

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ مَلِّ عَلَىٰ مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجَّلْ فَرَجَهُ مِنْ



اتصال ویژه مواد فلزی و غیر فلزی

رشته صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



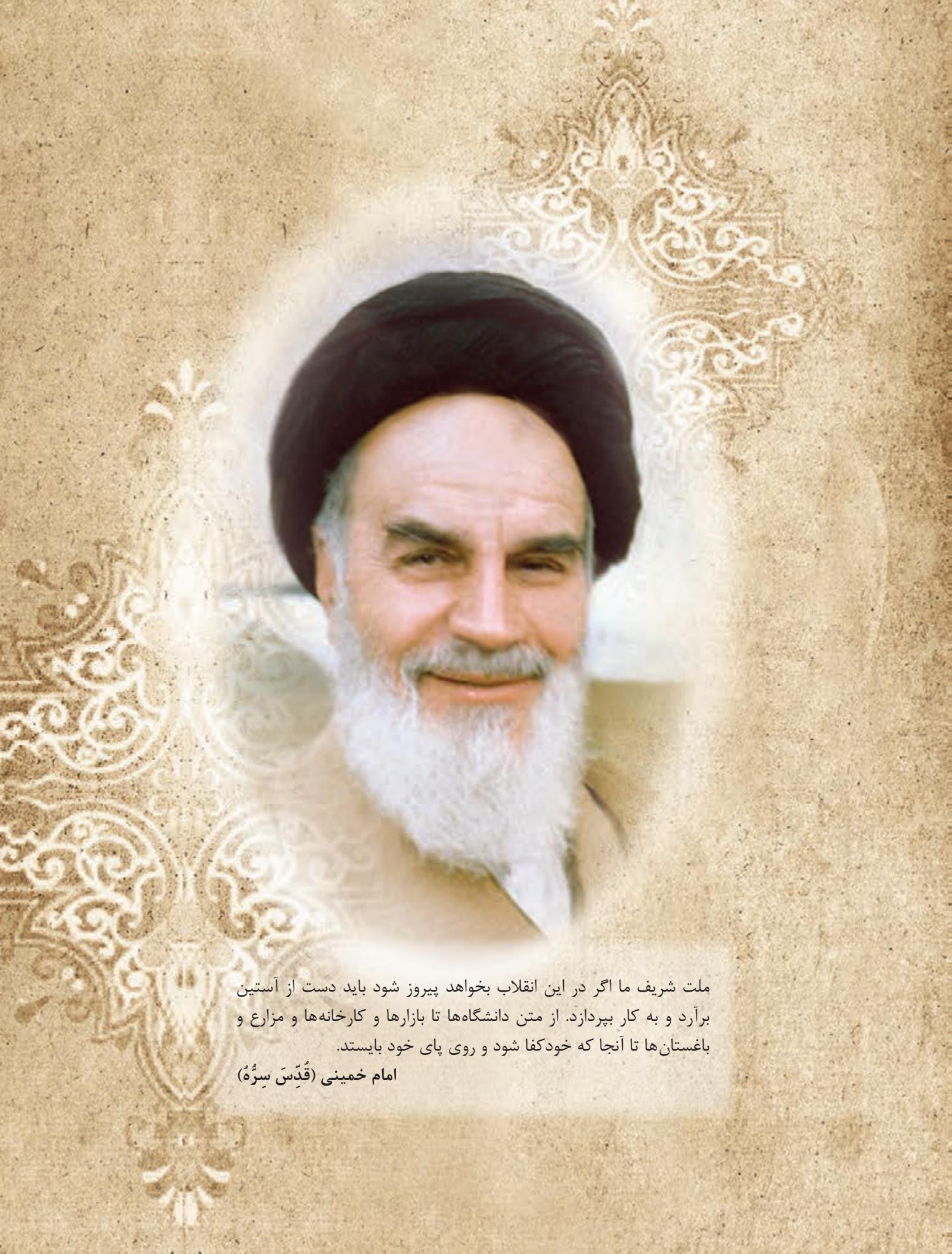


وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



اتصال ویژه مواد فلزی و غیر فلزی - ۲۱۲۴۱۰	نام کتاب:
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی	پدیدآورنده:
دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش	مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:
نصرالله بنی مصطفی عرب، بهرام زارعی، حمید تقی پور ارمکی، محسن آزموده، محمد رضا سلطان محمدی، حسن ضیغمی، حمید رضا شادی و علی رجایی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)	شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:
حمید تقی پور ارمکی، بهرام زارعی، حمید رضا شادی، علی موسوی، علی رجایی، المیرا نور انوار، حمید بختیاری و هادی روحی اصفهانی (اعضای گروه تألیف)	مدیریت آماده‌سازی هنری:
اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی	شناسه افزوده آماده‌سازی:
مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) - حسین وهابی (صفحه آرا) - مریم کیوان (طراح جلد)، سید مرتضی میر مجیدی (رسام فنی)	نشانی سازمان:
تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)	
تلفن: ۰۹۱۶۱۱۱۸۸۳، دورنگار: ۰۹۲۶۵۸۸۳۰، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹	
وب سایت: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir	
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج- خیابان ۶۱ (دارو پخش)	ناشر:
تلفن: ۰۹۱۶۱۵۸۸۵۴۹، دورنگار: ۰۹۲۶۵۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵	چاپخانه:
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهما می خاص»	سال انتشار و نوبت چاپ:
چاپ هفتم ۱۴۰۳	

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



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

فهرست

۱	پودمان ۱: جوشکاری توپودری
۳۳	پودمان ۲: لحیم کاری سخت
۷۱	پودمان ۳: جوشکاری گل میخ
۸۹	پودمان ۴: جوشکاری ترمیت
۱۱۱	پودمان ۵: جوشکاری پلاستیک‌ها
۱۴۵	منابع

سخنی با هنرجویان عزیز

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

- ۱- شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی جوشکاری گل میخ
 - ۲- شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
 - ۳- شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها
 - ۴- شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر
- بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر استاد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، ششمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته صنایع فلزی در پایه ۱۲ تألف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی کنید تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی اتصال ویژه مواد فلزی و غیرفلزی شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی

وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

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

سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعت به وبگاه رشتۀ خود با نشانی www.tvoccd.oerp.ir می‌توانید از عنوانین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی رائمه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های

فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید. رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است در انجام کارها جدی بگیرید. امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند می‌هن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و تغییرات سریع عصر فناوری و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشتۀ صنایع فلزی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دوازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیستمحیطی است. این کتاب جزوی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که 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. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنمای و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل براساس نمره ۵ پودمان بوده است. و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزمومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «جوشکاری توپودری» که ابتدا مفهوم جوشکاری با توپودری و سپس به تنظیم و راهاندازی دستگاه و تکنیک‌های جوشکاری اشاره شده است و در ادامه به روش جوشکاری با توپودری پرداخته می‌شود.

پودمان دوم: عنوان «لحیم‌کاری سخت» دارد، که در آن کاربرد و ویژگی‌های لحیم‌کاری در صنعت در ابتدا ذکر شده و در ادامه به اجرای لحیم‌کاری فلزات غیرآهنی و روش میگ بریزینگ پرداخته شده است.

پودمان سوم: دارای عنوان «جوشکاری گل میخ» است. در این پودمان ابتدا مفهوم فرایند گل میخ، کاربرد و روش‌های مختلف آن اشاره شد و در ادامه مهارت‌ها و تمرین‌های علمی مورد نیاز برای کسب این شایستگی ارائه شده است.

پودمان چهارم: «جوشکاری ترمیت» نام دارد. در این پودمان دانش و مهارت مورد نیاز برای اتصال دو قطعه فولادی با فرایند ترمیت آموزش داده شده است.

پودمان پنجم: «جوشکاری پلاستیک‌ها» نام دارد. در ابتدا کاربرد جوشکاری پلاستیک بیان شده است، در ادامه روش اجرای جوشکاری پلاستیک برای اتصال دو قطعه پلاستیکی ذکر شد.

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

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

جوشکاری توپو دری



فرایند FCAW ترکیبی از فرایندهای GMAW و SMAW می‌باشد که محدودیت‌های این دو روش را برطرف نموده است. یکی از محدودیت‌های SMAW عدم به کارگیری آن به صورت اتومات می‌باشد. فرایند GMAW نیز فرایندی است که با استفاده از سیم جوش‌های توپر (Solid) و گاز محافظت کاربردش در هوای آزاد به دلیل وزش باد با مشکلاتی همراه است علاوه بر این مزیت سیم جوش‌های توپو دری نسبت به سیم جوش‌های توپر، به کارگیری عناصر دلخواه در پودر این نوع سیم جوش‌ها می‌باشد.

