فلز پایه تأثیر قابل توجهی در میزان اعوجاج و تاب برداشتن دارند. به طور مثال در شرایط یکسان قطعات فولاد زنگ نزن مشکل بیشتری از نظر پیچیدگی نسبت به قطعات فولادی دارند.

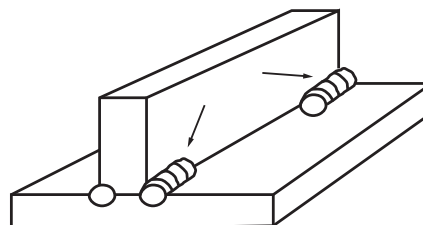
راهکارهای مقابله با اعوجاج: به طور کلی راهکارهای مقابله یا کنترل اعوجاج و پیچیدگی می‌تواند در دو مرحله انجام پذیرد:

۱ قبل از جوشکاری

۲ بعد از جوشکاری

برای کنترل پیچیدگی، قبل از جوشکاری می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

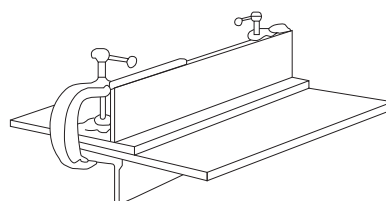
۱ خال جوش زدن قطعات به منظور جلوگیری از حرکت و جابه‌جایی قطعات در حین جوشکاری



خال جوش

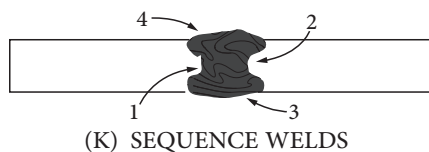
شکل ۱۱

تجهیزات نگهدارنده کمکی: استفاده از گیره و قیدوبند برای مهار کردن قطعات و جلوگیری از انقباض و انقباض‌های ناخواسته در قطعه حین جوشکاری، ماشین کاری، عملیات حرارتی و... (شکل ۱۲).



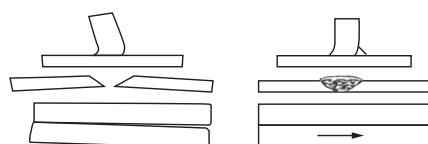
گیره و نگهدارنده

شکل ۱۲



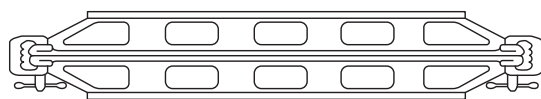
شکل ۱۳

تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خنثی انجام شود (شکل ۱۳).



(H) PRESET PARTS

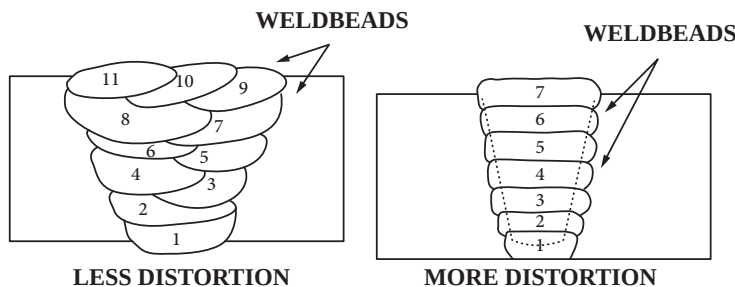
خنثی کردن اعوجاج هنگام طراحی و ساخت قطعات (شکل ۱۴).



(J) BACK - TO - BACK CLAMPING

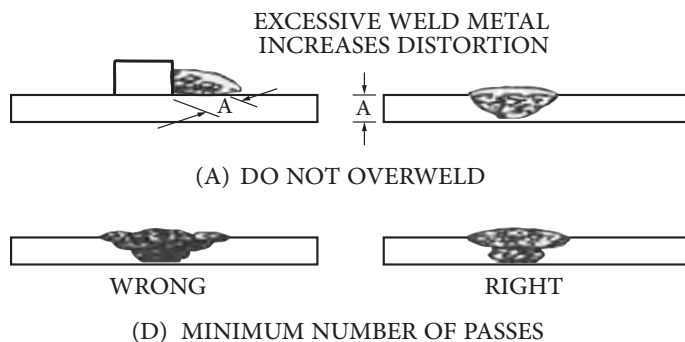
شکل ۱۴

از تعداد جوش کمتر با اندازه کوچک تر برای به دست آوردن استحکام مورد نیاز استفاده شود (شکل ۱۵).



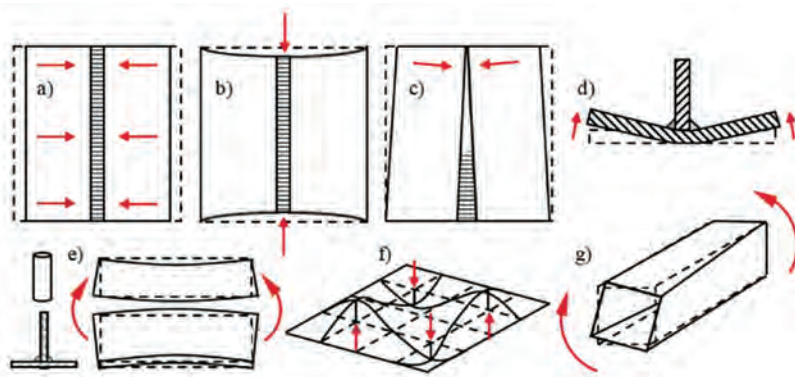
شکل ۱۵

تشدید حرارت و تمرکز آن بر حوزه جوش، در این صورت نفوذ بهتری داریم و نیازی به جوش اضافه نیست. (شکل ۱۶)



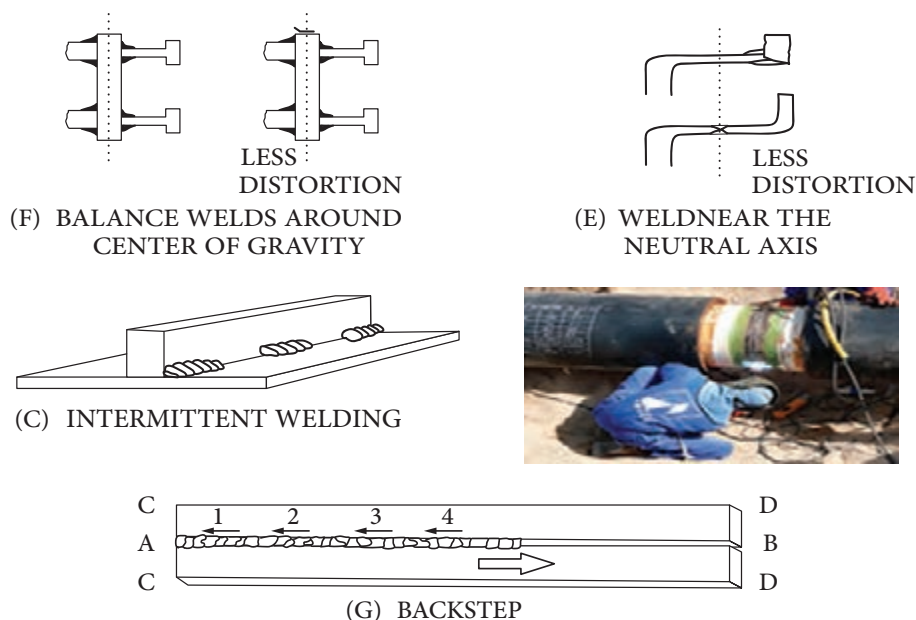
شکل ۱۶

از دیاد سرعت پیشروی جوشکاری و افزایش ضخامت قطعه که باعث کمتر حرارت دیدن قطعه شده و در قطعات ضخیم اعوجاج کمتر اتفاق می افتد و تأثیر حرارت ورودی و ایجاد پیچیدگی و قطعه کار در شکل ۱۷ نشان داده شده است.



شکل ۱۷

طرح مناسب لبه مورد اتصال که اگر صحیح طراحی شده باشد می‌تواند به صورت فرضی مصالح جوش را در اطراف محور خنثی پخش کند و تا حد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد. (شکل ۱۸)



شکل ۱۸

کنترل اعوجاج پس از جوشکاری

شامل دو دسته اقدام می‌شود:

- کاهش یا از بین بردن تنش‌های باقی‌مانده
- رفع یا کاهش پیچیدگی به وجود آمده

تنش‌های پس‌ماند تنش‌هایی هستند که بر اثر انجام عملیات مثل جوشکاری فورج، ماشین‌کاری و غیره در جسم ایجاد می‌شوند و پس اتمام عملیات در حالی که جسم تحت بارگذاری خارجی قرار ندارد در جسم باقی می‌مانند. ماهیت تنش‌های پس‌ماند به گونه‌ای است که یکدیگر را خنثی می‌کنند. یعنی در مقابل تنش‌های کششی، مقدار معادل آن تنش‌های فشاری نیز در جسم وجود دارند، به طوری که جسم در حالت تعادل باقی می‌ماند.

تنش‌های پس‌ماند دلیل ناپایداری قطعات در طول زمان می‌باشند. این نوع تنش باعث پایین آمدن تحمل بارگذاری قطعات و کاهش عمر خستگی می‌گردد و مانند نیروی مازاد بر روی قطعه وجود دارند و در بسیاری از موارد باعث تخریب سازه‌ها می‌شوند.

ارزشیابی شایستگی آماده‌سازی و اجرای قید و بند

شرح کار: اجرای قید و بند قطعات قبل از جوشکاری			
استاندارد عملکرد: آماده‌سازی و اجرای قید و بند و استخراج اطلاعات موردنیاز برای اجرای مونتاژ قطعات قبل از جوشکاری برابر دستورالعمل			
شاخص‌ها: ■ نقشه‌خوانی طرح اتصال ■ تنظیم با گونیا و ترازو و زاویه‌سنج ■ انتخاب قید و بند با ابزار کمکی ■ انتخاب قید و بند بدون ابزار کمکی ■ کنترل قید و بند حین جوش ■ کنترل و قید و بند قبل و بعد از جوشکاری			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه مجهز به تهویه، تجهیزات ایمنی، سرمایش و گرمایش مناسب باشد. نور کافی وجود داشته باشد. دستگاه‌های برشکاری اهرمی ساده و مرکب وجود داشته باشد. قالب تنه، سندان، خط‌کش فلزی، گونیا، سوزن خط‌کش، سنبه‌نشان، دستکش چرمی، چکش فلزی، رکتی‌فایر جوشکاری، ماسک جوشکاری، چکش جوشکاری زمان: ۴ ساعت			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	مونتاژکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه‌های جوشکاری - به‌کارگیری فناوری مناسب - دقت در انتخاب قید متناسب با قطعه کار - توجه به انتخاب قید برای کاهش دورریز		۲	
میانگین نمرات **			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			

واحد یادگیری ۲

جوشکاری ماهیچه‌ای

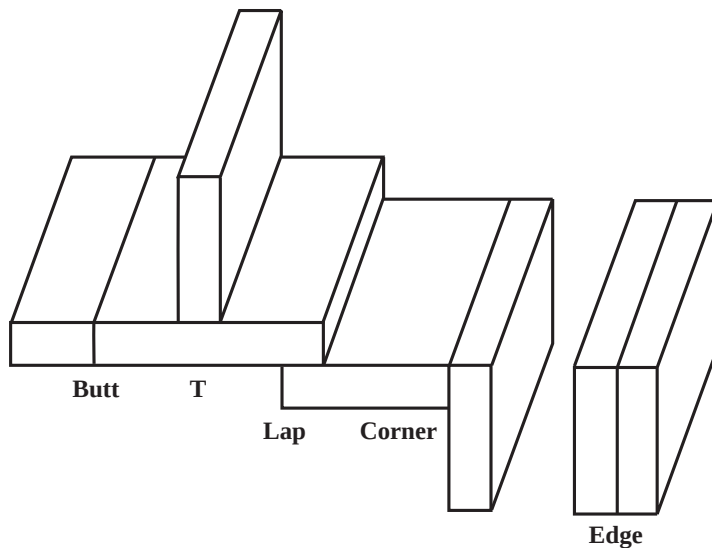
آیا تابه حال پی برده‌اید؟

■ بیشترین و رایج‌ترین روش اتصال دائم دو قطعه فلزی، جوشکاری می باشد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، جوشکاری دو قطعه بدون پخش‌سازی با به کارگیری روش الکتروود دستی برابر نقشه را انجام دهد.

به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟



شکل ۱۹- پنج نوع اتصال اصلی در جوشکاری

تفاوت بین نوع اتصال و نوع جوش در چیست؟

انواع اتصال

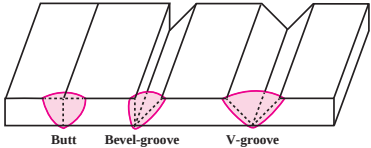
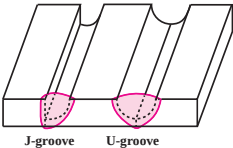
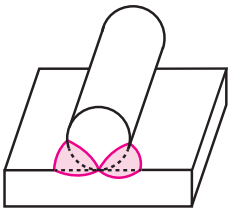
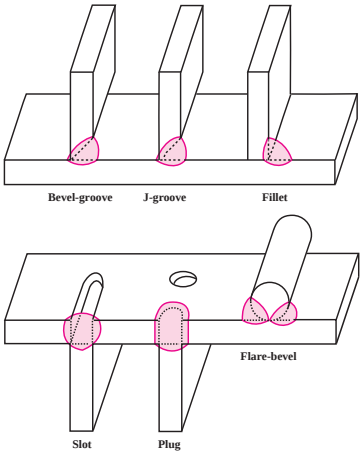
AWS^۱ اتصال را به‌عنوان شیوه‌ای که به‌واسطه آن مواد را می‌توان به یکدیگر متصل نمود، معرفی می‌کنند. شکل ۲۰ پنج نوع اتصال پایه و مبنا در جوشکاری را نشان می‌دهد.

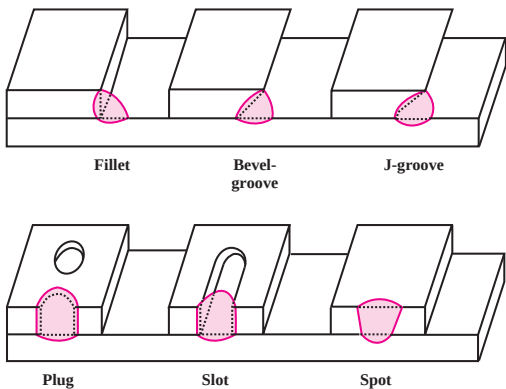
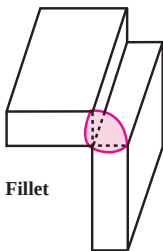
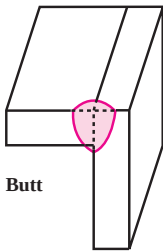
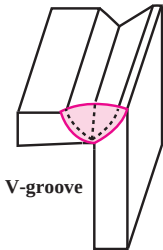
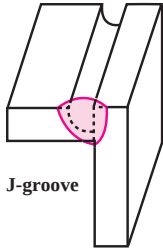
- اتصال لب به لب (Butt joint)
- اتصال سه پری (T-joint)
- اتصال لب روی هم (Lap joint)
- زاویه خارجی (Corner joint)
- اتصال لبه‌ای (Edge joint)

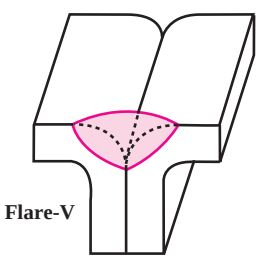
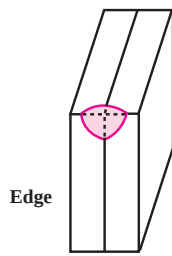
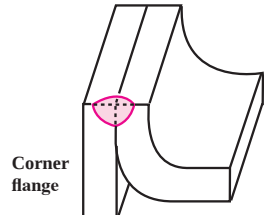
۱- The American Welding Society

انواع جوش

انواع مختلفی از جوش‌ها وجود دارند که می‌توان با هریک از پنج نوع اتصال اصلی ایجاد کرد، که شامل موارد زیر است:

نوع اتصال	نوع جوش	شکل اتصال
اتصال لب به لب (Butt joint)	Square-groove butt weld	 Butt Bevel-groove V-groove
	Bevel-groove butt weld	
	V-groove butt weld	
	J-groove butt weld	 J-groove U-groove
	U-groove butt weld	
	Flare-V-groove butt weld	 Flare-V
اتصال سه پری (T-joint)	Flare-bevel-groove butt weld	 Flare-bevel
	Fillet weld	 Bevel-groove J-groove Fillet Bevel-groove weld J-groove weld Flare-bevel-groove weld Melt-through weld Slot Plug
	Plug weld	
	Slot weld	
	Bevel-groove weld	
	J-groove weld	
	Flare-bevel-groove weld	
	Melt-through weld	

نوع اتصال	نوع جوش	شکل اتصال
اتصال لب روی هم (Lap joint)	Fillet weld	 Fillet Bevel-groove J-groove Plug Slot Spot
	Plug weld	
	Slot weld	
	Spot weld	
	Bevel-groove weld	
	J-groove weld	
	Flare-bevel-groove weld	
زاویه خارجی (Corner joint)	Fillet weld	 Fillet
	Square-groove weld or butt weld	 Butt
	V-groove weld	 V-groove
	J-groove weld	 J-groove

نوع اتصال	نوع جوش	شکل اتصال
زاویه خارجی (Corner joint)	Flare-V-groove weld	 Flare-V
	Edge weld	 Edge
	Corner-flange weld	 Corner flange

شکل ۲۰

با توجه به اطلاعات داده شده در جدول بالا، جدول زیر را تکمیل کنید، برای ترجمه کلمات از انگلیسی به فارسی می‌توانید از Google Translate استفاده کنید.

قابل توجه است که این دیکشنری آنلاین کلمات را به صورت عمومی ترجمه می‌کند، از این رو برای درک معانی داده شده می‌توانید واژه‌ها را در قسمت Google Image جست‌وجو کنید تا با دیدن شکل مربوط به آن کلمه درک بهتری از آن پیدا کنید.

علاقه‌مندان به دیکشنری‌های آنلاین در زمینه جوشکاری، به آدرس زیر مراجعه کنند:

www.millerwelds.com/resources/welding-resources/welding-dictionary

برای تکمیل جدول ۱، به مثال توجه کنید. شما باید از جداول بالا واژه انگلیسی موردنظر را انتخاب کنید و ضمن ترجمه آن، بگویید جزو کدام نوع از اتصالات می‌باشد.

جدول ۱

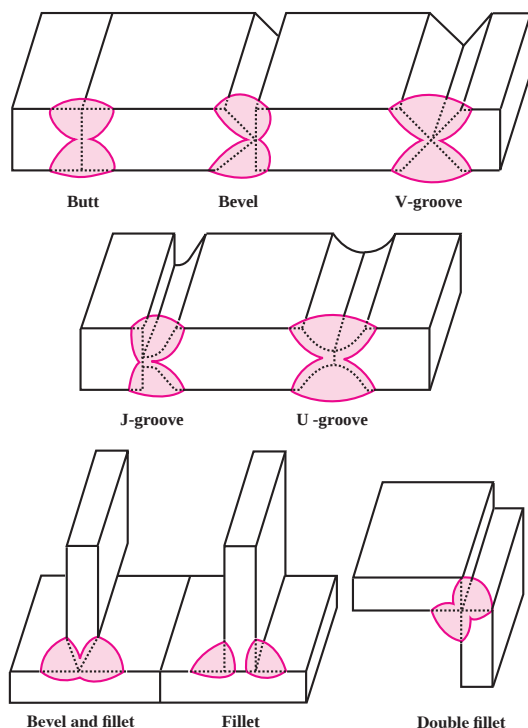
نوع اتصال		نوع جوش	
فارسی	English	فارسی	English
اتصال سپری	T-Joint	جوش گوشه	Fillet weld
.....			

کار کلاسی



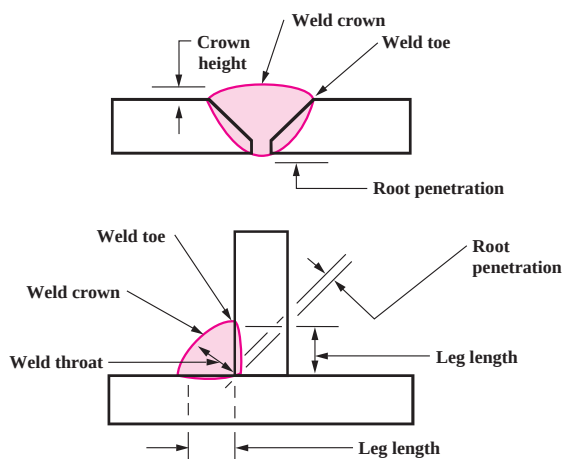
جوش های دوطرفه (Double Welds)

در برخی موارد، جوش و اتصال از یک طرف امکان پذیر نمی باشد. هنگامی که اتصال از دو طرف قطعه ایجاد شود، به این نوع جوش، جوش دوطرفه می گویند. شکل ۲۱ کاربردهای متداول جوش های دوطرفه را نشان می دهد.

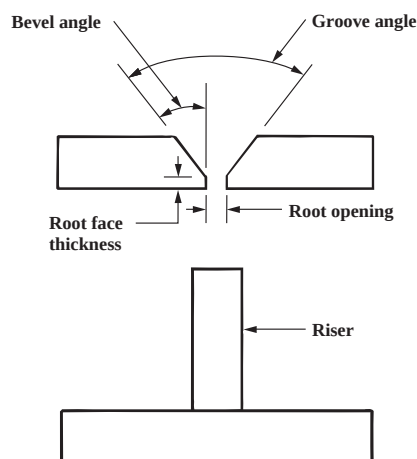


شکل ۲۱- کاربرد جوش های دوطرفه

چگونه اطلاعات مورد نیاز برای جوشکاری را به دست آوریم؟ ارتباط بین طراح جوش و جوشکار برای ایجاد یک اتصال کامل، بسیار مهم است. برخی از واژه های متداول که برای توصیف اتصالات جوش به کار می رود در شکل ۲۲ نشان داده شده است. واژه های دیگر را در شکل ۲۳ می بینید. علائم جوشکاری طبق AWS در شکل ۲۳ نشان داده شده است. این علائم در نقشه ها برای نشان دادن نوع اتصال و وضعیت جوشکاری و نوع جوش استفاده شده می شود.