واحد یادگیری ۱

جوشکاری توبودری (FCAW)

آیا تابه حال پی برد هاید؟

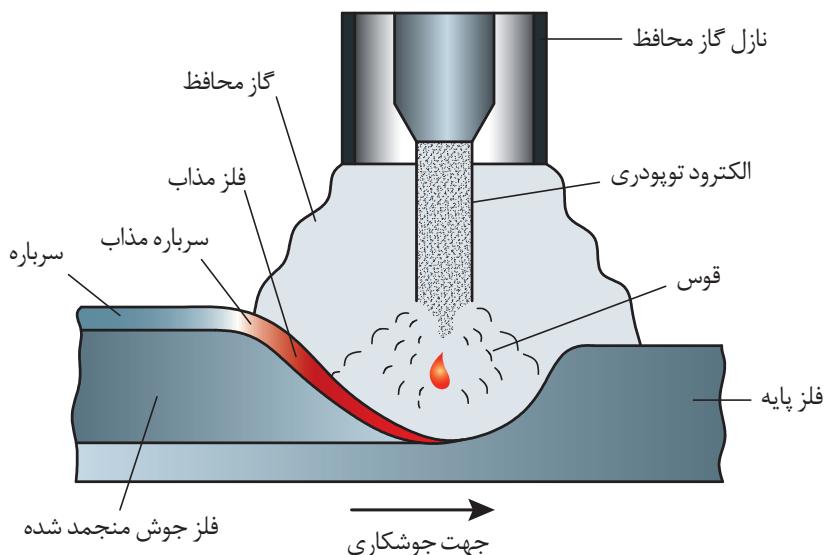
- برای موقعی که امکان دسترسی به پشت جوش برای محافظت وجود ندارد چه باید کرد؟
- برای جوشکاری آلیاژهای خاصی که سیم جوش های آن وجود ندارد چه باید کرد؟
- برای استفاده از مزیت های فرایند GMAW در هوای آزاد از چه فرایند دیگری می توان استفاده نمود؟
- برای استفاده از مزیت های فرایند GMAW و افزایش نرخ رسوب از چه فرایند دیگری می توان استفاده نمود؟

در درس جوشکاری و پوشش دهی با گاز محافظت با فرایند GMAW به طور کامل آشنا شده و شایستگی جوشکاری GMAW را کسب کرده اید. فرایند جوشکاری FCAW از لحاظ عملکرد مشابه با این فرایند می باشد، با این تفاوت که فلز پر کننده در این فرایند به صورت توخالی که از پودر پر شده است، می باشد. در این واحد یادگیری، ابتدا با فرایند جوشکاری توبودری و تفاوت آن با سایر فرایندهای قوسی آشنا شده، در ادامه مهارت های لازم برای تنظیم و راه اندازی دستگاه FCAW و شایستگی جوشکاری قطعات فولادی با این فرایند را کسب خواهید کرد.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری توبودری، هنرجویان قادر به تنظیم و راه اندازی دستگاه جوش FCAW و جوشکاری قطعات فولادی در وضعیت های مختلف بر اساس WPS خواهند بود.

جوشکاری قوسی توپو دری FCAW



شکل ۱- شماتیک منطقه قوس الکتریکی فرایند جوشکاری توپو دری

این فرایند برای جوشکاری فولادهای ساده کربنی، کم آلیاژی و زنگ نزن در صنایع مختلف مانند صنایع شیمیایی، کشتی سازی، پتروشیمی و... برای ساخت محصولاتی مانند مخازن تحت فشار و لوله ها به کار می رود.

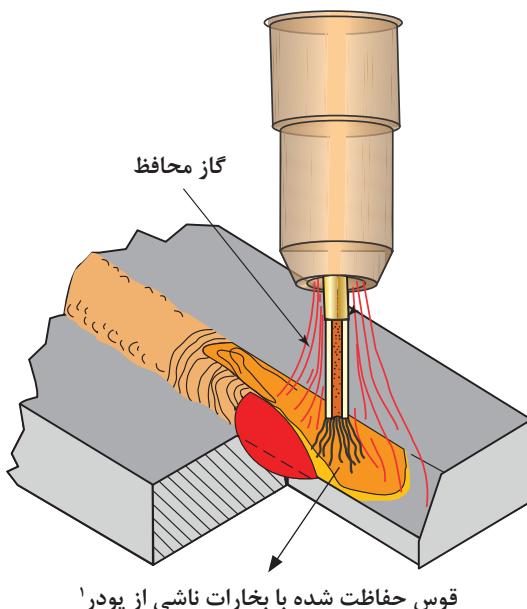


شکل ۲- کاربرد جوشکاری FCAW

طبقه‌بندی جوشکاری FCAW :

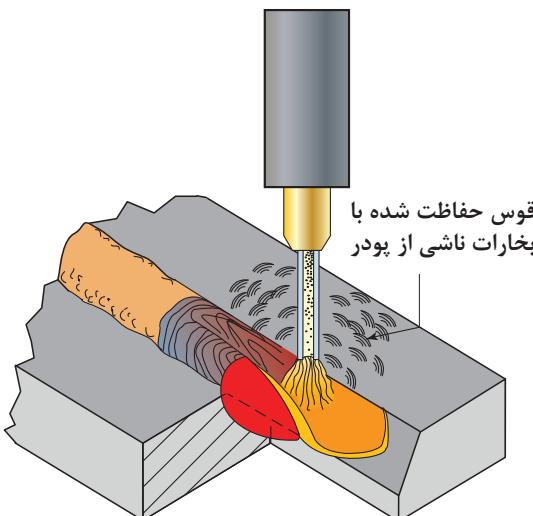
فرایند FCAW براساس روش حفاظت به دو گروه تقسیم می‌شود.

۱- **توپودری با گاز محافظ (FCAW-G)**: در این روش حفاظت از طریق گاز و پودر همزمان انجام می‌شود.



شکل ۳- فرایند FCAW با گاز محافظ

۲- **توپودری خود حفاظت (FCAW-S)**: در این روش از گاز محافظ خارجی استفاده نمی‌شود و صرفاً از گاز محافظ متصاعد شده از ترکیبات داخل سیم (پودر) استفاده می‌شود. در این حالت از سیم‌هایی استفاده می‌شود که حاوی مقادیری مواد اکسیژن‌زدا، نیتروژن‌زدا و پایدارکننده قوس باشد که پس از برقراری قوس، گازهای مخصوص کنترل اتمسفر را متصاعد می‌کنند و عمل حفاظت حوضچه را به خوبی انجام می‌دهند.



شکل ۴- فرایند FCAW بدون گاز محافظ

بررسی کلاسی

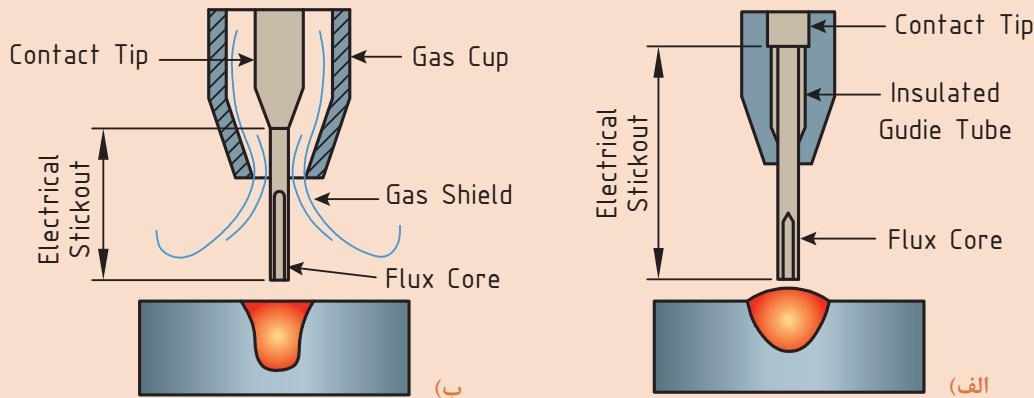


در روش FCAW-S برای جوشکاری آسان‌تر، می‌توان شعله پوش را جدا نمود، چرا؟

- ۱- (A) GAS - SHIELDED FLUX CORED ARC WELDING (FCAW - G)
- ۲- (B) SELF - SHIELDED FLUX CORED ARC WELDING (FCAW - S)



با توجه به شکل زیر، تفاوت‌های این دو روش را بیان کنید.



شکل ۵- فرایند جوشکاری توپودری، (الف) خود محافظ (ب) گاز محافظ

پاسخ:

این فرایند مشابه فرایند جوشکاری GMAW می‌باشد، با این تفاوت که به جای استفاده از سیم توپر از یک سیم توخالی که داخل آن از پودر پر شده است، استفاده می‌شود.

مزایا و محدودیت‌های جوشکاری توپودری

مزایا و معایب فرایند FCAW در جدول زیر بیان شده است.