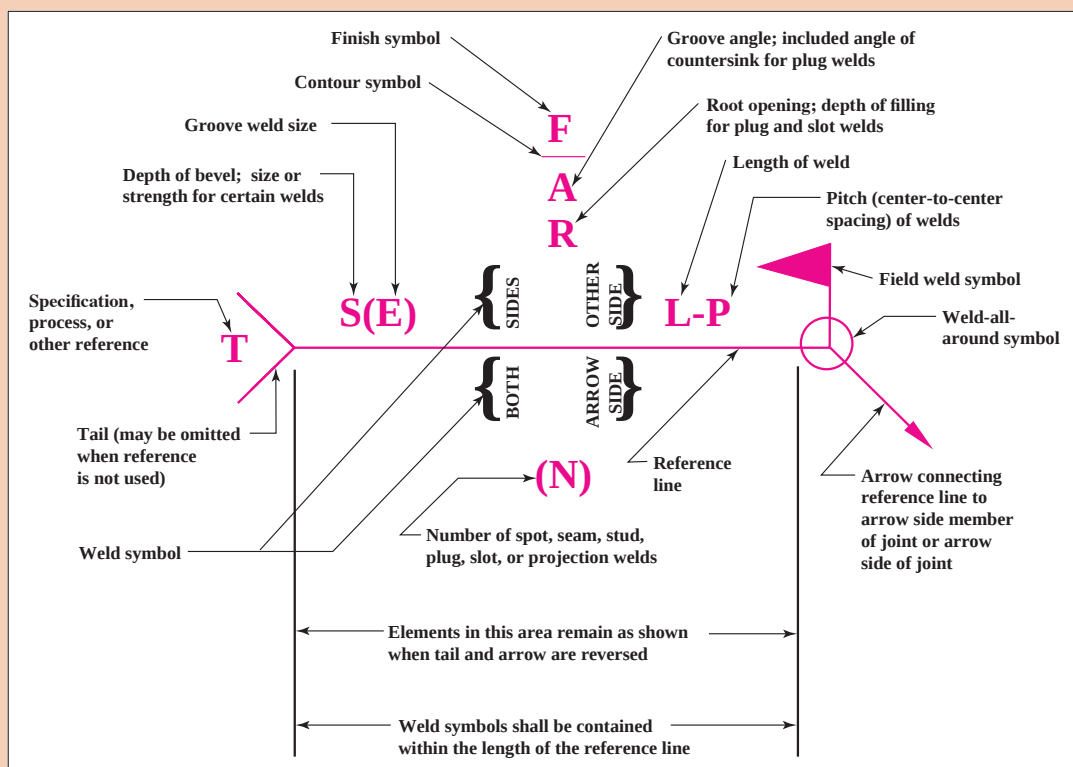
شکل ۲۳- طرح اتصال بعد از جوش



شکل ۲۲- طرح اتصال قبل از جوش



حروف و نشانه‌های روی خط مرجع نشان داده شده را ترجمه کنید و درباره هر کدام بحث و گفت‌وگو کنید.



شکل ۲۴- محل‌های استاندارد عناصر در علامت جوشکاری

اجزای علامت جوشکاری

در علائم جوشکاری خط مرجع و فلش ضروری است. به تناسب نیاز از سایر اجزا نیز استفاده می‌شود. خط مرجع به صورت افقی رسم شده و سایر اطلاعات به آن اضافه می‌شود. طرف پایین خط مرجع بیانگر طرف فلش و سمت بالای آن، بیانگر طرف دیگر است. این علائم حاوی اطلاعات لازم به منظور اجرای جوش می‌باشد.

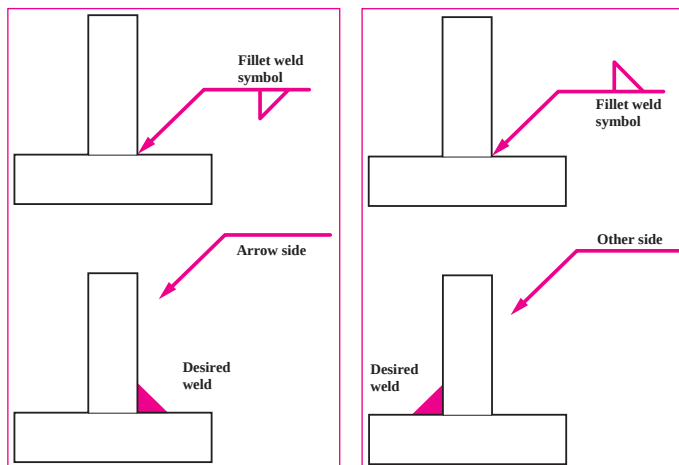
همچنین این علائم شامل اطلاعات دیگر شامل تعداد جوش تمام شده می‌باشد. بسیار حائز اهمیت است که قسمت‌های مختلف علائم جوش درک شود. شکل ۲۵ علائم پایه‌ای جوش که با علائم AWS برای هدایت جوشکارها استفاده می‌شود، را نشان می‌دهد.

Weld Symbols and Supplementary Symbols							
Groove							
Square	Scarf	V	Bevel	U	J	Flare-V	Flare-bevel
Fillet	Plug or slot	Stud	Spot or projection	Seam	Back or backing	Surfacing	Edge
Weld all around	Field weld	Melt through	Consumable insert (square)	Backing or spacer (rectangle)	Contour		
					Flush or flat	Convex	Concave

شکل ۲۵- علائم جوش و محل‌های قرارگیری آن نسبت به خط مرجع

راهنمای خواندن علائم از روی نقشه

علامت فلش بر روی نقشه‌ها نشان‌دهنده نقطه یا منطقه‌ای است که جوشکاری باید انجام شود. همچنین خط متصل به فلش را خط مرجع می‌نامند که همیشه در یک زاویه است.

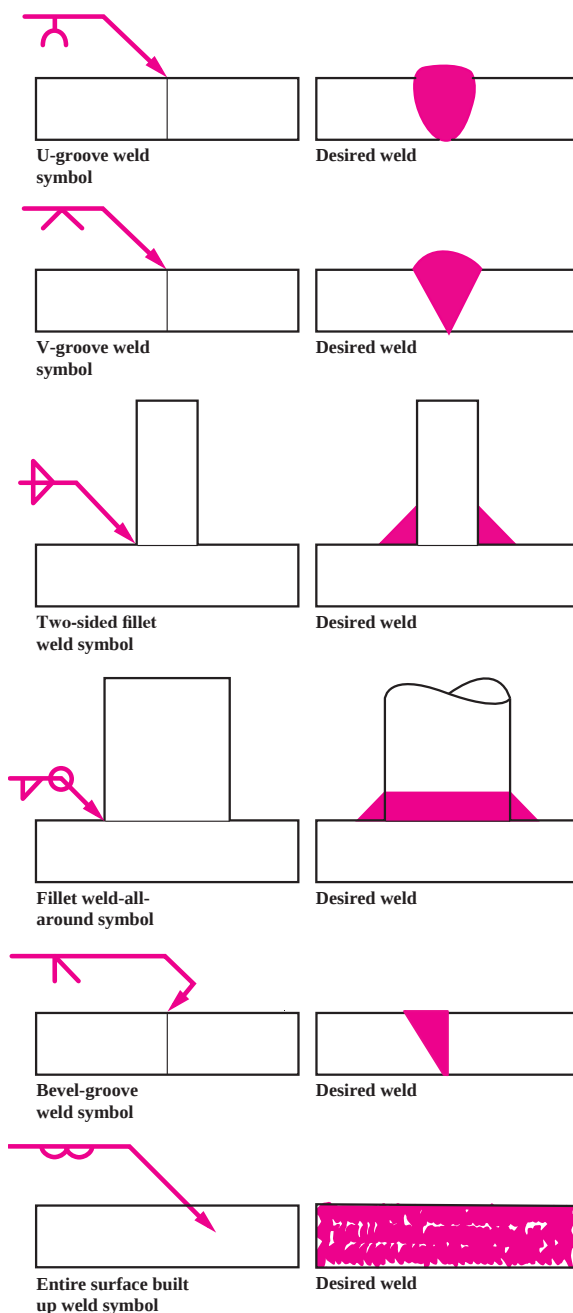


- با توجه به شکل ۲۶، هنگامی که علائم پایه‌ای جوش در زیر خط مرجع باشند، جوش در مکانی که فلش قرار دارد ایجاد می‌شود.
- هنگامی که علائم بالای خط مرجع قرار گیرند، جوش در سمت دیگر اتصال (در سمت مقابل جایی که فلش قرار دارد) ایجاد می‌شود.

شکل ۲۶- شیوه نشان دادن مکان جوش بر روی خط مرجع در جوش گوشه (Fillet)

● با قرار دادن ابعاد و اندازه روی علائم، اندازه و ابعاد واقعی جوش مشخص می‌شود. مثال‌هایی از علائم و جوش و قطعات به هم جوش خورده را در شکل ۲۷ می‌بینید.

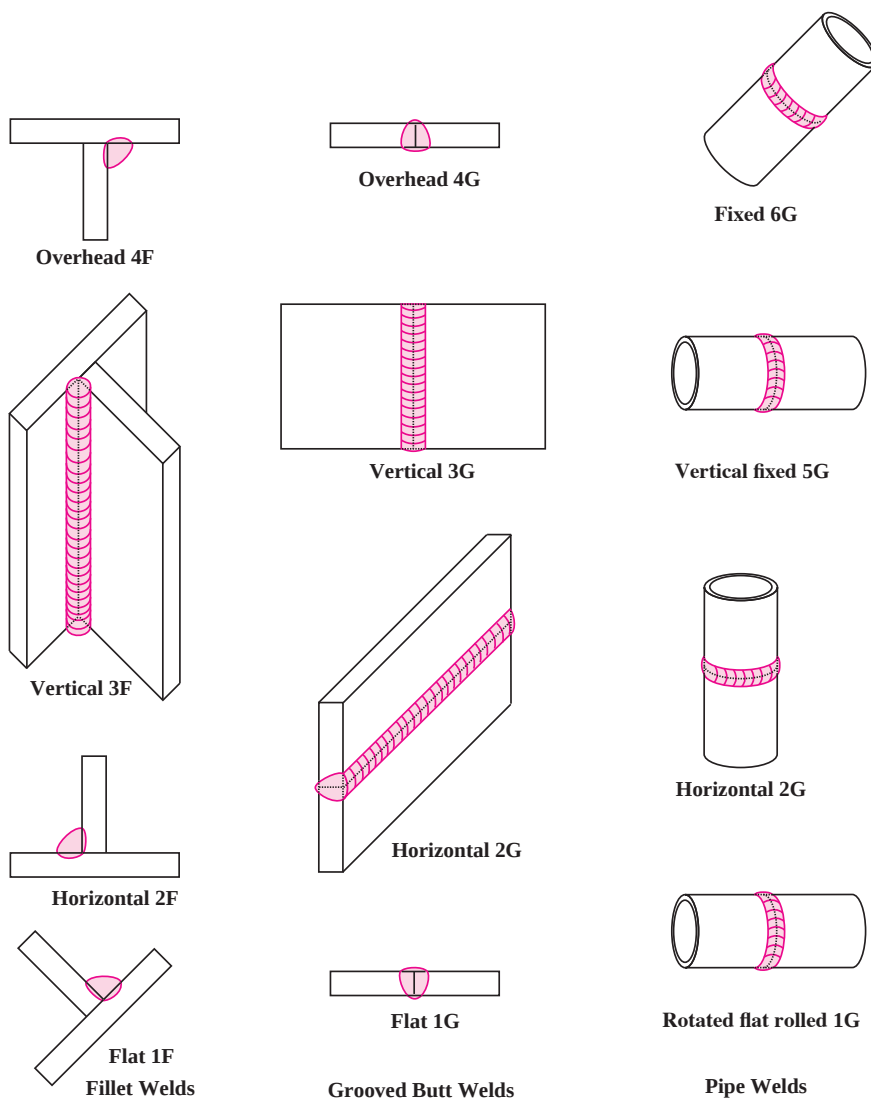
علائم جوش کامل یک سری دستورالعمل‌هایی به جوشکار می‌دهد که چطور فلز پایه را آماده کند، فرایند جوشکاری را استفاده کند و جوش را کامل کند. طراح جوش می‌تواند از طریق استفاده دقیق از علائم جوش، کلیه اطلاعات موردنیاز برای اتصال قطعات را منتقل کند.



شکل ۲۷- علائم متداول جوش و کاربرد آنها

وضعیت‌های جوش (Welding Position)

برای یک جوشکار، بسیار حائز اهمیت است که توانایی جوشکاری در وضعیت‌های مختلف را داشته باشد. AWS وضعیت‌های جوشکاری را به صورت تخت، افقی، عمودی و بالای سر معرفی می‌کند. شکل ۲۸ چهار وضعیت جوش را برای جوش‌های گوشه، جوش‌های لب به لب شیاری و جوش‌های لوله را نشان می‌دهد. هنگام تمرین جوشکاری در این وضعیت‌ها، باید به این نکته توجه کنیم که تأثیر جاذبه بر حوضچه جوش و توزیع گرما در هر وضعیت متفاوت است.



شکل ۲۸- وضعیت‌های جوش معرفی شده توسط AWS

معادل وضعیت‌های جوش در استاندارد AWS را با استاندارد EN مقایسه کنید.



نوع اتصال و جوش در طراحی اهمیت بسزایی دارند

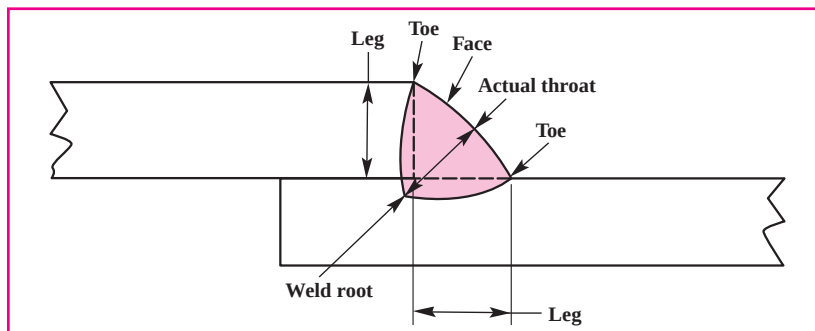
یکی از فاکتورهای اولیه و مهم در اتصال قطعات به یکدیگر، طراحی نوع جوش و نوع اتصال است. جوش باید با یک هزینه معقول و مقرون به صرفه ایجاد شود. فاکتورهای متعددی که در رابطه با طراحی باید در نظر گرفت، شامل:

- نوع مواد و شرایط آن
- شرایط کاری
- خواص مکانیکی و فیزیکی جوش نهایی
- آماده سازی و هزینه جوشکاری
- مونتاژ قطعات و دسترسی برای جوشکاری
- ابزار و تجهیزات

به طور کلی با توجه نوع کاربرد، نوع سازه و سهولت در دسترسی، نوع جوش متغیر است. یکی از پرکاربردترین نوع جوش، جوش گوشه می باشد.

جوش گوشه (Fillet Welds)

معمولاً جوش های گوشه در مواقعی که دو سطح (فرض دو قطعه) عمود بر هم یا با هم در یک زاویه ای قرار دارند، به کار می رود (شکل ۲۹). این جوش ها تقریباً به صورت مثلثی هستند. همان طور که در شکل ۲۹ می بینید، بخش های مختلف این جوش شامل؛ ریشه جوش، ساق جوش، گلویی جوش و سطح گرده جوش می باشند. گلویی مؤثر را کوتاه ترین فاصله بین ریشه جوش و سطح جوش می نامند. گلویی مؤثر بر روی استحکام جوش تأثیر می گذارد.

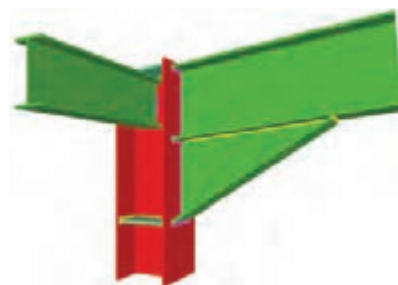


شکل ۲۹- قسمت های مختلفی از جوش گوشه

شکل ۳۰ برخی از کاربردهای جوش گوشه را در سازه های فلزی نشان می دهد.



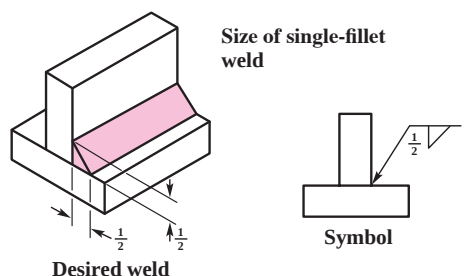
شکل ۳۱- کاربرد جوش گوشه



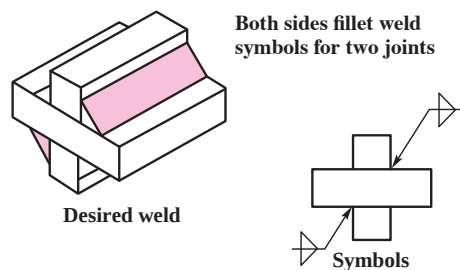
شکل ۳۰

نقشه خوانی در جوش گوشه

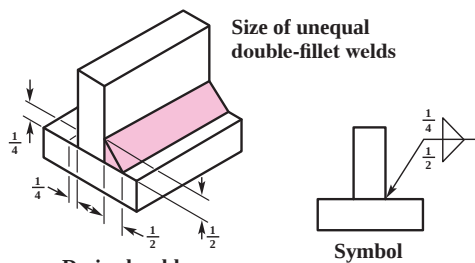
علائم جوشکاری برای جوش‌های گوشه در شکل ۳۲ مشخص است. ابعاد برای یک جوش گوشه در سمت فلش قرار می‌گیرد، سمتی که علائم جوش قرار می‌گیرد (اگر علامت جوش پایین باشد، ابعاد در کنار آن درج می‌شود و اگر در بالا خط مرجع، علامت در بالا کنار علائم جوش قرار می‌گیرد). اندازه جوش همان‌طور که می‌بینید در سمت چپ علائم جوش درج می‌شود.



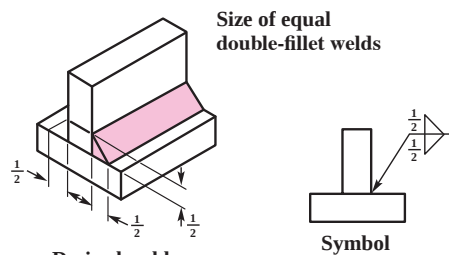
A—Welding symbol for arrow side fillet weld.



C—Welding symbols for unequal double-fillet welds.



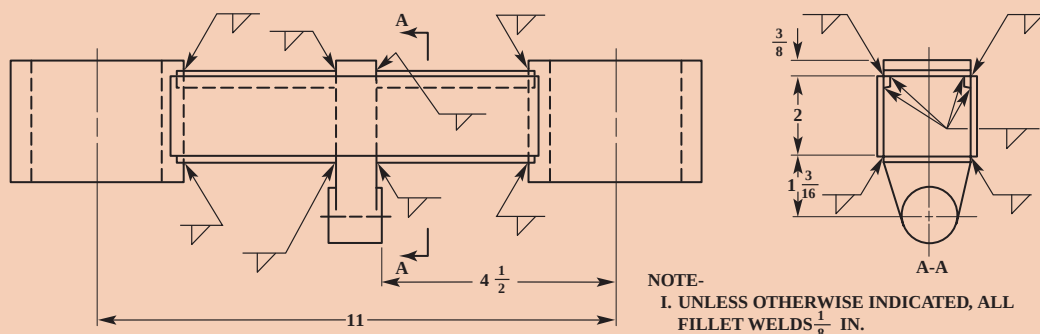
B—Welding symbol for arrow side and other side fillet welds.



D—Welding symbol for both sides fillet welds for two joints.

شکل ۳۲- قسمت‌های مختلفی از جوش گوشه

به نقشه زیر نگاه کنید، تعیین کنید که کدام یک از اتصالات روی نقشه، از نوع جوش گلوبی است، همچنین اندازه جوش گلوبی روی نقشه چند داده شده است؟

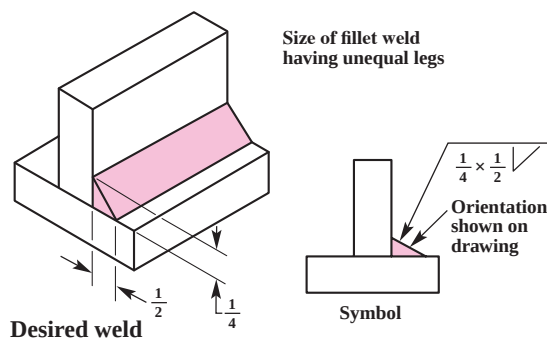


کار کلاسی





در صورتی که اندازه جوش گوشه بر روی نقشه درج نشده باشد، این اطلاعات را از کجا می توان به دست آورد؟ حداقل اندازه جوش گوشه در این حالت چقدر می باشد؟

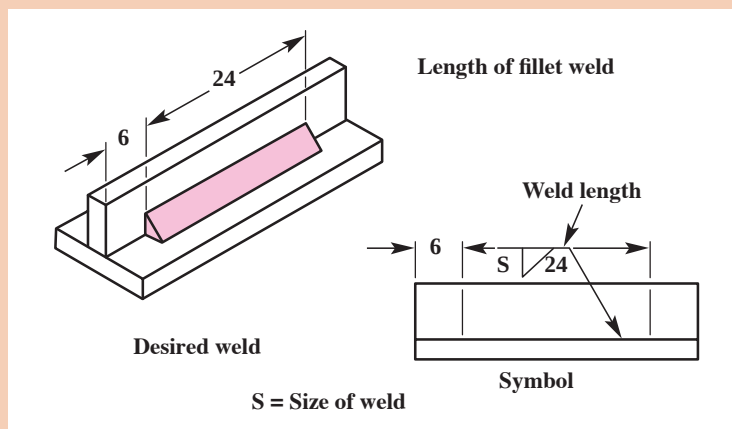


شکل ۳۳- علائم جوش گوشه با ساقه های نابرابر

زمانی که جوش گوشه با ساقه های نابرابر در نقشه مشخص شود، آرایش جوش بر روی علائم مشخص نمی شود اما بر روی نقشه ذکر می شود (شکل ۳۳).



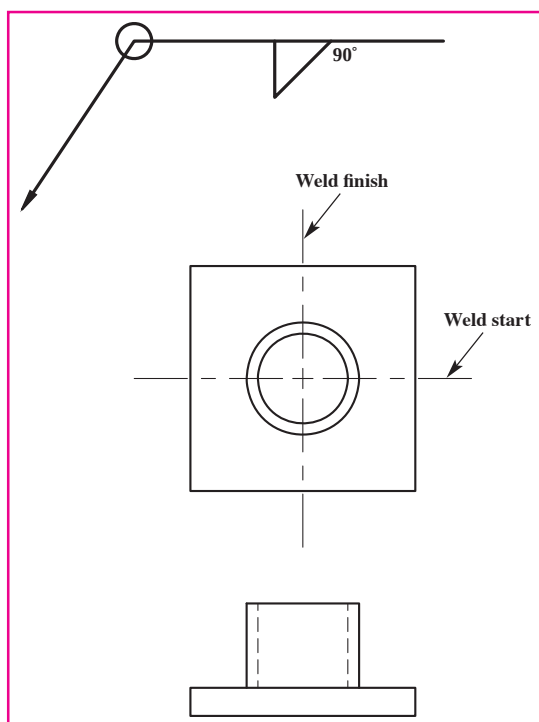
یکی از اندازه های مورد نیاز برای جوشکاری که باید از روی نقشه آن را تعیین کرد، طول جوش (Weld Length) است، اگر بخواهیم اندازه طول جوش را بر روی نقشه مشخص کنیم، در کدام قسمت از خط مرجع و علائم جوش می توان آن را درج کرد؟ به شکل ۳۴ نگاه کنید و جواب این را بیابید.