جدول ۱- مزایا و معایب فرایند FCAW نسبت به GMAW

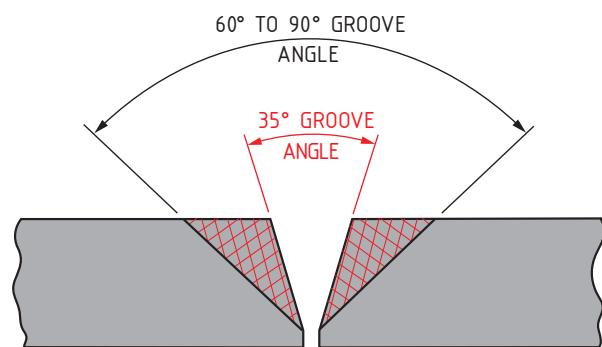
محدودیت‌ها	مزایا
۱- نیاز به تمیز کردن سرباره ۲- تولید دود و بخار بیشتر در حالت خود محافظ ۳- پاشش مذاب بیشتر	۱- نرخ رسوب بالاتر ۲- مناسب برای جوشکاری مقاطع ضخیم ۳- امکان جوشکاری در هوای آزاد در مدل خود حفاظت



به دلیل عمق نفوذ بالای این فرایند می‌توان از پخ‌سازی‌های با زاویه کمتر استفاده نمود که این امر باعث کاهش مصرف سیم جوش، افزایش سرعت و در نهایت کاهش هزینه می‌شود.

60° TO 90° GROOVE ANGLE

35° GROOVE ANGLE



تجهیزات فرایند FCAW

شکل ۶ قسمت‌های مختلف دستگاه جوشکاری FCAW را نشان می‌دهد.



شکل ۶- قسمت‌های مختلف دستگاه جوشکاری FCAW

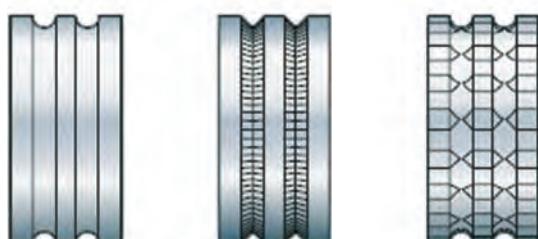
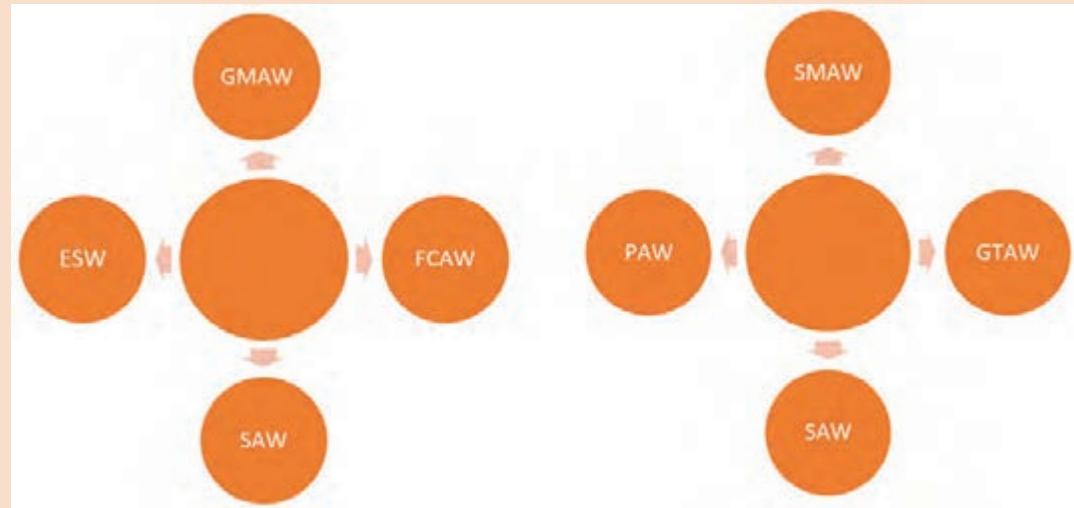
منبع تغذیه^۱:

در این فرایند از دستگاه ولتاژ ثابت (CV) با جریان مستقیم و قطبیت معکوس (DCRP) استفاده می‌شود، بنابراین قطب مثبت به تورج و قطب منفی به قطعه کار متصل می‌شود.

کارد کلاس



با توجه به فرایندها، مشخص کنید منابع تغذیه کدام دسته جزء ولتاژ ثابت و کدام دسته جزء جریان ثابت می‌باشد؟



شکل ۷- انواع غلتک‌های کشنده و کاربرد آنها

منبع تغذیه سیم جوش (Wire feeder): منبع تغذیه سیم فرایند FCAW مشابه فرایند GMAW می‌باشد با این تفاوت که غلتک‌های آن متنوع است.



شکل ۸- غلتک U شکل

غلتک‌های U شکل: بیشتر در سیم‌های با قطر کوچک که به راحتی له نمی‌شوند مورد مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۹- غلتک V شکل

غلتكهای آجدار V شکل: اغلب برای سیم‌های با قطر ۱/۶ (میلی‌متر) و بیشتر استفاده می‌شود. این غلتک‌ها به منظور جلوگیری از لغزش سیم، آج دار شده‌اند.

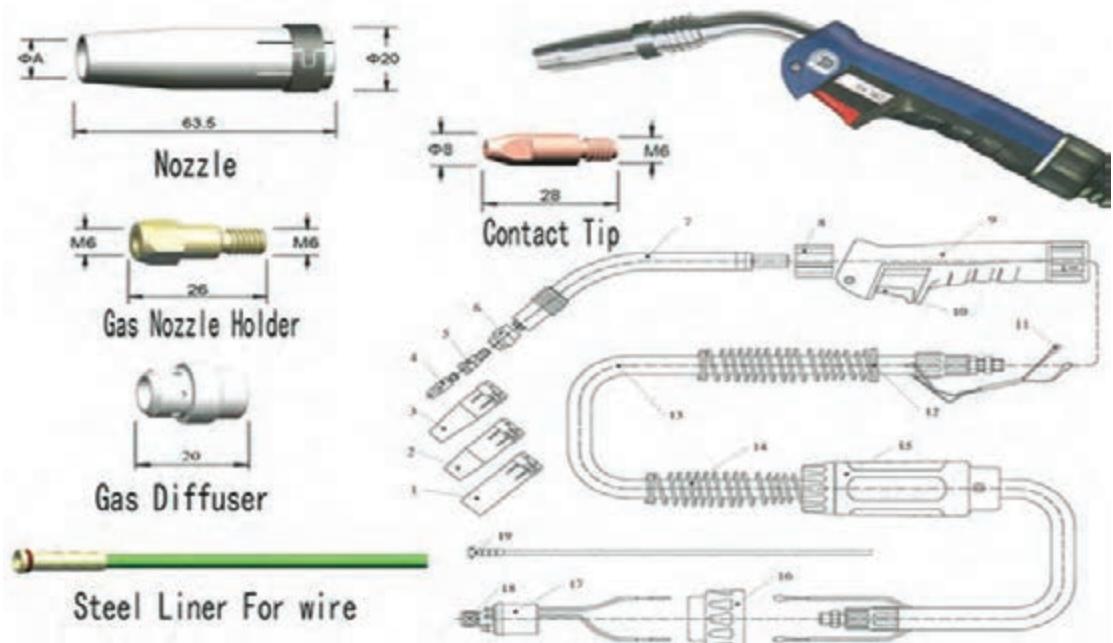


شکل ۱۰- غلتک‌های دندانه‌دار U شکل

غلتكهای دندانه‌دار U شکل: برای سیم‌های نرم با قطر بالا استفاده می‌شود و بسته به سرعت انتقال سیم، از نسبت دندنهای مختلف استفاده می‌شود.

تورج جوشکاری:

وظیفه تورج‌های جوشکاری هدایت سیم‌جوش و گاز محافظت به منطقه جوشکاری و انتقال جریان الکتریکی به الکترود است.



شکل ۱۱- مشعل جوشکاری توپو دری و متعلقات آن



با توجه به آموخته‌های خود در فرایند GMAW جدول زیر را تکمیل نمایید.

نام	کاربرد
نازل	
شعله پوش	
مانومتر	
کپسول گاز	

سیم توپودری (Flux Cored Wire)



سیم توپودری به شکل یک لوله بوده که داخل آن پودر قرار می‌گیرد.

این سیم به طور معمول از جنس فولاد کم کربن و یا آلیاژهای پایه نیکلی است که پودر داخل آن از عناصر آلیاژی به صورت فشرده شده می‌باشد.

شکل ۱۲- سپم توپودری (FCAW)

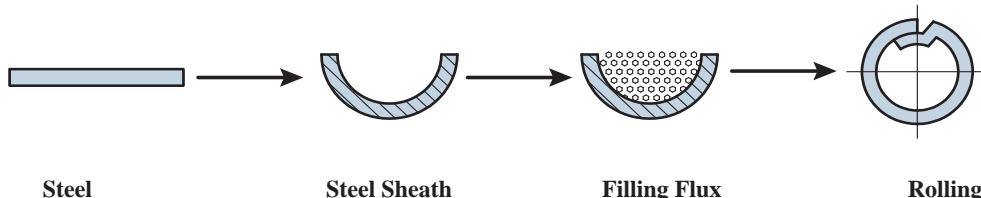
سیم‌های توپودری در قطرهای مختلفی وجود دارند. در جدول ۲ قطر سیم جوش‌های رایج مورد استفاده در فرایند FCAW و GMAW آورده شده است.