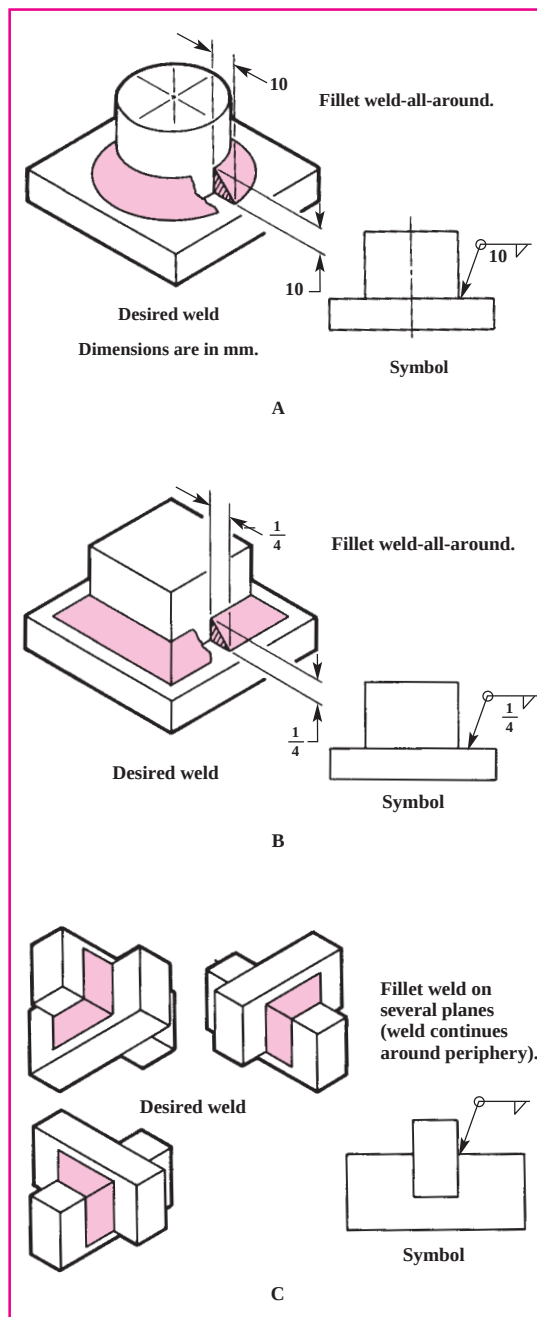
شکل ۳۴- علائم جوش گوشه با ساقه های نابرابر

هنگامی که جوش در اتصال به طور کامل ایجاد می شود، در نقشه طول جوش درج نمی شود. بدون در نظر گرفتن شکل هندسی اتصال، چگونه بر روی نقشه می توان نشان داد که اتصال مربوطه باید به طور کامل جوشکاری شود؟ به شکل ۳۴ نگاه کنید و جواب این سؤال را پیدا کنید.

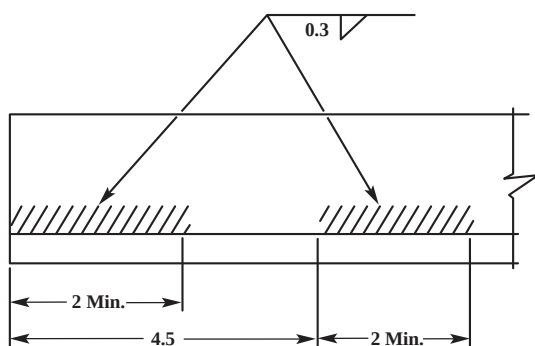
گاهی اوقات برای مقاطع گرد، طول جوش به صورت درجه بیان می‌شود. شکل ۳۵ مثالی از جوش گوشه بر روی یک مقطع گرد را نشان می‌دهد که با ۹۰ درجه مشخص شده است. همچنین شروع و پایان جوش معمولاً بر روی نقشه درج می‌شود.



شکل ۳۶- نشان دادن شروع و پایان جوشکاری بر روی نقشه



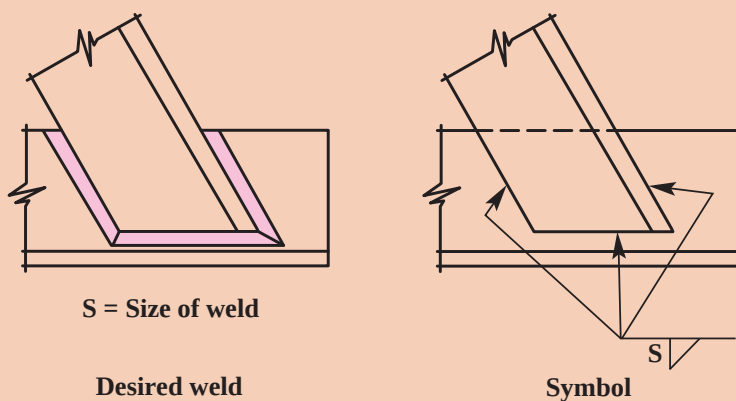
شکل ۳۵- A علائم جوشکاری برای جوش گوشه سرتاسری (ایجاد جوش در کل اتصال) روی یک مقطع گرد، B جوش گوشه سرتاسری در مقطع مربعی، C جوش سرتاسری گوشه بر روی چند قطعه



محل قرارگیری و وسعت جوش گوشه به صورت گرافیکی بر روی نقشه با هاشور نشان داده می شود (شکل ۳۷).

شکل ۳۷- نشان دادن محل قرارگیری و وسعت جوش گوشه با هاشور

به شکل ۳۸ نگاه کنید و بگویید تغییر ناگهانی در جهت جوش را بر روی نقشه چگونه نشان می دهیم؟ این علائم معمولاً برای مشخص کردن جهت جوش در مواقع اتصال چند ناحیه بر روی نقشه به کار می روند.



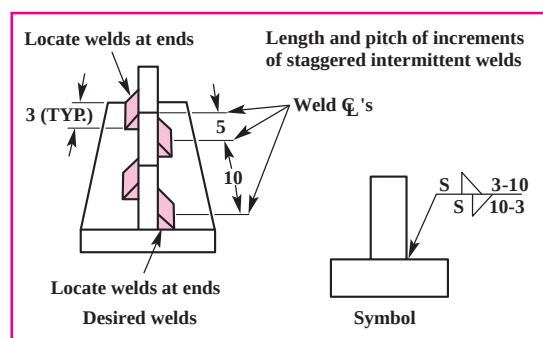
شکل ۳۸- علائم مربوط به تغییر ناگهانی در جهت جوش گوشه

پرسش

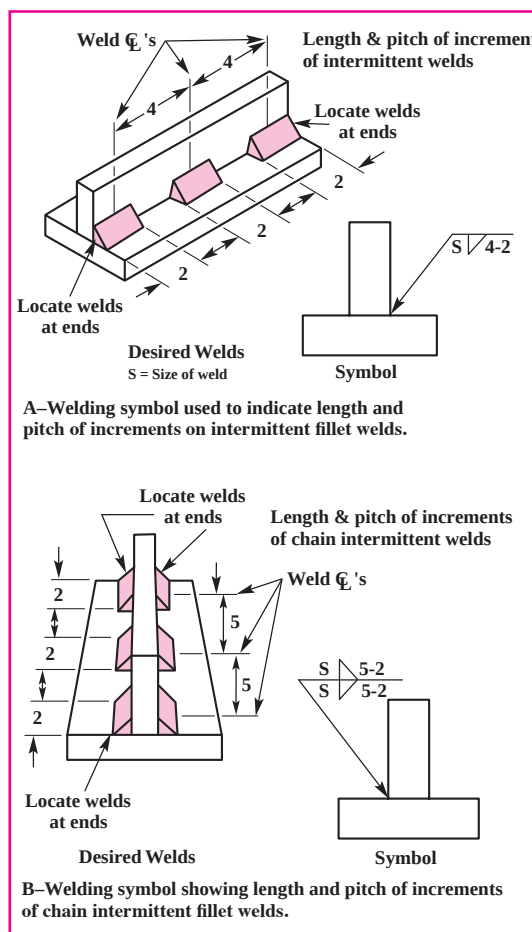


جوش گوشه منقطع (Intermittent Fillet Welds)

پیوستگی یک جوش گوشه به واسطه قرار دادن فضاهای معین جوشکاری نشده به هم می‌خورد. شکل ۳۹ گام (فضای مرکز تا مرکز) یک جوش گوشه منقطع را نشان می‌دهد. جوش در دو طرف اتصال به متقارن ایجاد می‌شود و هر دو طرف در یک ناحیه مشابه قرار دارند. مجموع گام‌ها بیانگر مقدار طول جوش می‌باشد. شکل ۳۹ علائم جوش مربوط به جوش گوشه منقطع نامتقارن را نشان می‌دهد. در این حالت جوش ایجاد شده در یک طرف با طرف دیگر متقارن نیست و به صورت متناوب قرار دارند. با توجه به شکل ۴۰، در جوش‌های گلویی نامتقارن سمتی که به ابتدای خط مرجع نزدیک‌تر است، نشان‌دهنده جهتی است که شروع آن با ایجاد جوش در ناحیه اتصال است، در حالی که سمتی که از ابتدای خط مرجع دور است، شروع آن بدون جوش می‌باشد.



شکل ۴۰- علائم جوش برای جوش گوشه منقطع نامتقارن



شکل ۳۹- علائم مربوط به جوش گوشه منقطع متقارن

تعیین شکل گرده جوش گوشه از روی نقشه

شکل ۴۱ علائم مربوط به شکل‌های گرده جوش گوشه که شامل تخت (Flat)، محدب (Convex) و مقعر (Concave) می‌باشد، را نشان می‌دهد. اگر شکل گرده جوش به صورت مکانیکی ایجاد شود، علائم مربوط به آن در شکل ۴۲ مشخص است، و روی نقشه نشان داده می‌شود.

Method	Symbol	Example
Chipping	C	
Grinding	G	
Hammering	H	
Machining	M	
Rolling	R	
Peening	P	

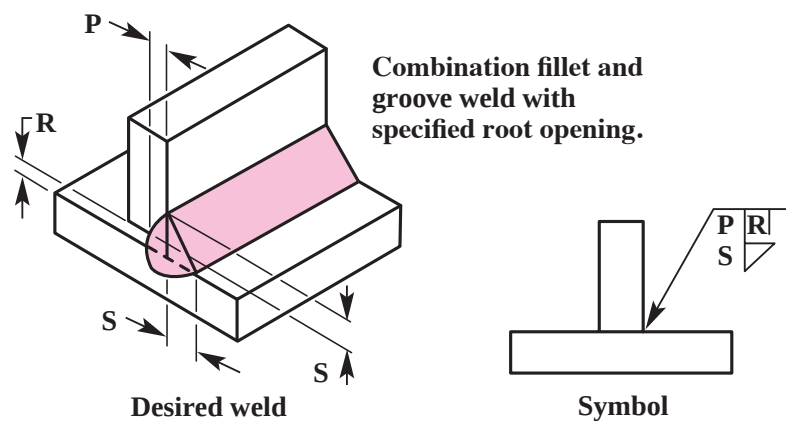
Type	Symbol	Example	As welded
Flat	—		
Concave	—		
Convex	—		

شکل ۴۲- علائم مربوط به آماده‌سازی شکل گرده جوش به صورت مکانیکی

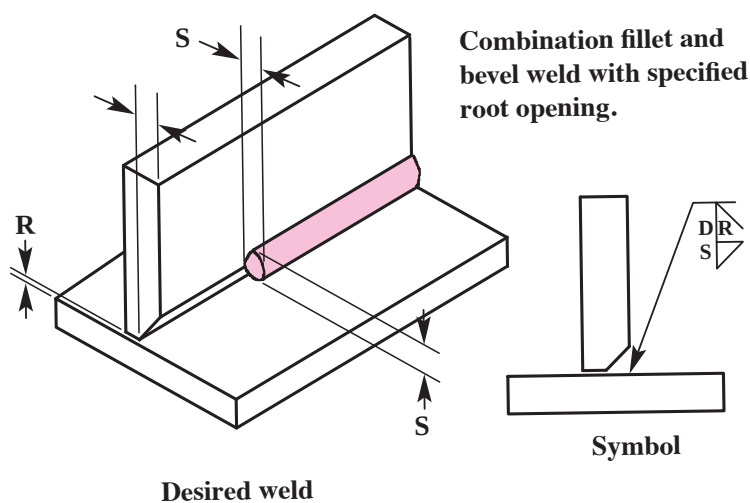
شکل ۴۱- علائم جوش برای گوشه منقطع نامتقارن

علائم ترکیبی در جوش

هنگامی که نوع دیگری از جوش همراه با جوش گوشه اتصال قطعات استفاده شود، علائم مربوط به هر دو اتصال به صورت ترکیبی بر روی نقشه نشان داده می شود. شکل ۴۳ ترکیبی از جوش گوشه و شیار را نشان می دهد. شکل ۴۴ علائم مربوط به جوش ترکیبی جوش گوشه و جناقی را نشان می دهد.



شکل ۴۳- علائم مربوط به جوش های ترکیبی

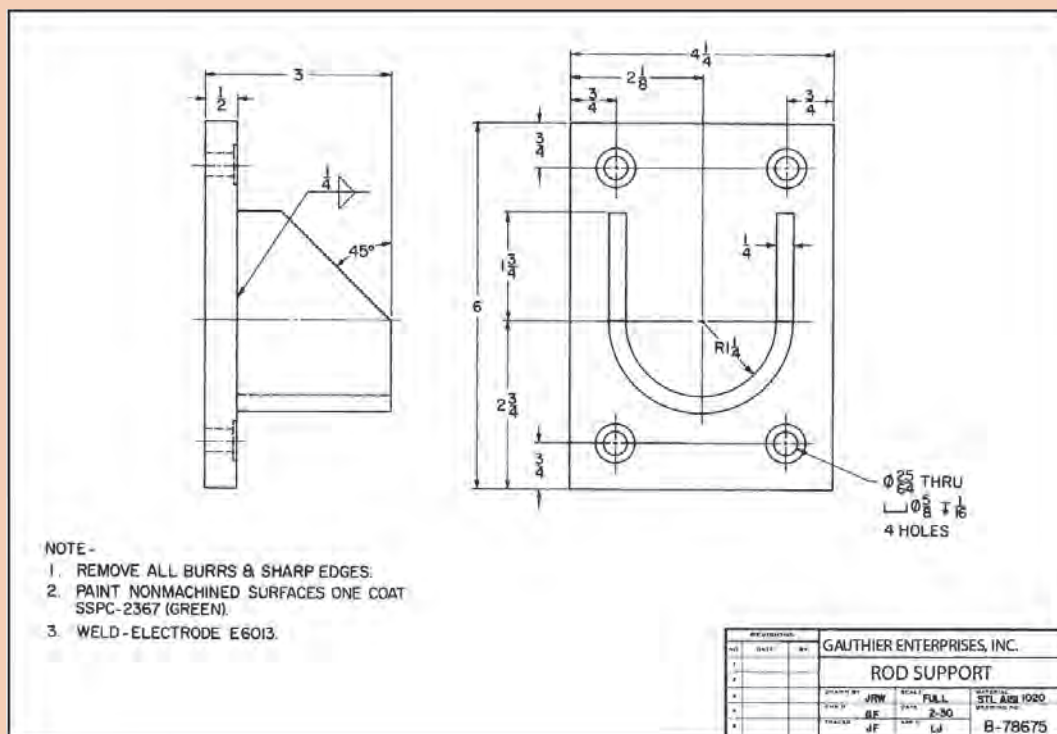


شکل ۴۴- علائم مربوط به جوش های ترکیبی



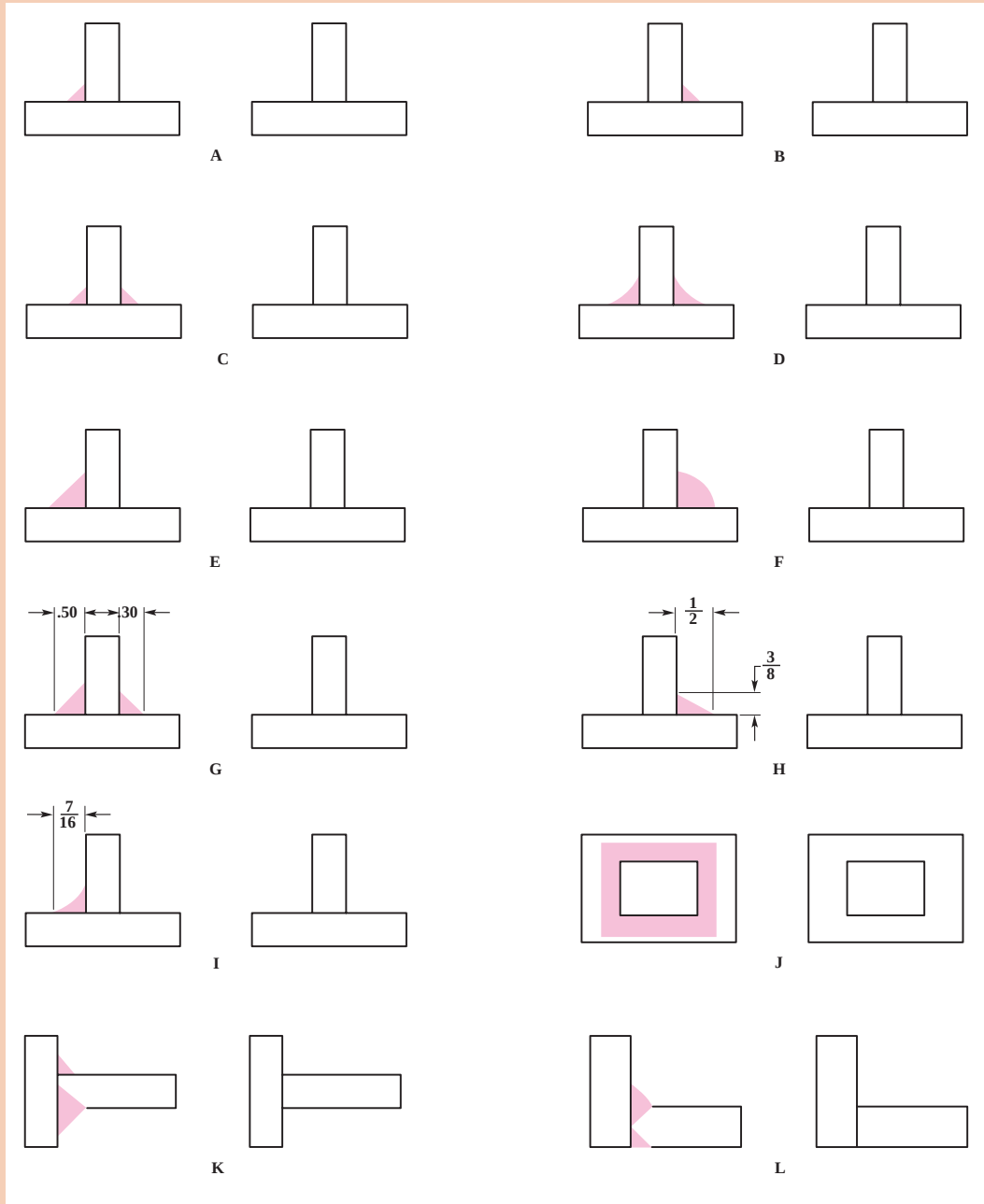
با توجه به نقشه زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. نقشه را با دقت مطالعه کنید و اطلاعات موردنیاز برای جوشکاری را مشخص کنید.

- نام محصول ساخته شده چیست؟
- قسمت مونتاژ شده را لیست کنید؟
- از چه موادی برای ساخت این محصول استفاده شده است؟
- نوع و اندازه جوش که بر روی نقشه مشخص شده است، را مشخص کنید؟
- بعد از جوشکاری و ماشین‌کاری چه عملیات اضافی باید بر روی جوش انجام شود؟





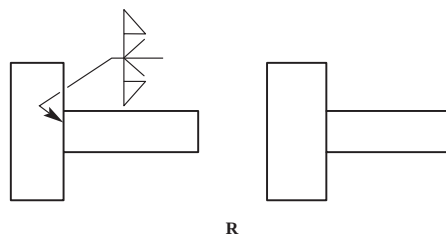
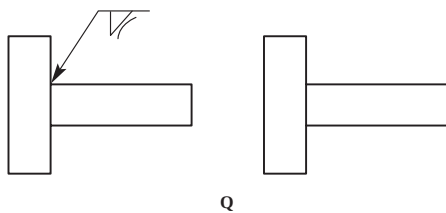
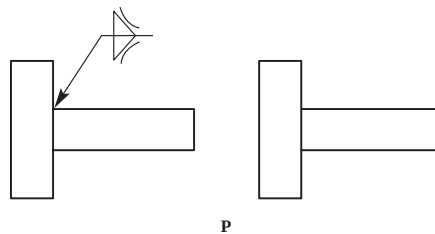
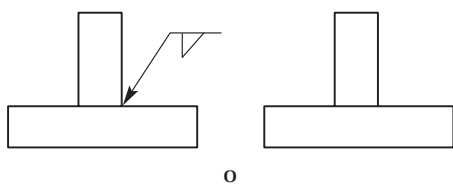
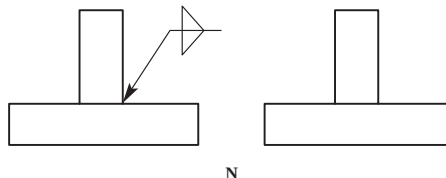
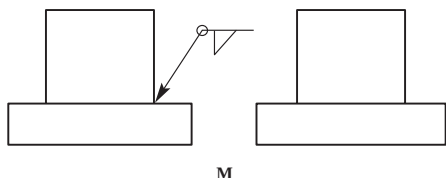
شکل‌های نشان داده شده انواع جوش گوشه با ویژگی‌های متفاوت را نشان می‌دهد، با توجه به جداول علائم و توضیحات مربوط به آن، علائم صحیح را بر روی جوش‌ها مشخص کنید.