جدول ۲- قطر سیم جوش‌های رایج در فرایند FCAW و GMAW

قطر مناسب سیم جوش یا توجه به ضخامت قطعه کار مشخص می‌شود.

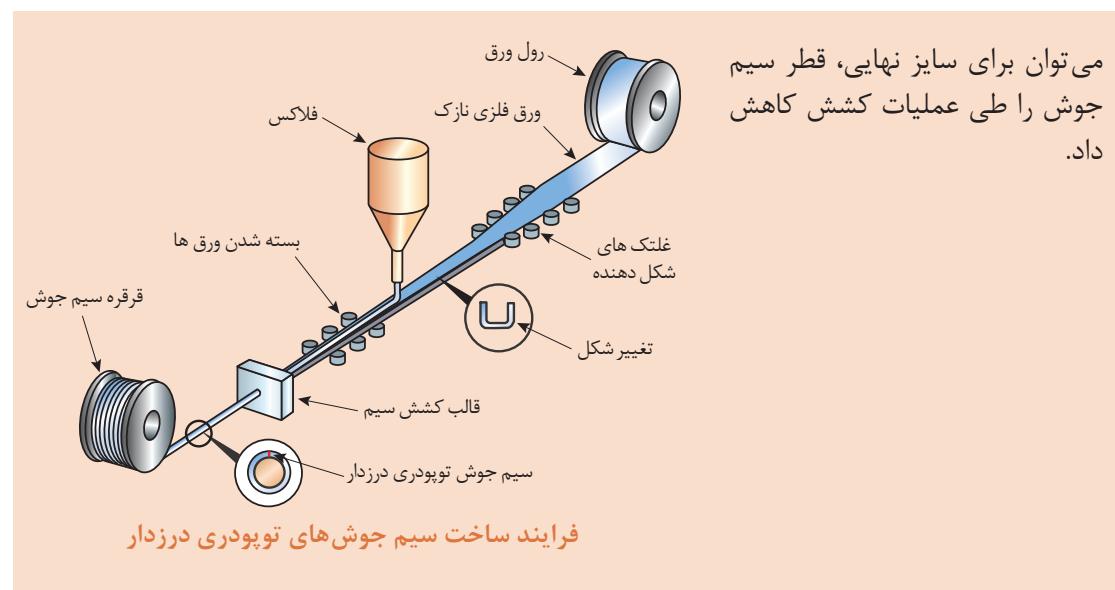
روش تولید سیم جوش توپودری:

روش‌های مختلفی برای تولید این سیم‌ها وجود دارد که در زیر به دو مورد از آنها اشاره شده است:



شکل ۱۳-مراحل تولید سیم جوش توپودری

الف) ابتدا یک تسمه فولاد کم کربن را با استفاده از غلتک‌های فرم دهنده به شکل U در می‌آورند و سپس پودر را درون آن ریخته و در ادامه مراحل شکل‌دهی تکمیل شده تا سطح مقطع آن به صورت O شکل تبدیل شود.



نکته

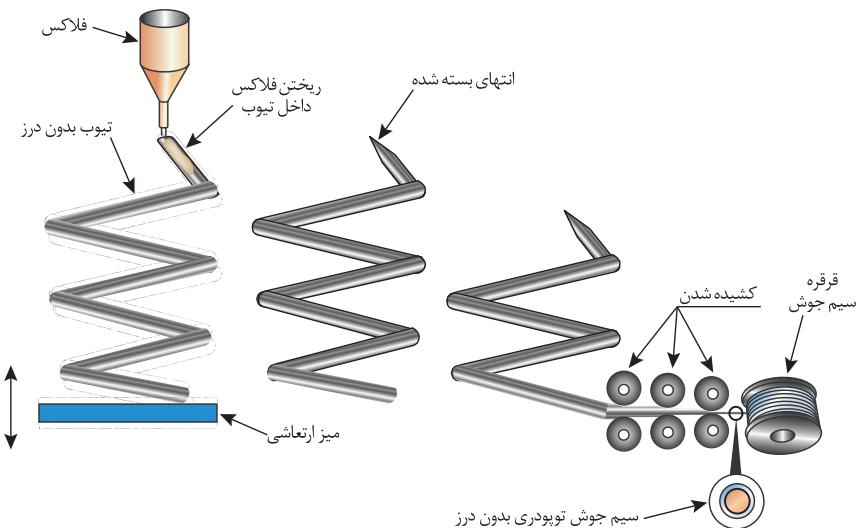


شکل ۱۴-سیم توپودری به صورت کلاف

در پایان، سیم جوش تولید شده به صورت کلاف دایره‌ای و یا قرقره در داخل پلاستیک‌های ضد رطوبت و در داخل جعبه‌های مقوای بسته‌بندی می‌شوند.