جوش‌های گوشه



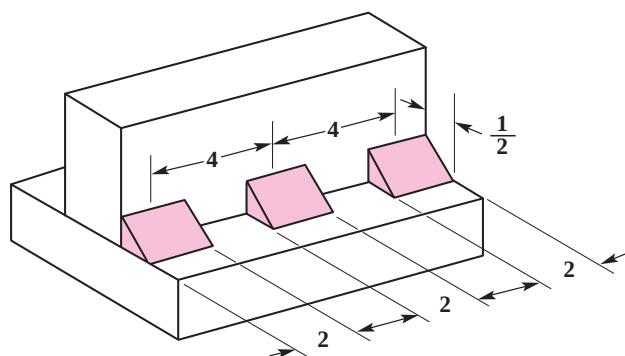
شکل‌های نشان داده شده انواع جوش گوشه با ویژگی‌های متفاوت را نشان می‌دهد، با توجه به جداول علائم و توضیحات مربوط به آن، علائم صحیح را بر روی جوش‌ها مشخص کنید.



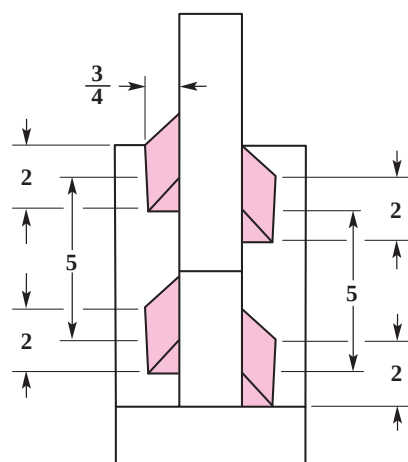
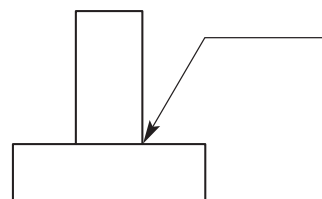
جوش‌های گوشه



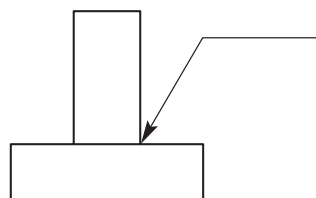
با توجه به جداول علائم و توضیحات مربوط به آن، علائم صحیح را بر روی جوش‌ها مشخص کنید.



S



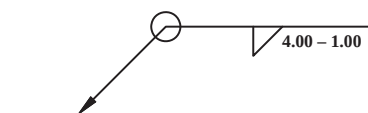
T



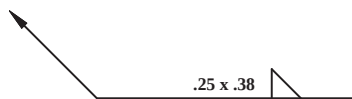
جوش گوشه منقطع



علائم زیر را شرح دهید و بگویید کاربرد هریک از آنها چیست؟



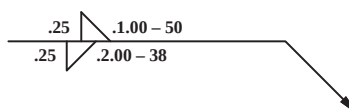
1. _____



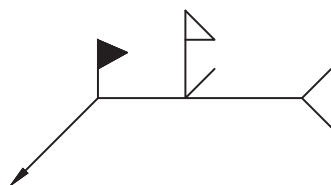
4. _____



2. _____



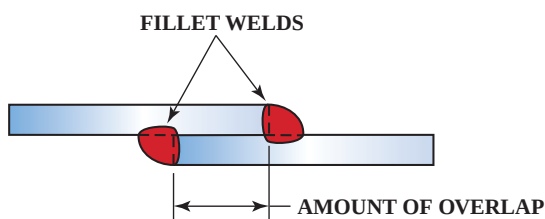
5. _____



3. _____

علائم جوش

ایجاد جوش گوشه با اتصال لب روی هم (Lap Joint)



شکل ۴۵- اتصال لب به روی هم

همان‌طور که در شکل ۴۵ می‌بینید، یک اتصال لب روی هم به واسطه روی هم افتادن لب‌های دو قطعه ایجاد می‌شود. اتصال می‌تواند در یک سمت یا در هر دو سمت به صورت گوشه‌ای ایجاد می‌شود. در اتصال لب روی هم گرده جوش تشکیل شده به صورت گوشه‌ای باید برابر با ضخامت قطعه کار باشد (شکل ۴۶).



توجه داشته باشید که در اتصال لب روی هم، ریشه اتصال باید کاملاً ذوب شود (شکل ۴۶)، در صورتی که در طول جوشکاری حوضچه جوش یک شکافی را نشان داد، بیانگر این است که حوضچه جوش به طور کامل ذوب نشده است.

شکل ۴۶- به ریشه جوش نگاه کنید تا مطمئن شوید که ذوب کامل اتفاق افتاده است.



شکل ۴۷ الگو حرکتی مناسب در حین جوشکاری را نشان می‌دهد که از ایجاد این عیب جلوگیری می‌کند.

شکل ۴۷- الگوی حرکتی در اتصال لب روی هم

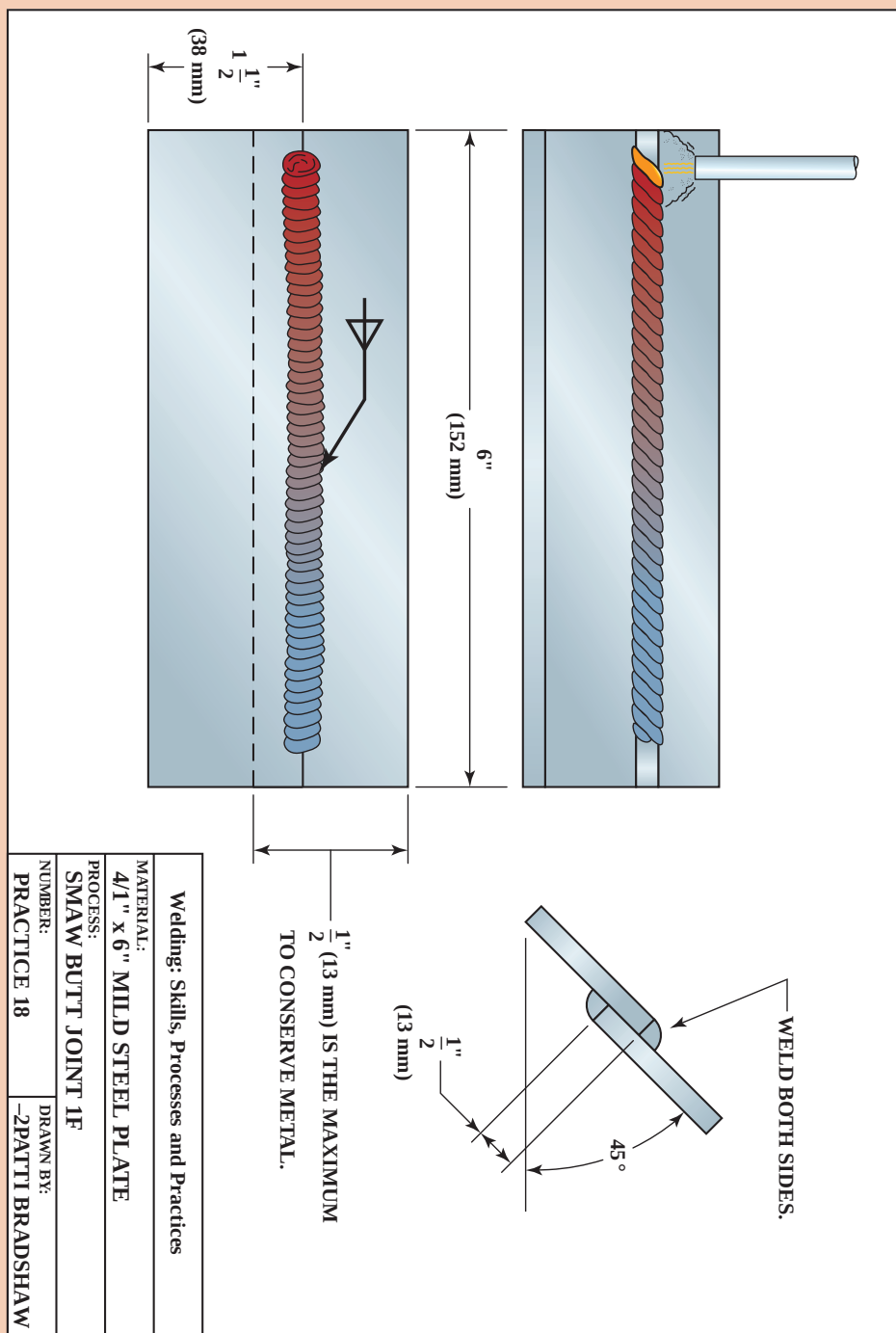
ایجاد جوش گوشه در اتصال لب روی هم در وضعیت تخت (1F) با الکترودهای E6013 دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

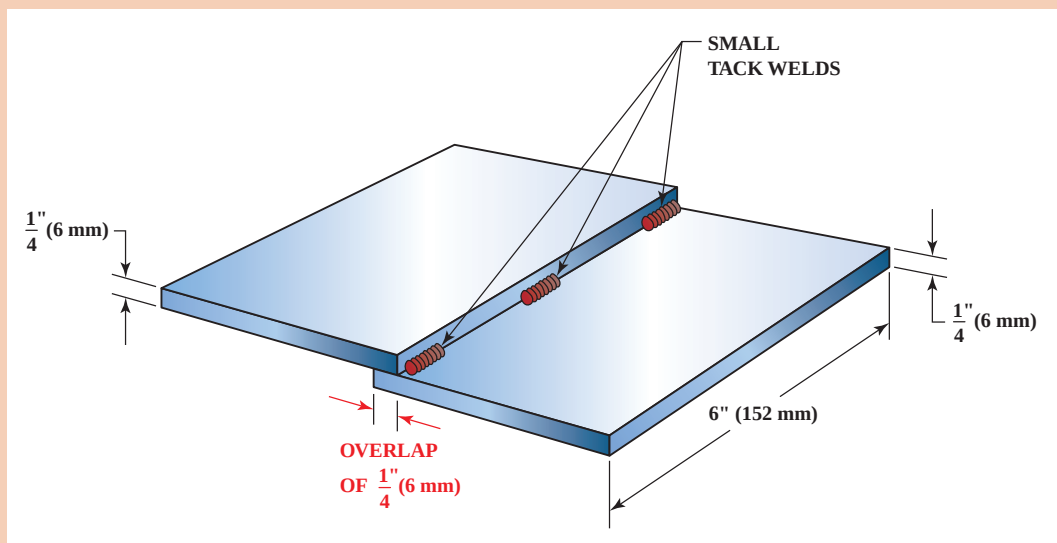
تجهیزات فنی: دستگاه جوشکاری آماده و تنظیم شده همراه حفاظ ایمنی مناسب

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی‌متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر و طول ۱۵۲ میلی‌متر

۱ براساس نقشه زیر ابتدا دو قطعه را به صورت لب روی هم مونتاژ کنید (خال جوش زدن در دو سوی قطعه)، برای جلوگیری از اعوجاج قطعه ها بهتر است یک خال جوش کوچک در وسط دو قطعه ایجاد کنید

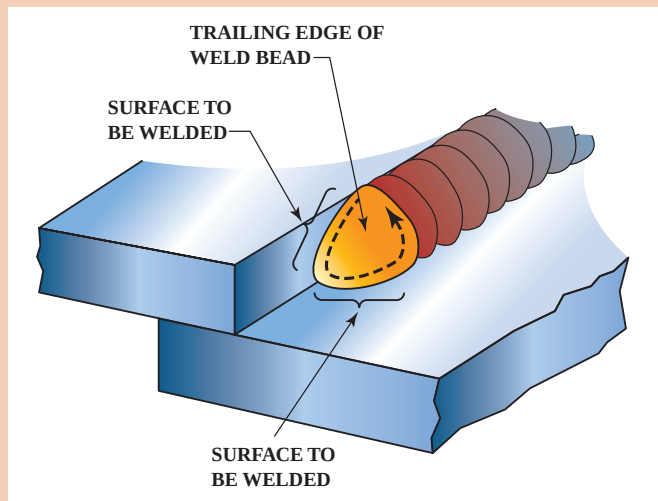


۲ الگوهای J، C یا زیگزاگ برای این نوع جوش بسیار مناسب است. قوس را برقرار کنید و حوضچه جوش را مستقیماً بر روی اتصال ایجاد کنید (شکل زیر حرکت درست و صحیح در ایجاد جوش گوشه در اتصال لب روی هم را نشان می‌دهد).



خال جوش زدن اتصال لب روی هم

۳ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت لب روی هم در وضعیت تخت را کسب کنید.



تکنیک جوشکاری اتصال لب روی هم

۴ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکترود و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.



ایجاد جوش گوشه در اتصال لب روی هم در وضعیت افقی (2F) با الکترودهای E6013

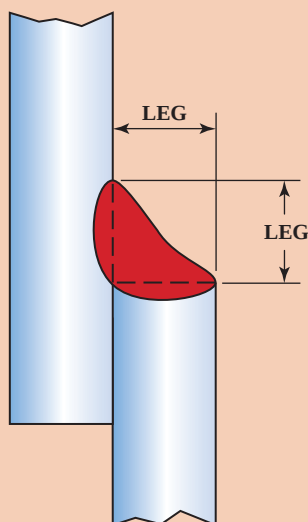
دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

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

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی متر و طول ۱۵۲ میلی متر

۱ شیوه جوشکاری اتصال لب روی هم در وضعیت افقی مانند وضعیت تخت می باشد و همان مهارت کسب شده در حالت 1F کافی است.

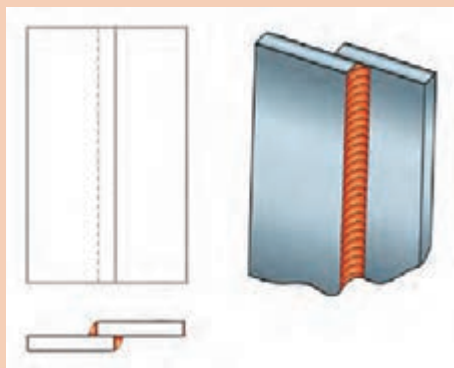


ایجاد جوش گوشه در اتصال لب روی هم
در وضعیت افقی

۲ الگوهای J، C یا زیگزاگ برای این نوع جوش بسیار مناسب است.

۳ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت لب روی هم در وضعیت افقی را کسب کنید.

۴ در انتهای کار، محدوده ای که در آن در حال کار بوده اید را تمیز کنید و ته مانده های الکترو و قطعه های جوشکاری شده را در محفظه ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.



جوش عمودی

ایجاد جوش گوشه در اتصال لب روی هم در وضعیت عمودی (3F) با الکترودهای E6013

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

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

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۵ میلی متر و طول ۱۲۰ میلی متر

- ۱ تمرین را با قرار دادن قطعه‌ها در زاویه ۴۵ درجه آغاز کنید.
- ۲ به تدریج زاویه را به سمت وضعیت عمودی افزایش دهید متناسب با کسب مهارت در هر مرحله، الگوهای J و T برای این حالت بسیار مناسب هستند.
- ۳ حوضچه مذاب را بر روی ریشه جوش ایجاد کنید.
- ۴ هنگامی که اندازه حوضچه مذاب شروع به کاهش کرد، الکتروده را به عقب در داخل حوضچه جوش برگردانید، همین‌طور الکتروده را با سرعت از یک سمت به سمت دیگر در عرض حرکت دهید، تا اتصال را پر کند.
- ۵ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت لب روی هم در وضعیت عمودی را کسب کنید.
- ۶ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروده و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.



ایجاد جوش گوشه در اتصال سپری در وضعیت تخت (1F) با الکترودهای E6013

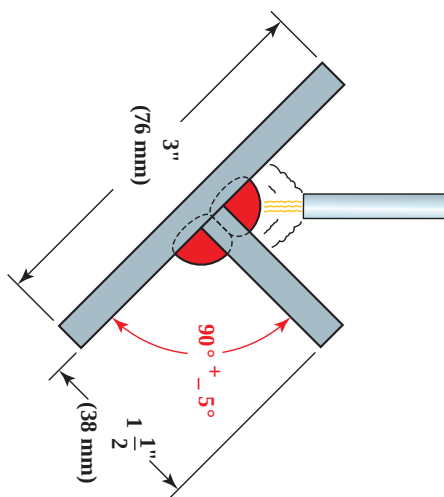
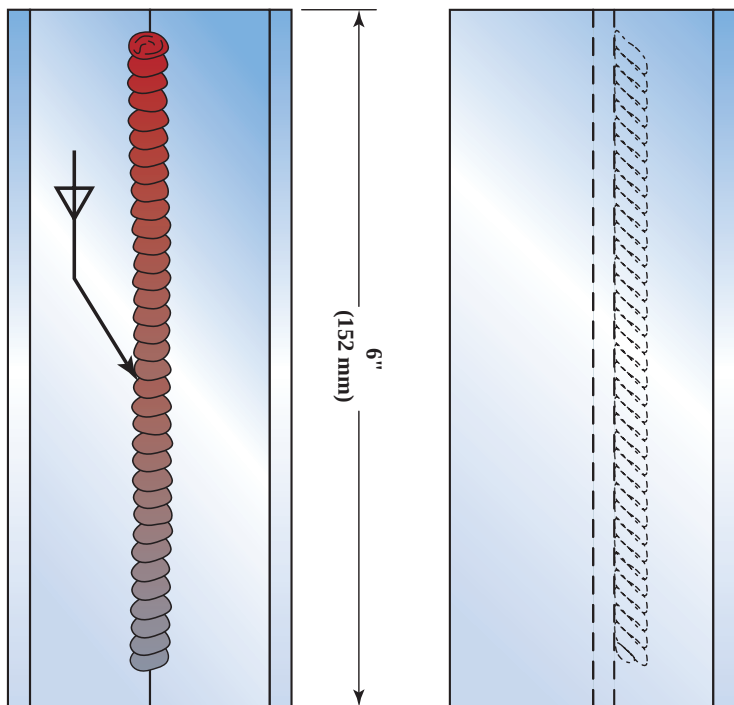
دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

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

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی متر و طول ۱۵۲ میلی متر

۱. براساس نقشه زیر ابتدا دو قطعه را به صورت سپری روی هم مونتاژ کنید. (خال جوش زدن در ابتدا و انتهای قطعه)



Welding: Skills, Processes and Practices	
MATERIAL: 4/1" x 6" MILD STEEL PLATE	
PROCESS: SMAW TEE JOINT 1F	
NUMBER: PRACTICE 22	DRAWN BY: -2CAROLYN ADAMS

- ۲ از هر الگوهایی که می‌تواند از ایجاد عیب ناخالصی سرباره در جوش جلوگیری کند، استفاده کنید. از آمپر بالاتر از مقدار نرمال استفاده کنید.
- ۳ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت سپری در وضعیت تخت را کسب کنید.
- ۴ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروود و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.

کار کارگاهی



ایجاد جوش گوشه در اتصال سپری در وضعیت افقی (2F) با الکترودهای E6013

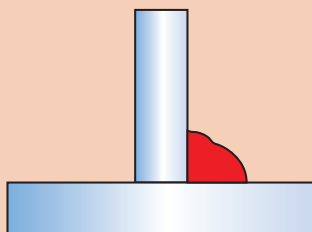
دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

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

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی‌متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر و طول ۱۵۲ میلی‌متر

- ۱ ابتدا دو قطعه را با خال جوش زدن، مونتاژ کنید و به صورت شکل روبه‌رو بر روی فیکسچر قرار دهید.



اتصال سه پری در وضعیت افقی

- ۲ الکتروود را در مرکز اتصال، بر روی ریشه اتصال قرار دهید، طوری که زاویه ۴۵ درجه بین دو قطعه ایجاد کند، به عبارت دیگر حوضچه جوش بین دو قطعه تشکیل شود.
- ۳ از الگوهای حرکتی J و C برای ایجاد گرده جوش گوشه‌ای استفاده کنید.
- ۴ در صورتی که ریشه اتصال ذوب نشود، عیب ایجاد خواهد شد که موجب کاهش استحکام اتصال می‌شود.
- ۵ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت سپری در وضعیت افقی را کسب کنید.
- ۶ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروود و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.



ایجاد جوش گوشه در اتصال سپری در وضعیت عمودی (3F) با الکترودهای E6013

دستور کار

تجهیزات ایمنی جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

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

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳ میلی متر - دو قطعه فولادی با ضخامت ۶ میلی متر و طول ۱۵۲ میلی متر

۱ تمرین را با قرار دادن قطعه‌ها در زاویه ۴۵ درجه آغاز کنید.

۲ به تدریج زاویه را به سمت وضعیت عمودی افزایش دهید متناسب با کسب مهارت در هر مرحله، الگوهای J و C برای این حالت بسیار مناسب هستند، اما برای نفوذ بیشتر می‌توانید از الگوی T استفاده کنید،

۳ حوضچه مذاب را بر روی ریشه جوش ایجاد کنید.

۴ قطعه را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را برای هریک از الکترودهای بالا تکرار کنید (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) تا مهارت در جوشکاری دو قطعه به صورت سپری در وضعیت عمودی را کسب کنید.

۵ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکتروود و قطعه‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیافت در نظر گرفته شده، قرار دهید.

ارزشیابی شایستگی جوشکاری ماهیچه‌ای

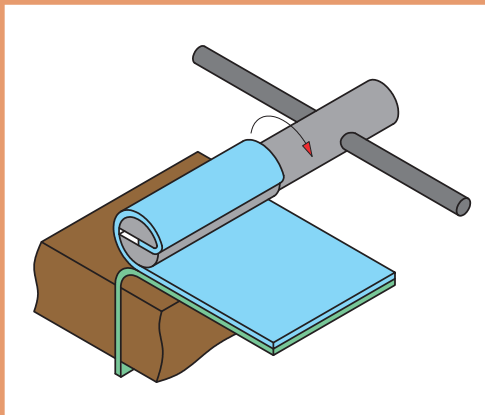
شرح کار: جوشکاری گوشه در وضعیت 1F, 2F, 3F			
استاندارد عملکرد: برای اتصال‌های لب روی هم و سپری جوشکاری دو قطعه بدون پخ‌سازی با به کارگیری روش الکتروود دستی (SMAW) برابر نقشه			
شاخص‌ها: تنظیم شدت جریان برابر جدول استاندارد - انتخاب الکتروود از روی نقشه - جوشکاری برابر نقشه - کنترل اندازه و عیوب جوش براساس استاندارد			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه جوشکاری الکتروود دستی استاندارد همراه با سیستم تهویه و نور کافی و مجهز به سیستم سرمایش و گرمایش دستگاه جوشکاری، الکتروود ۶۰۱۳، لوازم جانبی و ایمنی فردی زمان: ۲ ساعت			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:* به کارگیری فناوری مناسب - توجه به نکات زیست‌محیطی - دقت در ایجاد حجم مناسب حوضچه مذاب		۲	
میانگین نمرات**			
* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			





پودمان ۵

جوشکاری مقاومتی



کنترل استحکام نقطه جوش



اجرای نقطه جوش

هدف از این پودمان فراگیری جوشکاری مقاومتی و روش‌های آن، تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش، شیوه‌های جوشکاری با فرایند نقطه جوش و ارزیابی کیفیت آن می‌باشد. در ادامه کلیاتی از روش‌های اتصال و روش جوشکاری با فرایند نقطه جوش را به‌طور کامل خواهید آموخت.

واحد یادگیری ۱

اجرای نقطه جوش

آیا تا به حال پی برده‌اید؟

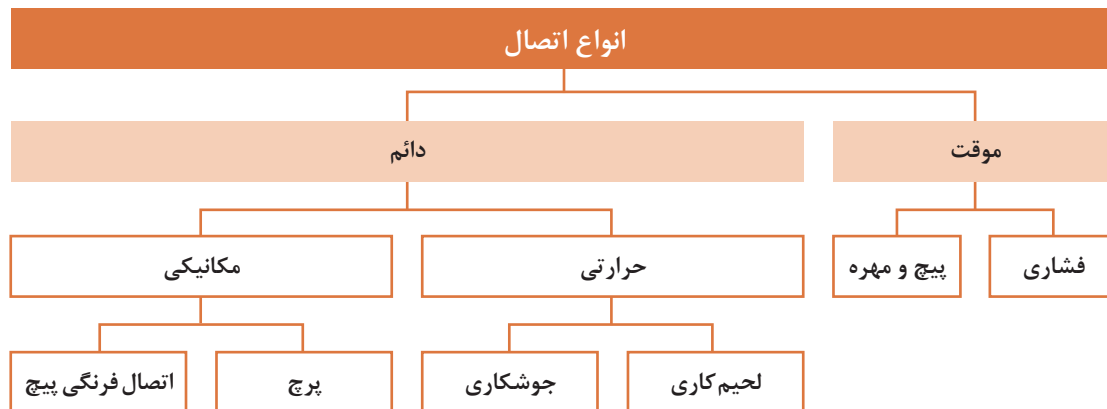
- چند روش اتصال برای یکپارچه کردن قطعات فلزی وجود دارد.
- انرژی در پدید آمدن جوشکاری نقش دارد.
- انرژی الکتریکی می‌تواند حرارت تولید کند.
- برای اتصال بدنه فلزی خودروها از جوش مقاومتی استفاده می‌شود.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری با فرایند نقطه جوش، هنرجویان قادر به تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش، جوشکاری با فرایند نقطه جوش و ارزیابی کیفیت اتصال خواهند بود.

دسته بندی اتصالات

اتصال قطعات فلزی به صورت موقت یا دائم می باشد. شکل ۱ دسته بندی انواع اتصال را نشان می دهد.



شکل ۱- دسته بندی انواع اتصال

اتصال موقت



شکل ۲- یک نمونه اتصال موقت

اتصال است که بتوان دو قطعه متصل به هم را به راحتی و در مواقع ضروری بدون هیچ گونه تخریبی از هم جدا کرده و سپس مجدداً به هم اتصال داد. به طور مثال اتصال پیچ و مهره.

اتصال دائم

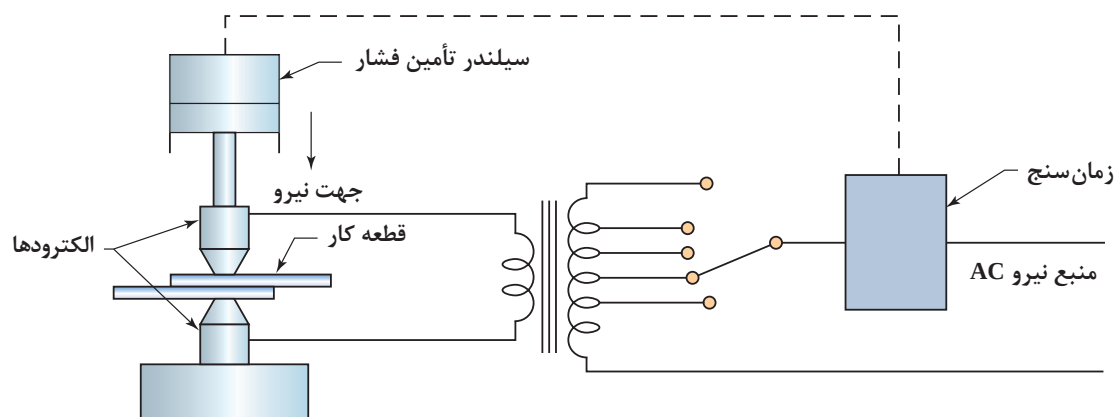
اتصال است که در صورت نیاز به جدا کردن دو قطعه، باید محل اتصال را تخریب کنیم، مانند جوش، لحیم، فرنگی پیچ و پرچ، اتصالات دائم به صورت مکانیکی و حرارتی می باشند.



شکل ۳- نمونه های اتصال دائم

جوشکاری مقاومتی

با عبور جریان الکتریسیته از فلزات مورد اتصال در اثر مقاومت الکتریکی ایجاد شده در فصل مشترک دو فلز، حرارت تولید می‌شود و حرارت و اعمال فشار موجب اتصال دو فلز می‌گردد.



شکل ۴- شماتیک فرایند جوش مقاومتی

در جوشکاری مقاومتی جریان مورد نیاز بایستی دارای ویژگی ولتاژ پایین و آمپر بالا باشد. فشار نیز توسط الکترودهای بالا و پایین اعمال می‌شود. در این فرایند نیاز به ماده پُرکننده نبوده و جریان مورد نیاز توسط ترانسفورماتور تأمین می‌شود. ترانسفورماتور برق با ولتاژ بالا و آمپر پایین را به ولتاژ پایین و آمپر بالا تبدیل می‌کند. فشار مورد نیاز با اعمال نیرو توسط سیستم‌های مکانیکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی تأمین می‌شود.

کاربرد جوشکاری مقاومتی

جوشکاری مقاومتی در صنایع خودروسازی، هوافضا و صنایع الکترونیک به‌طور گسترده استفاده می‌شود.

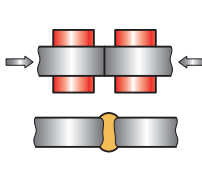
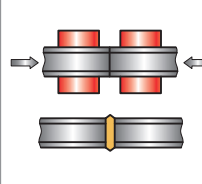
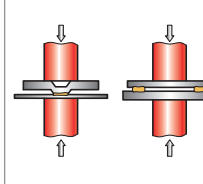
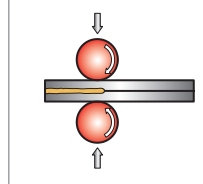
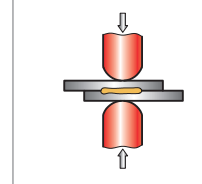


شکل ۵- کاربرد جوش مقاومتی

روش‌های جوشکاری مقاومتی

جوشکاری مقاومتی براساس کاربرد به پنج روش مختلف دسته‌بندی می‌شوند. جدول ۱ روش‌های جوشکاری مقاومتی همراه با کاربرد هر یک از آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- روش‌های جوش مقاومتی

				
فلاش جوش	جوش سر به سر	جوش زائده‌ای	درز جوش	نقطه جوش

نقطه جوش

نقطه جوش یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های جوش مقاومتی است. در این روش شدت جریان از الکتروده به فلزی که جوش می‌خورد و از فلز به الکتروده دیگر، جریان می‌یابد. ایجاد مقاومت در مدار شدت جریان، ایجاد حرارت می‌کند. در نقطه جوش، دو پلیت مابین الکترودها روی هم قرار می‌گیرد و به وسیله فشار الکترودها و عبور شدت جریان در محل تماس، مقاومت ایجاد شده، انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. در اثر حرارت و فشار در یک نقطه، دو فلز به هم جوش می‌خورند. نکته اساسی این است که حرارت تولید شده، ناشی از مقاومت الکتریکی فلز جوش دانی و مقاومت‌های دیگر است.

مطابق شکل ۶ در اثر فشار الکترودها، سطح دو فلز مورد جوش به هم می‌چسبد و فاصله خالی بین آنها کم می‌شود. با کم شدن فضای خالی، مقاومت لایه بین دو فلز نیز کاهش می‌یابد. به‌طور کلی حرارت تولید شده در ارتباط با مقاومت «۵» سطح تماس داده شده با یکدیگر است:

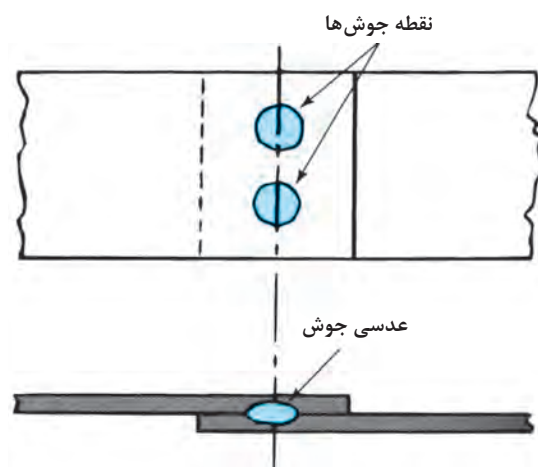
۱ مقاومت سطح تماس بین الکتروده متحرک و فلز؛

۲ مقاومت سطح تماس بین الکتروده ثابت و فلز؛

۳ مقاومت فلز رویی؛

۴ مقاومت فلز زیرین؛

۵ مقاومت بین لایه هوای بین دو فلز.



شکل ۶- اتصال دو قطعه فلز به وسیله جوش مقاومتی

سیستم کنترل در جوش مقاومتی، شامل مقدار شدت جریان - فشار الکترودها و مدت زمانی است که شدت جریان عبور می کند.

الکتروود در نقطه جوش: الکتروود در نقطه جوش شدت جریان را به سطح فلز جوش دادنی هدایت می کند و لازم است که دارای شرایط زیر باشد:

۱ رسانای بسیار خوبی برای عبور شدت جریان باشد؛

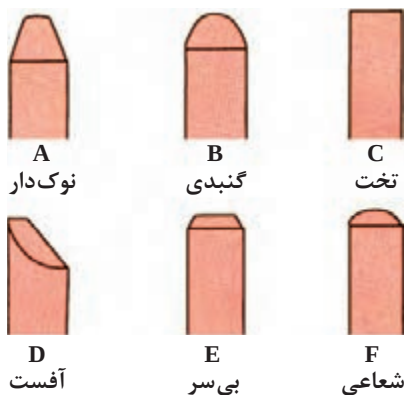
۲ هدایت حرارتی آن خوب باشد؛

۳ مقاوم و سخت باشد؛

۴ در اثر تماس و فشار و حرارت با فلز جوش دادنی آلیاژ نگردد؛ (ذراتی از الکتروود کنده نشود و به کار نچسبد) مس خالص هادی بسیار خوبی است هم برای جریان الکتریسیته و هم برای حرارت؛ اما در برابر فشار مقاوم نیست و از طرفی، در موقع حرارت دیدن نرم تر می شود، از این رو الکترودها را از آلیاژ مس ساخته و به کار می برند. الکترودهایی که برای جوشکاری قطعه های نازک به کار می روند، با هوا خنک می شوند و الکترودهایی که در ضخامت های بیشتر به کار می روند با آب، خنک می شوند.

هر الکتروود دارای یک سطح و یک ساق یا بدنه است.

سطح الکتروود: سطح الکتروود قسمتی از الکتروود است که با فلز جوش دادنی تماس پیدا می کند. سطح الکتروود در طرح های متفاوتی ساخته می شود. (شکل ۷)



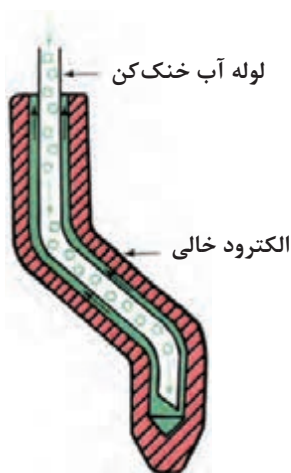
شکل ۷- انواع سطوح الکتروود

ساق الکتروود: ساق یا بدنه الکتروود باید به اندازه کافی مقاوم بوده و رسانای جریان الکتریسیته باشد.

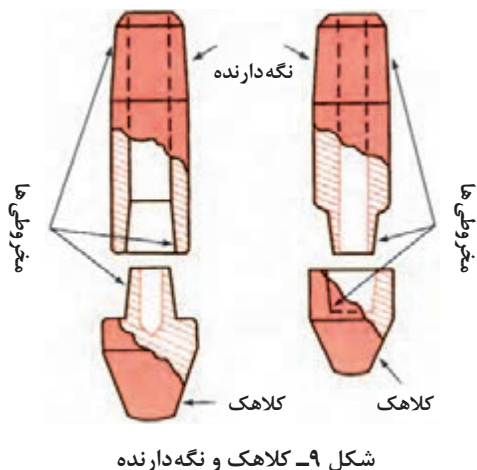
ساق الکتروود را ممکن است برای کارهای مشخصی فرم دار ساخته، به کار ببرند (شکل ۸). الکتروودها از دو قسمت ساخته می شوند:

۱ قسمت کلاهی الکتروود؛

۲ قسمت نگه دارنده یا «adaptor».



شکل ۸- ساق الکتروود و مجرای عبور آب



شکل ۹- کلاهک و نگهدارنده

کلاهک و نگهدارنده را ممکن است به صورت نر و ماده بسازند. برای متصل کردن این دو قسمت به هم، نر و مادگی را به شکل مخروط می‌تراشند تا پس از وصل شدن آب‌بندی گردند (شکل ۹).

پارامترهای کنترل نقطه جوش

در سیستم جوشکاری مقاومتی پنج متغیر وجود دارد که باید آنها را به‌طور دقیق کنترل کرد که عبارت‌اند از:

- a- زمان؛
- b- شدت جریان؛
- c- فشار؛
- d- سطح تماس الکترودها؛
- e- نوع و سیستم ماشین.

■ زمان: زمان جوش دادن یک نقطه از فلز به سه دوره تقسیم می‌شود:

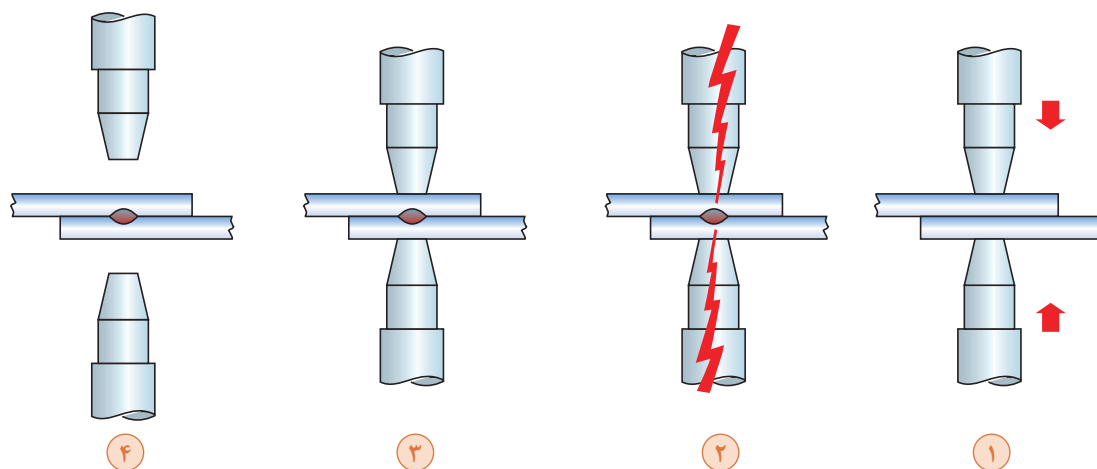
- ۱ زمان فشردگی
- ۲ زمان جوشکاری
- ۳ زمان نگهداری

■ زمان فشردگی: زمانی است که الکترودها دو ورق را در بین خود فشار می‌دهند.

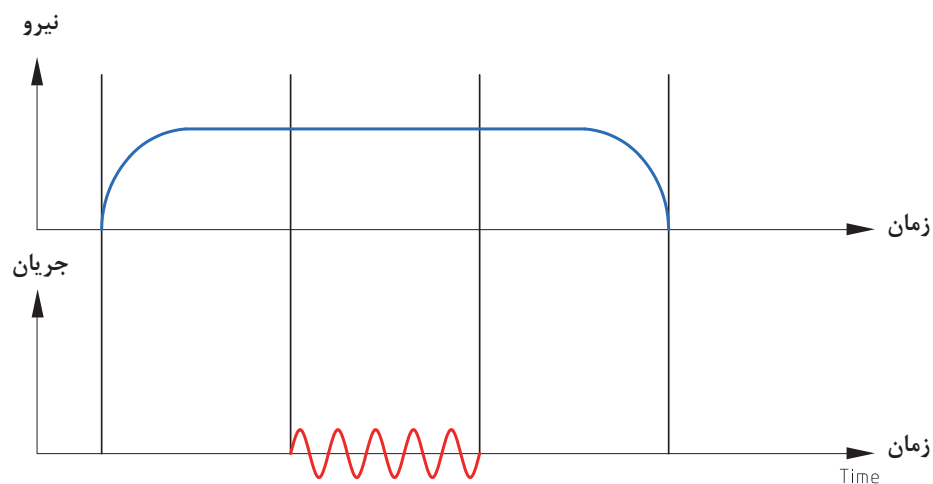
■ زمان جوشکاری: زمانی است که شدت جریان از الکترود متحرک به فلز و از فلز به الکترود ثابت جریان می‌یابد و در اثر مقاومت ایجاد شده، فلز به نقطه ذوب می‌رسد.

■ زمان نگهداری: زمانی است که پس از توقف شدت جریان، فشار الکترودها تا منجمد شدن جوش، اعمال می‌شود.

این سه دوره زمانی، یک توالی جوشکاری است و هر سه زمان به وسیله پانل که بر روی ماشین است، کنترل می‌شوند. زمان برحسب سیکل و یا هرتز یعنی $\frac{1}{50}$ ثانیه است.



شکل ۱۰- مراحل نقطه جوش



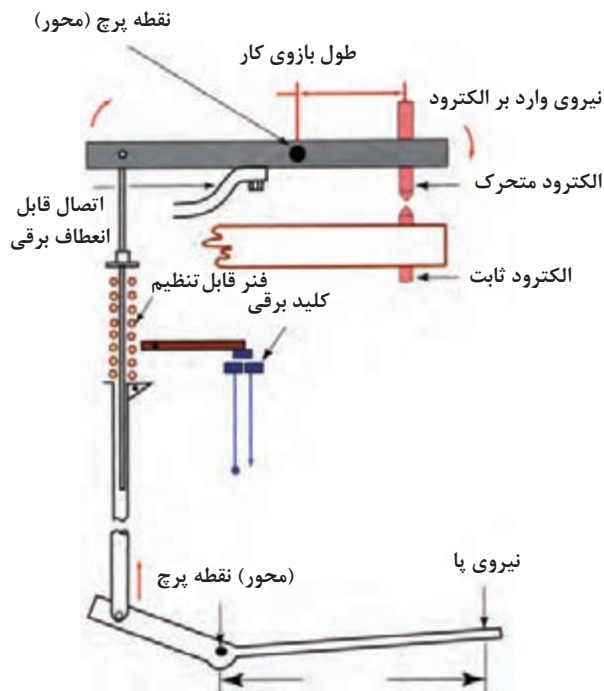
شکل ۱۱- سیکل‌های نقطه جوش



شکل ۱۲- یک دستگاه جوش مقاومتی

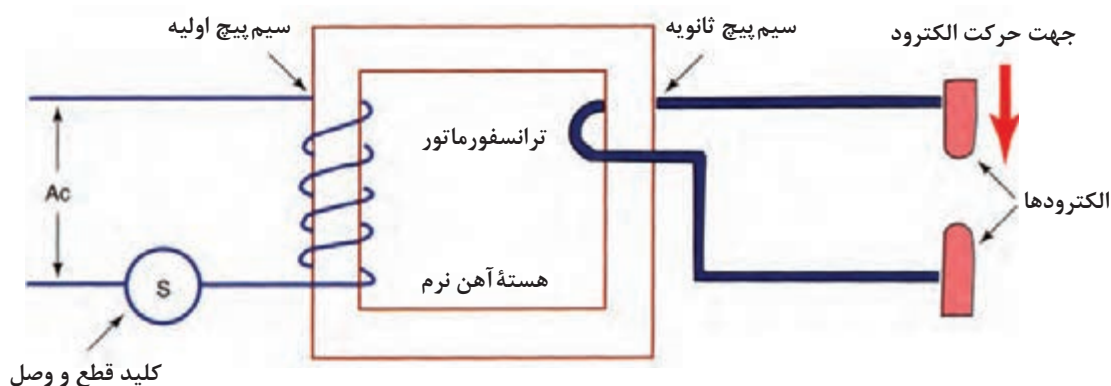
■ **شدت جریان:** شاید بتوان گفت که شدت جریان یکی از عمده‌ترین متغیرها در سیستم جوش مقاومتی است. تغییر دادن شدت جریان به یکی از دو راه زیر ممکن است:

- ۱ تغییر دادن tap یا پانل که در روی ماشین تعبیه شده است؛
- ۲ تغییر دادن سلکتور (درصد حرارت) که در روی ماشین موجود است (شکل ۱۲).



در شکل ۱۳ قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش مقاومتی و در شکل ۱۴ قسمت‌های الکتریکی آن نشان داده شده است. با تغییر دادن هر پله از tap یا پانل، شدت جریان در یک رنج تغییر می‌کند و با تغییر دادن سلکتور نیز، مقدار زیادی حرارت (که ناشی از شدت جریان است) تغییر می‌کند. برای مثال ممکن است با انتخاب یک پله از پانل، رنج تغییرات شدت جریان از $4000A$ تا $10,000A$ باشد.

شکل ۱۳- قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش



شکل ۱۴- قسمت‌های الکتریکی یک دستگاه نقطه جوش

و اگر سلکتور را روی ۷۵٪ تنظیم کنیم، شدت جریان برای جوشکاری برابر است با:

$$4000A + [(0/75) \text{ (رنج شدت جریان)}]$$

$$\text{رنج شدت جریان} = 10,000A - 4000A = 6000A$$

$$4000A + [0/75 (6000A)] = 8500A$$

پس شدت جریانی که از دستگاه گرفته می‌شود تا عمل جوشکاری انجام شود، $8500A$ است.

■ سیستم فشار: چهار روش متفاوت برای اعمال فشار به وسیله الکترودها متداول است:

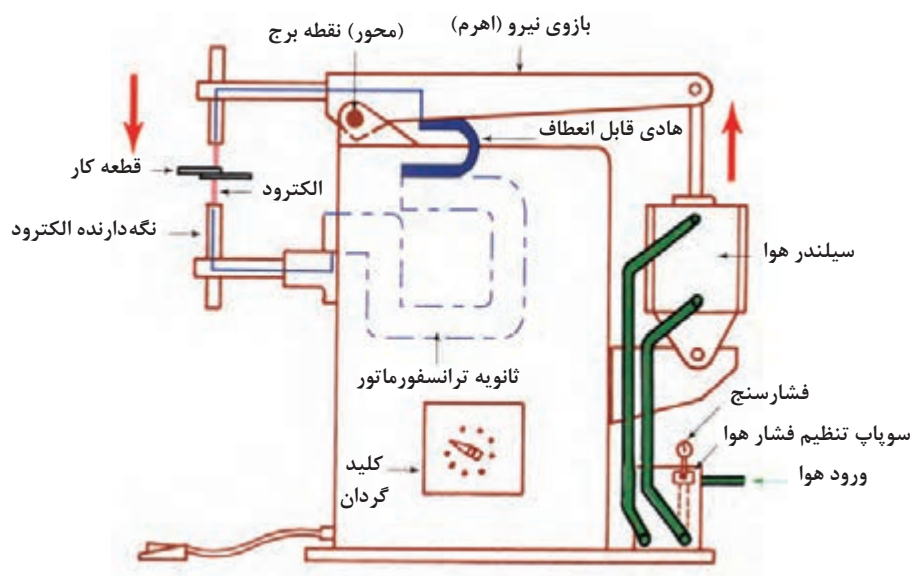
۱ استفاده از سیستم مگنت (مغناطیس)؛

۲ استفاده از سیستم پنوماتیک (هوا)؛

۳ استفاده از سیستم هیدرولیک (مایعات)؛

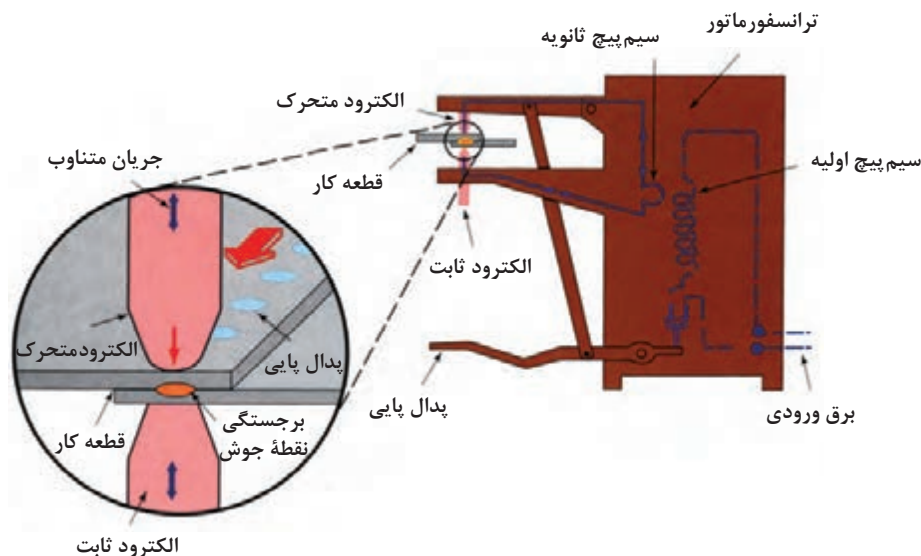
۴ استفاده از سیستم مکانیکی (اهرم).

در اغلب ماشین‌ها به علت ارزان بودن سیلندر پنوماتیک نسبت به سیلندر هیدرولیکی، از سیستم پنوماتیک استفاده می‌کنند. (شکل ۱۵) ولی در سیستم‌های هیدرولیکی علاوه بر اینکه قادر است فشارهای زیادی اعمال کند، عمل اعمال فشار نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد. به هر حال، سیستم فشار به ظرفیت ماشین و نوع فلزی که باید جوش داده شود، بستگی دارد.



شکل ۱۵- دستگاه جوش مقاومتی، استفاده از هوا

در ماشین‌های با ظرفیت کم، فشار از طریق یک پدال پایی و یک بازوی اهرم و یک فنر که متصل به بازوی الکتروود است، انجام می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- دستگاه جوش مقاومتی استفاده از سیستم مکانیکی

در سیستم پنوماتیک فشار از طریق یک پدال پایی و یک سیلندر هوا (که به بازوی متحرک الکتروود وصل است) اعمال می‌شود (شکل ۱۶).

همچنان که گفته شد، سیستم فشار تا حدودی به نوع فلز جوش دانی بستگی دارد. برای مثال در جوش آلومینیم یک دوره فشار اضافی، نسبت به فولاد لازم است که آن را فشار آهنگری می‌نامند. این فشار در زمانی به الکتروود اعمال می‌شود که شدت جریان قطع شده، اما هنوز سطح جوش، مذاب و یا خمیری شکل است. فشار در این هنگام اعمال می‌شود تا ذرات فلز درهم رفته، سرد و منجمد شوند.

■ **ترانسفورماتور نقطه جوش مقاومتی:** در سیستم جوش مقاومتی نیاز به شدت جریان خیلی زیاد ولتاژ کم است. نوع ماشین بیشتر به صورت ترانسفورماتور کاهنده یا step down trans است. برای مثال اگر یک ترانسفورماتور ۵۰ آمپر و ۲۳۰ ولت را به ۱۰۰ آمپر و ۱۱۵ ولت تبدیل کند، یا به ۱۰۰۰ آمپر و ۱۱/۵ ولت و یا این که به ۱۰/۰۰۰ آمپر و ۱/۱۵ ولت تبدیل کند، در هر سه حالت مقدار توان برحسب وات $11500W$ خواهد بود.

$$100A \times 115V = 11500W$$

$$1000A \times 11/5V = 11500W$$

$$10/000A \times 1/15V = 11500W$$

معمولاً ترانسفورماتور جوش مقاومتی، از طریق مدار ثانویه باید «۵۰۰۰A» تا «۱۰۰/۰۰۰A» برای کارهای متداول تأمین شود لذا با توجه به مثال فوق می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ولتاژ باید بسیار کم باشد. مقدار ولتاژ برای مدار باز حدوداً ۱۰ ولت است و در هنگام جوشکاری (مدار بسته) این مقدار به کمتر از ۱ ولت می‌رسد.

دوره کاری ۵۰٪ نشان می‌دهد که ماشین می‌تواند به‌طور اطمینان‌بخش، ۳۰ ثانیه از یک دقیقه را جوشکاری کند.

■ **تنظیم نقطه جوش:** بنا بر آنچه گفته شد، پنج متغیر در سیستم نقطه جوش مقاومتی وجود دارد که باید به آنها توجه نمود:

زمان - شدت جریان - فشار الکتروود - سطح تماس الکتروود و نوع ماشین.
انتخاب نوع ماشین، به شرایط کار بستگی دارد. از طرفی جوشکار به اطلاعاتی نیاز دارد که می‌تواند دستگاه را به‌طور صحیح تنظیم کند؛ برای مثال لازم است بدانند چه نوع فلزی را و با چه ضخامتی باید جوش بدهد. به‌عنوان نمونه در جوشکاری فولاد کم کربن، جوشکار باید بداند که سطح تماس الکتروود چه اندازه باید باشد و یا زمان جوشکاری و همچنین اندازه شدت جریان و یا فشار الکتروود، چقدر باید باشد روابط تجربی و تقریبی زیر می‌تواند راه‌گشای جوشکار باشد:

فرض کنید لازم است دو قطعه فلز، هر کدام به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر را، جوشکاری کرد.
دوره زمانی و مقدار شدت جریان، را حساب کنید.

$$\text{زمان برحسب دوره} = (TT) \times 1/473!$$

$$\text{محاسبه زمان} = 14/19 = (2 \times 1/5 \text{ mm}) \times 4/73$$

زمان جوشکاری برحسب دوره یا هرتر

$$\text{شدت جریان برحسب آمپر} = (TT) \times 4935! \text{ محاسبه شدت جریان}$$

$$\text{شدت جریان برحسب آمپر} = 14805 = (2 \times 1/5) \times 4935$$

$$\text{قطر سطح تماس الکتروود} = (TT) + 4/54! \text{ محاسبه اندازه نوک الکتروود}$$

$$\text{قطر سطح تماس الکتروود} = 7/54 \text{ mm} = (2 \times 1/5) + 4/54$$

$$\text{فشار الکتروود برحسب نیوتن} = (TT) \times 1500! \text{ محاسبه فشار}$$

$$1500 \times (2 \times 1/5) = 4500 \text{ N.}$$

درز جوش مقاومتی یا جوش غلتکی (RSEW)^۲

درز جوش مقاومتی یک روش مخصوص نقطه جوش است. کاربرد این روش بیشتر برای جوشکاری درز قوطی‌های مواد غذایی است که باید آب‌بندی باشند و یا اینکه هوا نتواند داخل قوطی گردد.

الکترودهای این روش به صورت غلتک است یعنی قطعه کار در زیر فشار غلتک‌ها حرکت می‌کند. روی این ماشین‌ها یک دستگاه تایمر دقیق وجود دارد که به‌وسیله آن می‌توان جوش را به صورت یک خط مستقیم و یا به صورت تناوبی انجام داد.

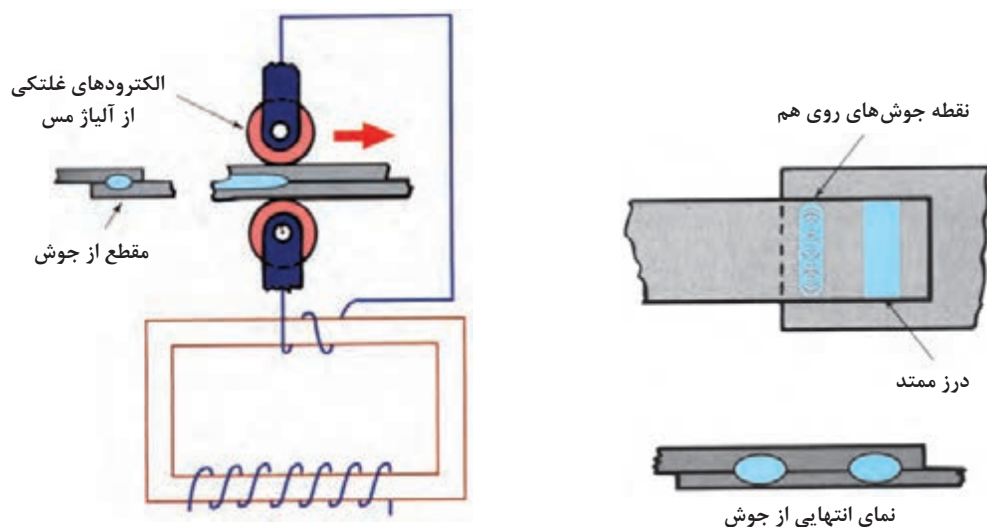
ماشین‌های درز جوش خودکار هستند.

عمل جوشکاری نزدیک به لبه دو فلزی که روی هم قرار می‌گیرند، انجام می‌شود. جوشکاری در این روش، به دو صورت است:

۱- Total Thickness

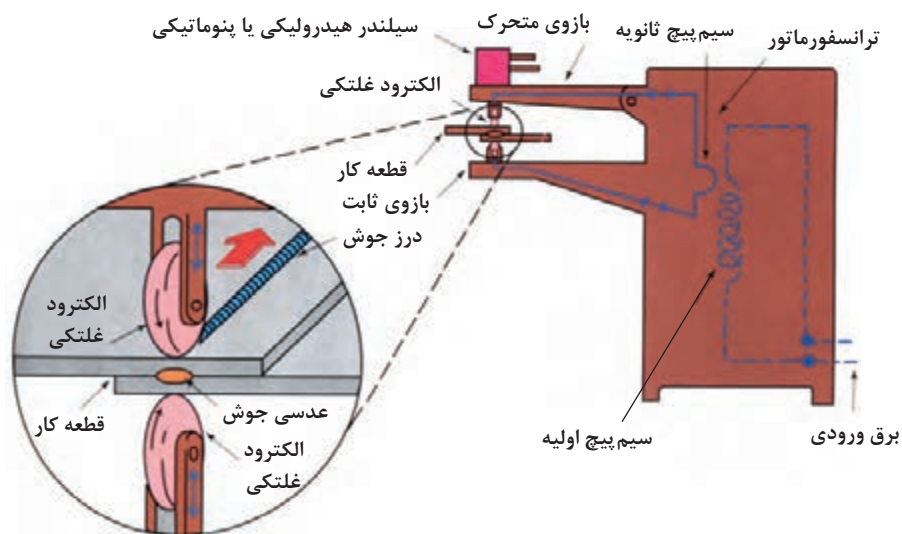
۲- Resistance Seam Welding

۱ قطعه کار ثابت و غلتک‌ها در طول درز حرکت می‌کنند؛ (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- جوشکاری مقاومتی درز جوش با غلتک‌های متحرک

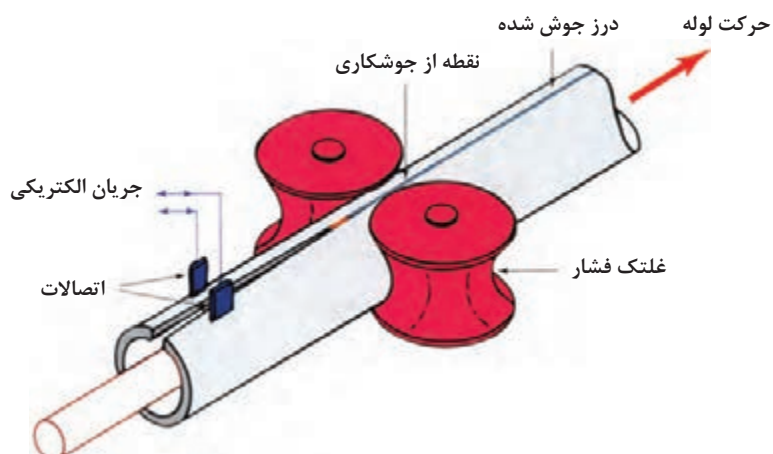
۲ غلتک‌ها ثابت و قطعه کار در زیر فشار الکترودها حرکت می‌کند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- جوشکاری مقاومتی درز جوش با قطعه کار متحرک

نوع دیگر این روش که «butt seam welding» نامیده می‌شود، برای جوشکاری درزهای طولانی مانند جوش درز لوله به کار می‌رود. قبل از اینکه لوله از بین دو غلتک عبور کند، لبه‌های فلز به وسیله شدت جریان به دمای ذوب می‌رسد و غلتک‌ها لبه‌های درز را به سر به سر با هم فشار داده، لوله جوش می‌خورد.

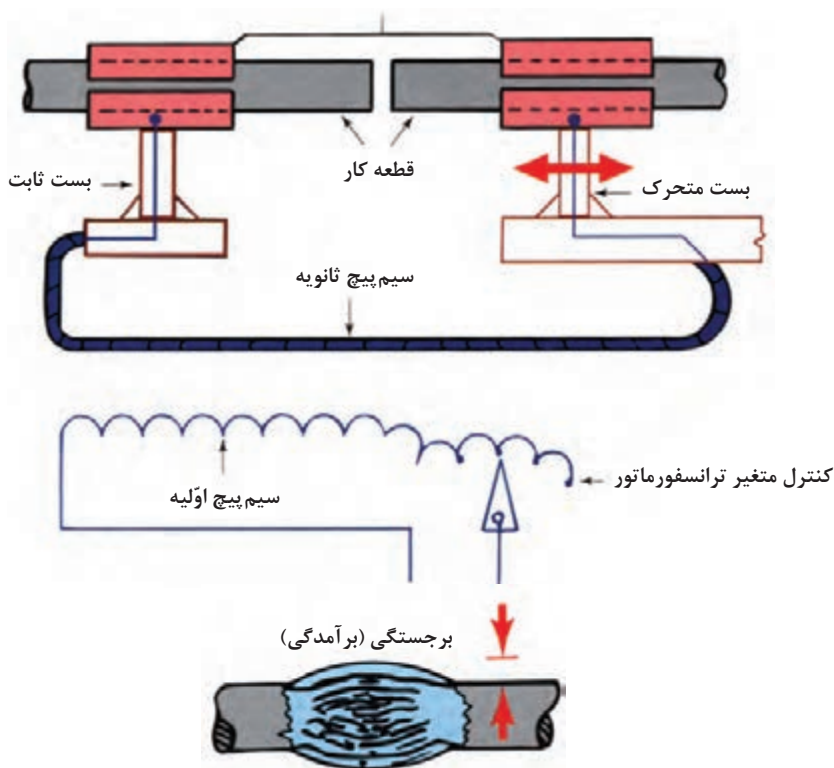
پس از جوش خوردن لبه‌های لوله، تا زمانی که لبه‌های ذوب شده منجمد گردند، در زیر فشار الکترودها قرار خواهند داشت (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- جوشکاری درز لوله

جوش واژگونه سربه سر (UW) Upset Welding

در این روش دو قطعه‌ای را که می‌خواهند به‌طور سربه‌سر جوش دهند، در دو فک ماشین قرارداده، محکم می‌کنند. یکی از فک‌های ماشین ثابت و دیگری متحرک است (شکل ۲۰).



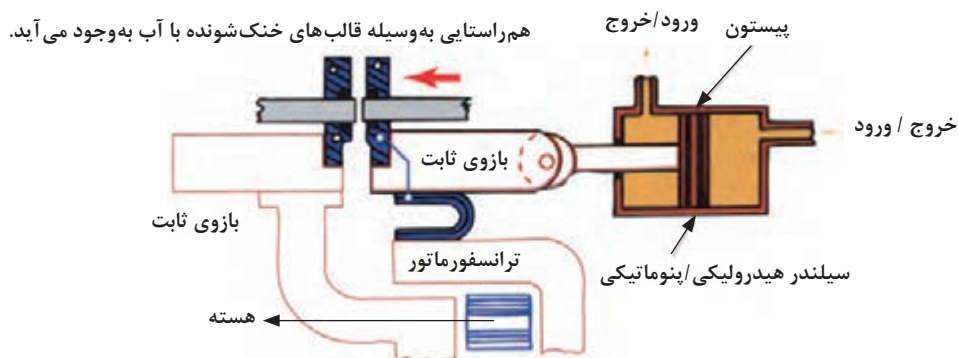
شکل ۲۰- جوش واژگونه سربه‌سر

سطح مقطع فلزهای مورد جوشکاری واقع شده، باید کاملاً تمیز باشد و دقیقاً در یک راستا قرار گیرند. به وسیله فک‌ها هر دو قطعه به‌طور سربه‌سر به هم فشرده می‌شوند و شدت جریان زیادی از یک فک به فک دیگر، انتقال می‌یابد و چون بین سطوح دو قطعه، مقاومت وجود دارد، لذا در این قسمت انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و ناحیه به هم جفت شده، به‌صورت خمیری شکل درآمده، در اثر فشار فک‌ها دو قسمت به یکدیگر جوش می‌خورند. (upset) این برآمدگی در زمانی شکل می‌گیرد که شدت جریان عبور می‌کند و بعد از این که شدت جریان متوقف گردید، دو فلز به هم جوش خورده، پس از یک زمان بسیار کوتاه، به یک قطعه یک پارچه تبدیل می‌شوند و پس از آن، فشار از روی فک‌ها برداشته می‌شود. کاربرد این روش در قطعات ضخیم است مانند جوش لوله به‌طور سربه‌سر - مفتول‌ها - میله - تسمه بادامک‌های زنجیر - میل‌لنگ و

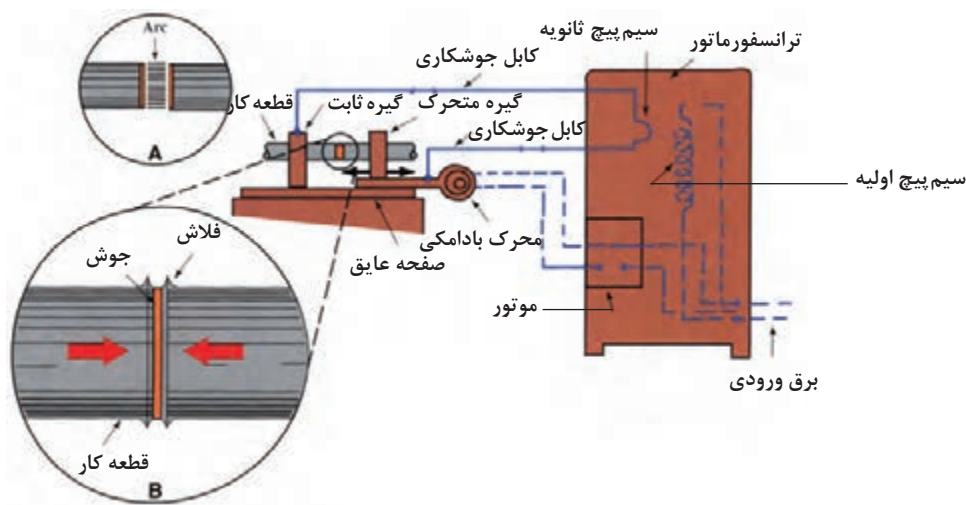
فلاش جوش (FW) Flash Welding

فلاش جوش یکی از انواع روش‌های جوش مقاومتی است که کاربرد آن در جوشکاری فلزات به‌صورت سربه‌سر مانند روش جوش واژگونه است.

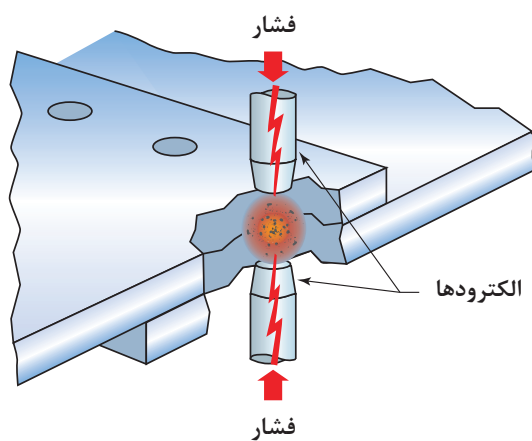
در این روش انتهای دو فلزی که باید به هم جوش بخورند، نیاز به تمیز کردن و یا ماشین کردن ندارد. قطعات را در دو فک دستگاه قرار می‌دهند. یکی از فک‌ها متحرک و دیگری ثابت است. به هنگام شروع جوشکاری، دو قطعه را به‌طور بسیار مختصر به هم تماس می‌دهند. حرارت موردنیاز جوشکاری وقتی ایجاد می‌شود که شدت جریان زیادی از یک قطعه به قطعه دیگر برود. در اثر ناهمواری سطوح دو قطعه (که به‌طور مختصر با هم تماس دارند)، مقاومت بسیار زیادی ایجاد می‌شود و مابین دو سطح فلز، حرارت تولید می‌گردد. در اثر خشن بودن و ناهمواری دو سطح یک قوس بین آنها ایجاد می‌شود که این روش را، «فلاش جوش» می‌نامند. این قوس کوچک حرارت نیز حرارت را به دو سطح می‌دهد. در زمانی که قوس برقرار است، دو قطعه را به‌طور آهسته به طرف یکدیگر حرکت می‌دهند (با فشار کم) و هنگامی که سطح دو فلز به نقطه ذوب رسید، شدت جریان قطع می‌شود و هم‌زمان، فشار خیلی زیادی به دو قطعه اعمال می‌شود. معمولاً فشار به‌وسیله سیلندرهای پنوماتیکی یا هیدرولیکی مطابق شکل ۲۱ و گاهی اوقات از طریق یک موتور و بادامک اعمال می‌شود (شکل ۲۲).



شکل ۲۱- یک دستگاه فلاش جوش پنوماتیکی



شکل ۲۲- یک دستگاه فلاش جوش موتور و بادامکی



شکل ۲۳- روش اتصال با نقطه جوش

اندازه و شکل نقطه جوش جوش ایجاد شده در فصل مشترک دو قطعه با اندازه نوک الکتروود قابل کنترل می باشد.

تجهیزات فرایند نقطه جوش

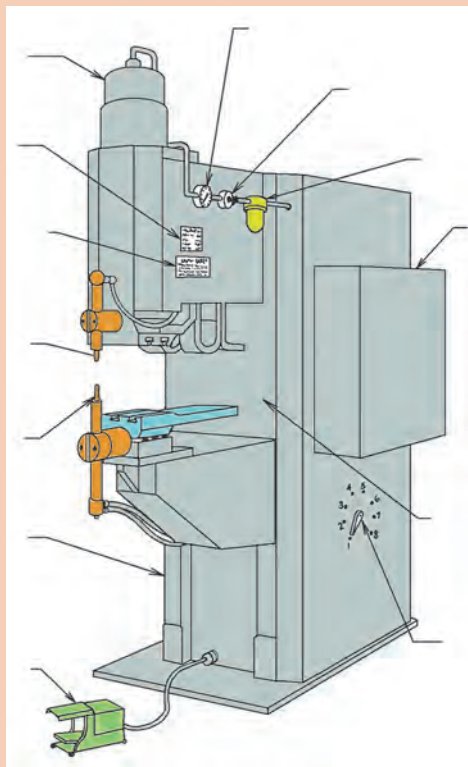
دستگاه نقطه جوش براساس نوع کاربرد در شکل و ابعاد مختلفی ساخته می شود که برخی از متداول ترین نوع از این دستگاه ها در شکل های ۲۴ نشان داده شده است.



شکل ۲۴- انواع دستگاه نقطه جوش



بخش‌های مختلف یک دستگاه نقطه جوش در شکل ۲۵ نشان داده شده است. با توجه به مطالب فرا گرفته شده، قسمت‌های مختلف را با شماره‌های داده شده مشخص کنید.



- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| ۱ پدال نقطه جوش | ۸ درجه فشار هوا |
| ۲ قاب دستگاه | ۹ پیچ تنظیم فشار هوا |
| ۳ الکترود پایینی | ۱۰ سیلندر فشار هوا |
| ۴ الکترود بالایی | ۱۱ جعبه کنترل پارامترها |
| ۵ مشخصات دستگاه | ۱۲ ترانسفورماتور |
| ۶ جعبه نیرو الکترود | ۱۳ کلید تنظیم ترانسفورماتور |
| ۷ سیلندر هوا | |

شکل ۲۵- اجزای دستگاه نقطه جوش

الکترود نقطه جوش

دسته‌بندی الکترودها براساس جنس

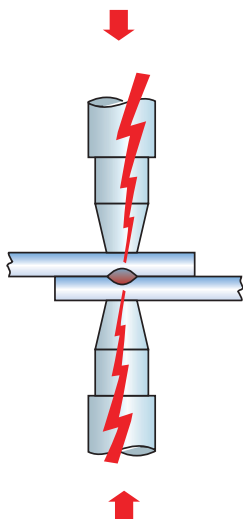
انجمن تولیدات جوشکاران مقاومتی RWMA نوک الکترود نقطه جوش را در دو گروه دسته‌بندی کرده است.

گروه A: جنس این گروه از الکترودها مس و آلیاژ مس می‌باشد.

نوع ۱، نوع ۲، نوع ۳، نوع ۴، نوع ۵

گروه B: جنس این گروه از الکترودها فلزات دیرگداز می‌باشد

نوع ۱۰، نوع ۱۱، نوع ۱۲، نوع ۱۳



شکل ۲۶- الکترود نقطه جوش

جدول ۲ تفاوت بین این دو گروه از الکترودها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تفاوت الکترودهای نقطه جوش

گروه	نوع	مواد	هدایت در مقایسه با مس خالص	ویژگی
A	۱	مس، مس و کروم، مس و زیرکونیوم	۵ درصد از هدایت مس خالص	با افزایش میزان عناصر آلیاژی، استحکام افزایش، هدایت الکتریکی و حرارتی کاهش می‌یابد.
	۲	کروم، مس و زیرکونیوم	۷۵ درصد از هدایت مس خالص	
	۳	مس و آلیاژ برلیوم درصد پایین	۴۵ درصد از هدایت مس خالص	
	۴	مس و آلیاژ برلیوم درصد بالا	۲۰ درصد از هدایت مس خالص	
	۵	آلیاژ مس و آلومینیوم	۷۵ درصد از هدایت مس خالص	
B	۱۰	آلیاژ مس و فلزات دیرگداز	۴۵ درصد از هدایت مس خالص	با افزایش میزان عناصر آلیاژی، استحکام افزایش می‌یابد.
	۱۱		۳۰ درصد از هدایت مس خالص	
	۱۲		۲۹ درصد از هدایت مس خالص	
	۱۳		۲۸ درصد از هدایت مس خالص	

کار کلاسی



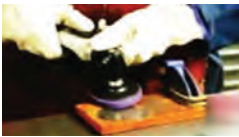
جدول دسته‌بندی الکترودها از لحاظ شکل ظاهری را نشان می‌دهد. کاربرد آنها را بنویسید.

F	R	DR	P	E	علامت الکتروود
تخت	شعاعی	گنبدی	مخروطی	خارج از مرکز	نوع الکتروود
					شکل
.....	.....	.....	.....	.....	کاربرد

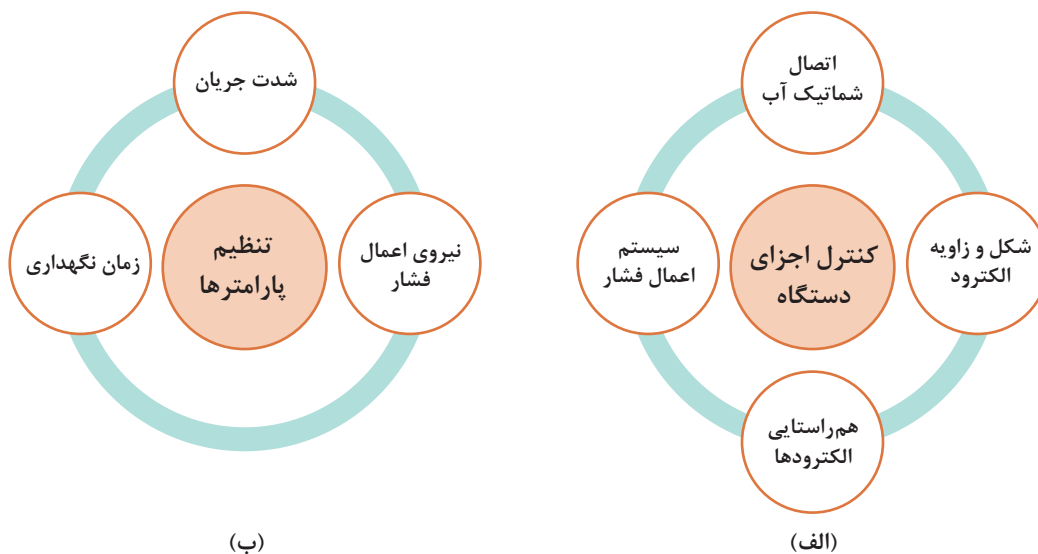
روش اجرای نقطه جوش

برای اتصال قطعات فلزی به یکدیگر با فرایند نقطه جوش به صورت زیر عمل می شود:
آماده سازی ورق: قبل از جوشکاری سطوح قطعات فلزی باید از هرگونه آلودگی پاک شود.
در جدول زیر روش های تمیزکاری شرح داده شده است.

جدول ۳

روش حذف و تمیزکاری	تصویر	اثر مخرب در جوش	نوع لایه مزاحم
تمیزکاری با برس یا سنباده		افزایش شدت جریان چسبیدن الکتروده به قطعه آلوده شدن سطح الکتروده	اکسید سطحی
تمیزکاری با پارچه یا حلال شیمیایی		ایجاد حباب در جوش	چربی
تمیزکاری شیمیایی یا مکانیکی		نقطه جوش ضعیف ظاهر نامناسب جوش	رنگ

تنظیم و راه اندازی دستگاه: مراحل تنظیم و راه اندازی دستگاه نقطه جوش در شکل ۲۷ نشان داده شده است.



شکل ۲۷



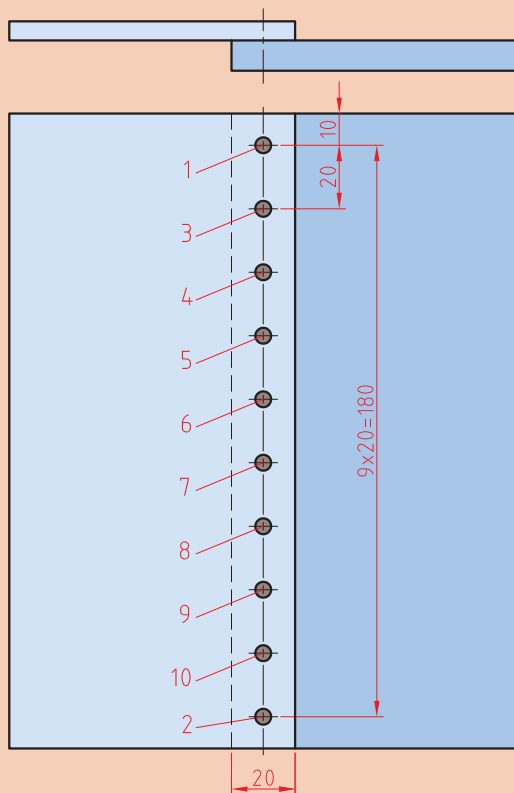
اتصال دو ورق به صورت لب روی هم با فرایند نقطه جوش

شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $200 \times 50 \times 0.8$ میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه روبه رو را بر روی آن پیاده کنید.

مراحل انجام کار

- ☐ برشکاری ورق
- ☐ نشانه گذاری محل نقطه جوش
- ☐ اجرای نقطه جوش
- ☐ تمیزکاری سطح قطعه
- ☐ کنترل کیفی نقطه جوش ها



جدول زیر را تکمیل، تجهیزات و ابزار موردنیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	نام ابزار	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		



- ☐ در هنگام کار با دستگاه جوش مقاومتی موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- ☐ برای پیشگیری از سوختگی و بریدگی از دستکش و پیش بند چرمی استفاده کنید.
- ☐ از عینک شفاف برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه استفاده کنید.



اتصال دو قطعه به صورت لب روی هم

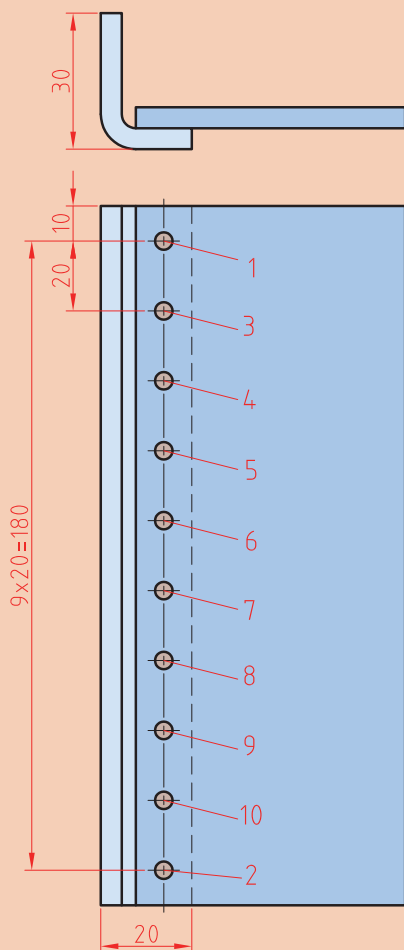
شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $200 \times 50 \times 0.8$ میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه روبه رو را بر روی آن پیاده سازی کنید.

محل اجرای نقطه جوش ها را خط کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

مراحل انجام کار

- ☐ برشکاری ورق
- ☐ نشانه گذاری محل نقطه جوش
- ☐ اجرای نقطه جوش
- ☐ تمیزکاری سطح قطعه
- ☐ کنترل کیفی نقطه جوش ها



جدول زیر را تکمیل، تجهیزات و ابزار مورد نیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	نام ابزار	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		



- ❑ در هنگام کار با دستگاه جوش مقاومتی موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- ❑ برای پیشگیری از سوختگی و بریدگی از دستکش و پیشبند چرمی استفاده کنید.
- ❑ از عینک شفاف برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه استفاده کنید.



مدیریت مواد دور ریختنی



اتصال سربه سر دو ورق (پل‌واره)

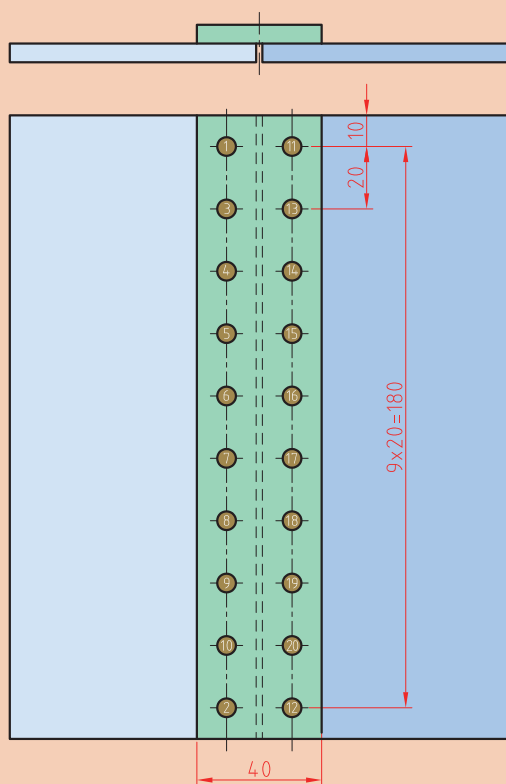
شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $200 \times 50 \times 8$ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه روبه‌رو را بر روی آن پیاده کنید. محل اجرای نقطه جوش‌ها را خط‌کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

مراحل انجام کار

- ❑ برشکاری ورق
- ❑ نشانه‌گذاری محل نقطه جوش
- ❑ اجرای نقطه جوش
- ❑ تمیزکاری سطح قطعه
- ❑ کنترل کیفی نقطه جوش‌ها

جدول زیر را تکمیل، تجهیزات و ابزار موردنیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.



نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	نام ابزار	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		



- در هنگام کار با دستگاه جوش مقاومتی موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- برای پیشگیری از سوختگی و بریدگی از دستکش و پیشبند چرمی استفاده کنید.
- از عینک شفاف برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه استفاده کنید.



مدیریت مواد دور ریختنی



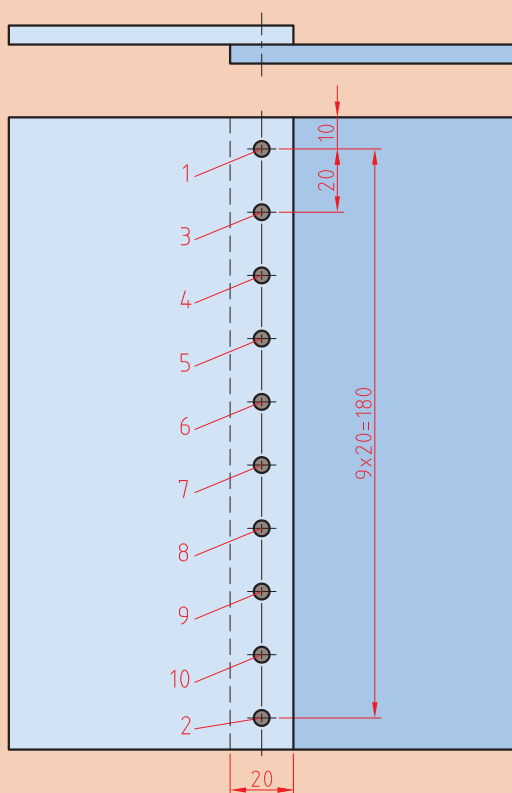
اتصال یک ورق نازک به یک ورق ضخیم در حالت لب روی هم

شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $200 \times 50 \times 0.8$ و $200 \times 50 \times 3$ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه روبه‌رو را بر روی آن پیاده کنید. برای اجرای این تمرین یکی از الکترودها را مخروطی و دیگری را تخت استفاده نمایید. محل قرارگیری الکترودها را با سنبه‌نشان مشخص کنید.

مراحل انجام کار

- برشکاری ورق
 - نشانه گذاری محل نقطه جوش
 - اجرای نقطه جوش
 - تمیزکاری سطح قطعه
 - کنترل کیفی نقطه جوش‌ها
- جدول زیر را تکمیل، تجهیزات و ابزار موردنیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.



نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	نام ابزار	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		



- ❑ در هنگام کار با دستگاه جوش مقاومتی موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- ❑ برای پیشگیری از سوختگی و بریدگی از دستکش و پیشبند چرمی استفاده کنید.
- ❑ از عینک شفاف برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه استفاده کنید.



مدیریت مواد دور ریختنی



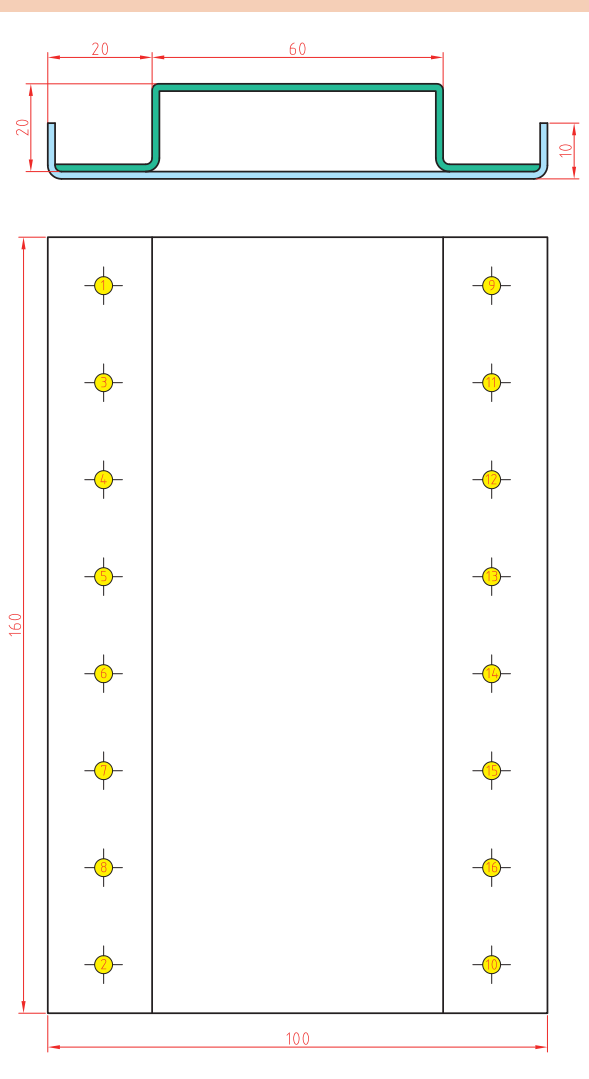
اتصال پل با فرایند نقطه جوش

شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $۱۶۰ \times ۱۲۰ \times ۱$ و $۱۶۰ \times ۱۴۰ \times ۰/۸$ میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه روبه رو را بر روی آن پیاده کنید. نقشه نشان داده شده، پل در کمد می باشد. به جای الکتروود پایینی از قالب مسی صاف به ابعاد ۲۰×۲۰ استفاده شود تا در سمت زیرین کار که در معرض دید مشتری است اثر نقطه ها مشخص نشود.

مراحل انجام کار

- ❑ برشکاری ورق
- ❑ نشانه گذاری محل نقطه جوش
- ❑ اجرای نقطه جوش
- ❑ تمیزکاری سطح قطعه
- ❑ کنترل کیفی نقطه جوش ها



جدول زیر را تکمیل، تجهیزات و ابزار موردنیاز را از انباردار محترم دریافت نمایید.

نام و نام خانوادگی هنرجو:		
تاریخ تحویل وسایل:		پایه:
ردیف	نام ابزار	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		

- ☐ در هنگام کار با دستگاه جوش مقاومتی موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- ☐ برای پیشگیری از سوختگی و بریدگی از دستکش و پیش بند چرمی استفاده کنید.
- ☐ از عینک شفاف برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه استفاده کنید.

نکات ایمنی



نکات زیست محیطی



مدیریت مواد دور ریختنی

شرح کار:

اجرای نقطه جوش مقاومتی

استاندارد عملکرد:

اتصال دو قطعه فلزی به روش جوش مقاومتی نقطه‌ای براساس استاندارد AWS

شاخص‌ها:

- انتخاب الکتروود
- تمیزکاری
- اتصال محکم دو قطعه با کمترین تلرانس دکمه جوش برابر دستورالعمل
- شناسایی عیوب

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

کارگاه مجهز به تهویه و تجهیزات ایمنی و سرمایش و گرمایش مناسب
دستگاه نقطه جوش - سنگ فرز موازی - قطعه کار - برس سیمی - میز کار مخصوص - نقشه کار
زمان: ۲ ساعت

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	اجرای نقطه جوش	۲	
۳	کنترل نهایی	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:*			
انجام کارها با حداقل نظارت - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه‌های جوشکاری مقاومتی - توجه به نکات زیست‌محیطی - دقت در پیشگیری از برق گرفتگی			
میانگین نمرات**			

* شایستگی‌های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی‌های فنی و مستمر است.
** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

واحد یادگیری ۲

کنترل استحکام نقطه جوش

آیا تا به حال پی برده‌اید؟

- جوش‌های ایجاد شده به روش نقطه جوش باید تست استحکام روی آنها انجام شود.
- برای ارزیابی استحکام نقطه جوش از روش‌های تست مخرب می‌توان استفاده کرد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود تا عوامل مؤثر بر جوش‌پذیری مقاومتی فلزات متفاوت را دسته‌بندی نموده و آزمون‌های ارزیابی کیفیت اتصال نقطه جوش و بررسی آن را انجام دهند.

عوامل تأثیرگذار بر جوش پذیری آلیاژها

همه فلزات قابلیت جوش پذیری یکسان ندارند و جوش پذیری مقاومتی فلزات متفاوت می باشد، برخی از فلزات را می توان به راحتی با جوش مقاومتی به هم متصل کرد، اما برای تعدادی دیگر با دشواری مواجه هستیم. عوامل مؤثر بر جوش پذیری مقاومتی در شکل ۲۸ نشان داده شده است.

عوامل مؤثر بر جوش پذیری مقاومتی



شکل ۲۸

با توجه به جدول زیر، ورق ها را از لحاظ مقاومت الکتریکی دسته بندی کنید.
جدول ۴- عوامل تأثیرگذار بر جوش پذیری آلیاژهای مختلف

کار کلاسی



مقاومت الکتریکی				
			بالا (۳ امتیاز)	جنس ورق
		✓		قلع اندود
		✓		گالوانیزه
		✓		روغنی
✓				آلومینیوم
✓				برنج
			✓	استیل
سهولت خمیری شدن				
		✓		قلع اندود
		✓		گالوانیزه
		✓		روغنی
			✓	آلومینیوم
			✓	برنج
	✓			استیل
سهولت از لحاظ عدم وجود لایه های سطحی				
	✓			قلع اندود
	✓			گالوانیزه
			✓	روغنی
✓				آلومینیوم
		✓		برنج
	✓			استیل



امتیازات هر ورق را از کار کلاسی قبلی به جدول زیر منتقل نموده و جدول را تکمیل کنید. به نظر شما جوش پذیری چه آلیاژهایی خوب است؟ کدام آلیاژها به سختی جوشکاری می شوند؟

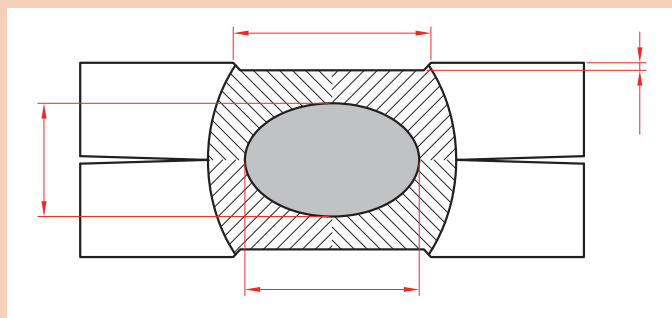
جدول ۵- مقایسه جوش پذیری آلیاژهای مختلف

جنس ورق	مقاومت الکتریکی	خمیری شدن	لایه محافظ	جمع امتیاز	جوش پذیری
قلع اندود					
گالوانیزه					
روغنی					
آلومینیوم					
برنج					
استیل					

- اگر امتیاز به دست آمده کمتر از ۵ شود ← جوش پذیری ضعیف است.
 اگر امتیاز به دست آمده بین ۵ تا ۷ شود ← جوش پذیری متوسط است.
 اگر امتیاز به دست آمده ۷ و بیشتر از ۷ شود ← جوش پذیری خوب است.



شکل ۲۹ نواحی مختلف دو فلز که با فرایند نقطه جوش به یکدیگر متصل شده اند را نشان می دهد.



شکل ۲۹- نواحی مختلف اتصال نقطه جوش

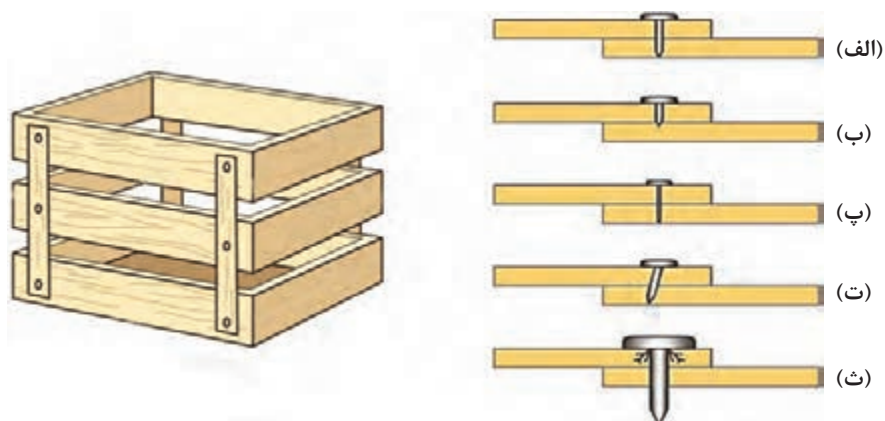
با توجه به جدول ۶ هر منطقه را بر روی جدول مشخص کنید.

جدول ۶

منطقه	نام منطقه	توضیحات
الف	فلز جوش	به منطقه بین دو ورق فلزی گفته می‌شود که در اثر مقاومت الکتریکی ذوب و سپس منجمد شده است.
ب	قطر دکمه جوش	به طول فلز جوش گفته می‌شود.
پ	منطقه متأثر از گرما	ناحیه‌ای است که در اثر جوشکاری داغ شده ولی ذوب نشده است.
ت	عمق فرو رفتگی	عمق فرو رفتگی ناشی از فشار الکتروود بر سطح ورق
ث	عرض منطقه فرو رفتگی	اندازه عرض ناحیه‌ای از سطح ورق که در اثر فشار الکتروود فرو رفته است.
ج	عمق جوش	ضخامت فلز جوش
چ	فلز جوش	قطعه کار

کنترل کیفی اتصال نقطه جوش

به شکل ۳۰ نگاه کنید. برای ساخت جعبه چوبی کدام میخ مناسب‌تر است و اتصال مقاوم‌تری ایجاد می‌کند؟ سایر میخ‌ها چه مشکلی دارند؟

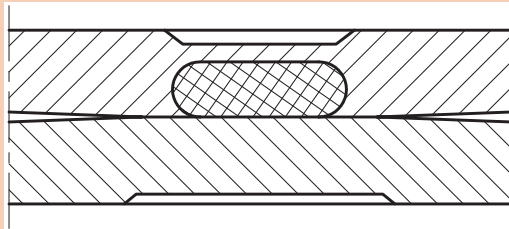


شکل ۳۰- مقطع نقطه جوش‌های مختلف

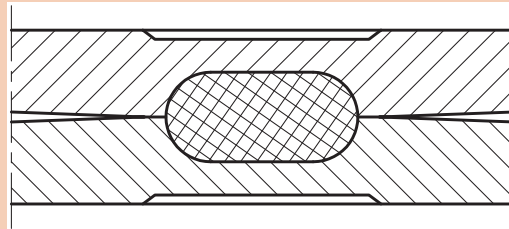
مناسب بودن اندازه و ابعاد میخ در مقاومت اتصال بسیار مهم است. در نقطه جوش نیز برای اتصال دو ورق، ابعاد و اندازه دکمه جوش بسیار مهم است.



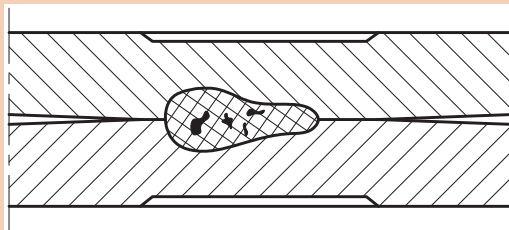
کدام یک از اتصالات بیانگر یک اتصال مناسب است؟



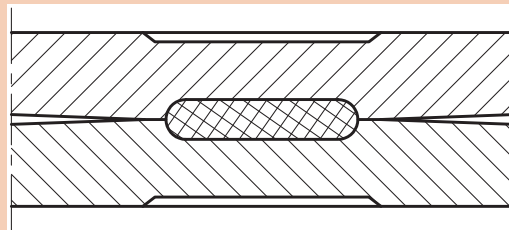
(ب)



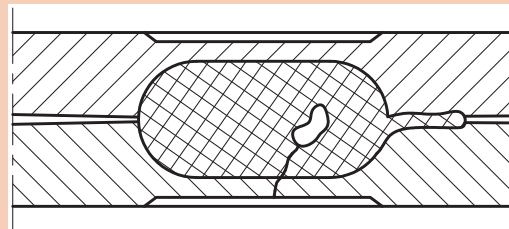
(الف)



(ت)



(پ)



(ث)

شکل ۳۱

آزمون‌های ارزیابی کیفیت اتصال

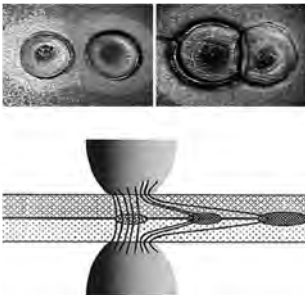
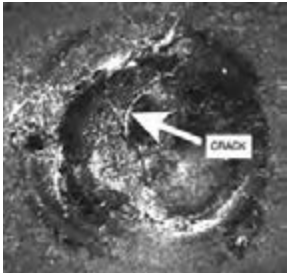
ارزیابی کیفیت اتصال نقطه جوش معمولاً به دو روش انجام می‌شود:

■ بازرسی چشمی

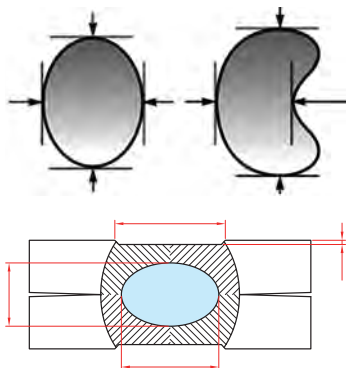
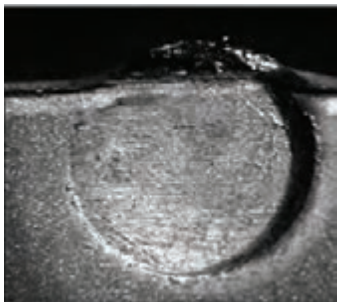
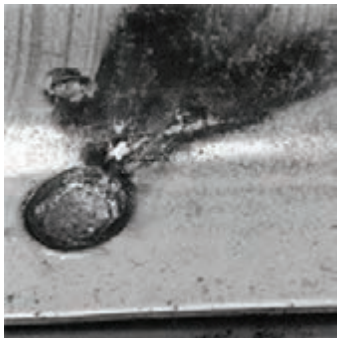
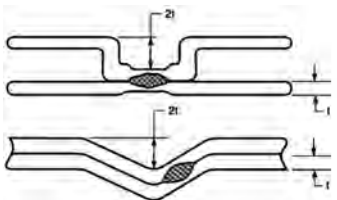
■ آزمون‌های مکانیکی

پس از انجام جوشکاری باید به کمک ابزارهای اندازه‌گیری شکل و ابعاد نقطه جوش مورد بازرسی قرار گیرد و سلامت یا معیوب بودن آن مشخص گردد. در جدول ۷ برخی از عیوب متداول نقطه جوش به همراه حدود پذیرش آنها نشان داده شده است.

جدول ۷- انواع عیوب جوش در نقطه جوش

نوع عیب	دلیل ایجاد	شکل	راه کنترل	حد پذیرش
روی هم افتادگی دکمه‌ها و فاصله کم بین آنها	عدم رعایت حداقل فاصله جوش‌ها		رعایت حداقل فاصله متناسب با قطر دکمه جوش	حدود موجود در جدول ۱
فرو رفتگی	فشار بیش از حد، شدت جریان زیاد و زمان زیاد		کنترل و تنظیم پارامترهای جوشکاری	$\frac{\text{قطر بزرگ‌تر}}{\text{قطر کوچک‌تر}} < 0.3$
آلوده شدن سطح الکترودها	فشار کم و جریان زیاد، جنس نامناسب الکتروده، عدم تناسب بین فشار، جریان و پهن بودن نوک الکتروده		فشار کم و جریان زیاد، جنس نامناسب الکتروده، عدم تناسب بین فشار، جریان و پهن بودن نوک الکتروده	غیرمجاز
ترک و حفره	چرب بودن بیش از حد ورق ذوب شدن نوک الکتروده و آلوده کردن حوضچه شدت جریان بالا حذف فشار قبل از تکمیل انجماد		چرب بودن بیش از حد ورق، ذوب شدن نوک الکتروده و آلوده کردن حوضچه شدت جریان بالا و حذف فشار قبل از تکمیل انجماد	غیرمجاز

جدول ۸- انواع عیوب جوش در نقطه جوش

نوع عیب	دلیل ایجاد	شکل	راه کنترل	حد پذیرش
دکمه نامتقارن	فاصله مناسب تا لبه الکتروده، عدم رعایت نوک غیرمتقارن ورق و نقطه هم جوار		جوش ها و فاصله تا لبه رعایت فاصله بین دکمه تنظیم و کنترل گیره ها آماده سازی نوک الکتروده، کنترل هم راستایی الکترودها	$\frac{\text{قطر بزرگ تر}}{\text{قطر کوچک تر}} < 2$
سوختن لبه ورق	نزدیکی بیش از حد دکمه به لبه ورق		رعایت فاصله از لبه ورق	$S > 6/5$ فاصله
ذوب شدن و سوختن ورق	فشار کم الکتروده، ناهماهنگی بین پارامترها، کثیف بودن سطح ورق		تنظیم زمان، فشار و جریان تمیزکاری سطح ورق کنترل شدت جریان و زمان	در سطوح قابل مشاهده مورد قبول نمی باشد.
پیچیدگی	محکم نبودن گیره ورق، عدم هم راستایی الکتروده و فشار بیش از حد		کنترل هم راستایی الکترودها، کنترل قید و بست ها و تنظیم فشار	عمق اعوجاج باید کمتر از دو برابر ضخامت باشد.

آزمون‌های مکانیکی

دو نمونه از پرکاربردترین آزمون‌های مکانیکی نقطه جوش عبارت است از:

■ آزمون قلم و چکش

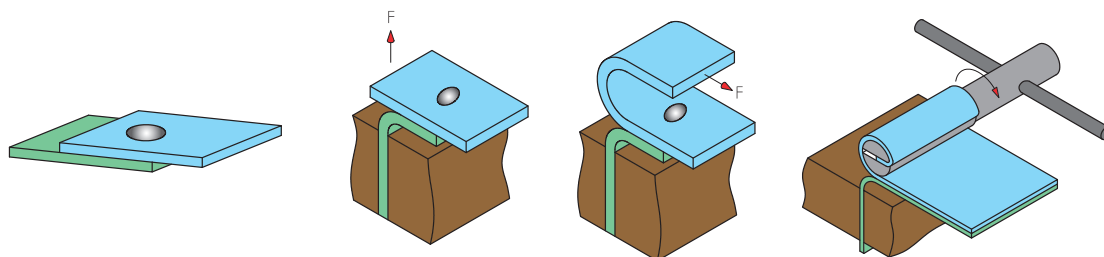
■ آزمون خم کاری

آزمون خم کاری در سه مرحله انجام می‌شود:

۱ خم کردن لبه یکی از ورق‌ها

۲ قرار دادن آن لبه درون گیره

۳ چرخاندن لبه ورق حول انبر دست تا جدا شدن کامل اتصال



شکل ۳۲- آزمون خم کاری



شکل ۳۳- نتیجه مطلوب آزمون

قبل از جدا شدن اتصال، دکمه جوش توسط چشم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شرایط جوش سالم عبارت است از:

۱ اتصال ورق جدا شده و در اصطلاح قلوه‌کن شده باشد (شکل ۳۳).

۲ قطر دکمه مطابق با جدول ۹ باشد.

جدول ۹- ابعاد دکمه جوش

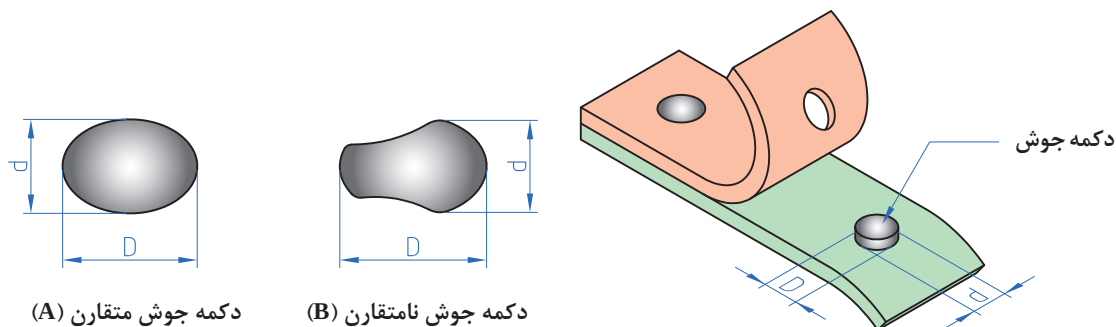
ضخامت ورق mm	حداکثر قطر مجاز mm	حداقل قطر مجاز mm	قطر مطلوب mm
۰/۴	۳/۵۰	۲/۵۰	۳/۲۰
۰/۵	۳/۹۰	۲/۸۰	۳/۵۰
۰/۶	۴/۳۰	۳/۱۰	۳/۸۰
۰/۷	۴/۶۰	۳/۳۰	۴/۲۰
۰/۸	۴/۹۰	۳/۶۰	۴/۵۰
۰/۹	۵/۲۰	۳/۸۰	۴/۷۰
۱	۵/۵۰	۴	۵
۱/۱	۵/۸۰	۴/۲۰	۵/۲۰
۱/۲	۶	۴/۴۰	۵/۵۰

ضخامت ورق ۴ = حداقل قطر مجاز

ضخامت ورق ۵/۵ = حداکثر قطر مجاز

ورق ضخامت ۵ = قطر مطلوب

در صورت گرد نبودن دکمه جوش می‌بایست از قطر متوسط به جای قطر دکمه جوش استفاده شود. نحوه محاسبه آن در شکل ۳۴ نشان داده شده است.



قطر بزرگ = D

قطر کوچک = d

$$\text{قطر متوسط دکمه جوش} = \frac{D + d}{2}$$

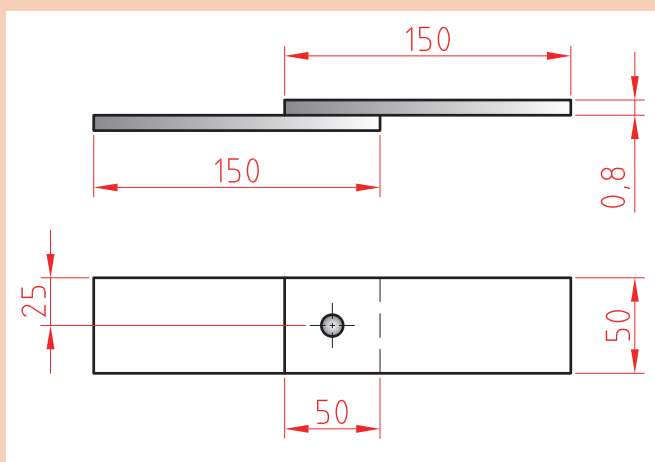
شکل ۳۴- محاسبه قطر متوسط دکمه جوش



آزمون خمش

شرح کار

دو قطعه ورق فولادی به ابعاد $۱۵۰ \times ۱۵۰ \times ۰/۸$ میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه زیر را بر روی آن پیاده سازی کنید.
محل اجرای نقطه جوش ها را خط کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.



مراحل انجام کار

- آماده سازی قطعات مطابق نقشه
- طبق نقشه در فصل مشترک، یک نقطه جوش بزنید.
- در جهت مخالف تحت خمش قرار دهید تا مشخص شود که نقطه استحکام کافی را دارد.
- نتیجه را به صورت آزمایش گزارش دهید.



- در هنگام کار با دستگاه موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
- برای پیشگیری از سوختگی و برندگی از دستکش و پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام برش کاری و آماده سازی ورق ها از انگشتان خود در برابر بریدگی حفاظت نمایید.
- هنگام جوشکاری از عینک محافظ شفاف استفاده نمایید.



- مدیریت مواد دور ریختنی
- استفاده از سیستم تهویه در جهت خروج بخارات

ارزشیابی شایستگی کنترل استحکام نقطه جوش

شرح کار: - آماده سازی دستگاه - آماده سازی الکترودهای نقطه جوش - انجام جوشکاری - عیب یابی و کنترل ابعاد																															
استاندارد عملکرد: کنترل عوامل مؤثر بر جوش پذیری مقاومتی فلزات متفاوت و آزمون های ارزیابی کیفیت اتصال نقطه جوش براساس استاندارد AWS																															
شاخص ها: - دسته بندی آلیاژها و جنس ورقه های جوش پذیر برابر استاندارد - انجام آزمون های مخرب و غیرمخرب برابر استاندارد - محاسبه قطر دکمه جوش از استاندارد - گزارش نویسی رد یا قبول قطعه برابر فرم																															
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه استاندارد جوشکاری مجهز به تجهیزات، جوشکاری نقطه ای ابزار و تجهیزات: دستگاه نقطه جوش، قطعات فلزی، قید و بند، متر، خط کش، کولیس، سوزن خط کش، سنبه نشان، چراغ قوه، سوهان و Tip dress، تجهیزات تست مخرب و غیرمخرب، نقشه کار، فرمت گزارش نویسی زمان: ۲ ساعت																															
معیار شایستگی: <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th><th>مرحله کار</th><th>حداقل نمره قبولی از ۳</th><th>نمره هنرجو</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td><td>معیارسنجی جوش پذیری فلزات</td><td>۱</td><td></td></tr> <tr> <td>۲</td><td>آزمون مخرب و غیرمخرب</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td>۳</td><td>گزارش نویسی</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">شایستگی های غیرفنی، ایمنی، توجهات زیست محیطی و نگرش:*</td><td>۲</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="4">استفاده از لوازم ایمنی کار فردی - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه نقطه جوش - توجه به نکات زیست محیطی</td></tr> <tr> <td colspan="4">میانگین نمرات**</td></tr> </tbody> </table>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	معیارسنجی جوش پذیری فلزات	۱		۲	آزمون مخرب و غیرمخرب	۲		۳	گزارش نویسی	۲		شایستگی های غیرفنی، ایمنی، توجهات زیست محیطی و نگرش:*		۲		استفاده از لوازم ایمنی کار فردی - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه نقطه جوش - توجه به نکات زیست محیطی				میانگین نمرات**			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																												
۱	معیارسنجی جوش پذیری فلزات	۱																													
۲	آزمون مخرب و غیرمخرب	۲																													
۳	گزارش نویسی	۲																													
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، توجهات زیست محیطی و نگرش:*		۲																													
استفاده از لوازم ایمنی کار فردی - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه نقطه جوش - توجه به نکات زیست محیطی																															
میانگین نمرات**																															
* شایستگی های غیرفنی تأثیر مستقیم در نمره واحد یادگیری ندارد؛ ولی شرط لازم برای محاسبه نمره شایستگی های فنی و مستمر است. ** حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.																															

- 1 برنامه درسی درس جوشکاری ترمیمی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و
کاردانش، ۱۴۰۳
- 2 Jeffus, Larry. Welding and Metal Fabrication. Cengage Learning, 2022
- 3 Welding Inspection Technology Fourth Edition - 2000