ب) لوله‌هایی با قطر زیاد توسط پودر فلزی و یا فلاکس پر شده و برای رسیدن به قطر نهایی کشیده می‌شوند. این سیم جوش‌ها بدون درز بوده و می‌توانند توسط مس پوشش داده شوند.

پودمان اول-جوشکاری توپودری



شکل ۱۵- فرایند ساخت سیم جوش های توپودری بدون درز

علاوه بر کیفیت سیم و جنس پودر، ریز و درشتی و یکنواختی پودر نیز دارای اهمیت است. شکل ۸ سطح مقطع سیم توپودری را نشان می‌دهد.

سیم جوش توپودری بدون درز		سیم جوش توپودری درزدار	
امکان تولید سیمهای کم هیدروژن	لوله ضخیم تر (روکش فلزی) ← مناسب برای جوشکاری اتوماتیک	نسبت پرشدن بیشتر ← جوش بدیری آسان تر	امکان جذب رطوبت
یکنواختی کامل سیم و پودر	۱۰۰٪ روکش مس ← انتقال جریان مناسب ← مقاومت به خوردگی عالی	۱۰۰٪ همگن پرکردن ← خواص مکانیکی یکنواخت	امکان باز شدن درز سیم تحت فشار غلتک
تحمل بالای فشار غلتک	کم هیدروژن در لوله بسته ← خشک کردن مجدد لازم نیست	تغییر شکل پایین در تولید ← قادر به تولید قطعات پرآلیاژ و پایه نیکلی با کیفیت	پُر شدن یکنواخت پودر در طول سیم

شکل ۱۶- سطح مقطع انواع سیم های توپودری

نقش پودر در فرایند FCAW

نقش پودر داخل سیم جوش در این فرایند، مانند روکش الکترود در فرایند SMAW می‌باشد و مهم‌ترین وظایف آن شامل موارد زیر می‌باشد:

- محافظت از حوضچه و ایجاد سرباره
- پایداری قوس
- افزودن مواد آلیاژی به جوش

طبقه‌بندی انواع سیم‌های توپودری

در جدول زیر دسته‌بندی رایج فلاکس‌های توپودری برای الکترودهای فولادی آمده است.

جدول ۳- طبقه‌بندی سیم‌های توپودری

Type of Electrode	AWS Designation			
	EXXT-1 Gas Shielded	EXXT-3 Self-Shielded	EXXT-5 Gas Shielded	EXXT-8 Self-Shielded
Essential operating characteristics and application	Spray transfer DCEP, suitable for multiple pass welding, medium slag	Spray transfer, DCEP, suitable for single-pass welding of thin base metal	Globular transfer, single- and multiple-pass welding, thin slag blanket	All-position deposition, DCEN, good low-temperature toughness
Core Ingredients				
Percentage of Ingredients in Core by Weight				
Rutile	30	5	15	10
Fluorspar	10	25	25	25
Limestone		5		10
Feldspar	7	10	15	5
Cryolite	5	5	15	5
Dolomite	15			
Magnetite	3			
Sodium silicate	5		5	
Silica			5	
Ferrosilicon	5	10	5	10
Ferromanganese	10	15	10	15
Ferrotitanium		5		5
Ferroaluminum		20		15
Iron powder	10		5	

نام‌گذاری سیم‌های جوش‌های توپودری طبق استاندارد AWS

مطابق استاندارد AWS نام‌گذاری سیم‌جوش‌های توپودری به شکل زیر می‌باشد:



فولادهای ساده کربنی پر کاربردترین نوع فلزات هستند. در طبقه‌بندی سیم جوش‌های توپوپدری در فولادهای ساده کربنی، خط تیره و رقم به کار می‌رود. این خط تیره و ارقام برای نشان دادن قطبیت و نوع گاز محافظه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۴- مشخصات استفاده و اجرای سیم جوش‌های فولادی کربنی در فرایند FCAW-(AWS A 5.20)

طبقه‌بندی	قطبیت	تک/چند پاسه	حافظت خارجی
E7XT-1	DCEP	چند پاسه	CO ₂ یا (75-80)% Ar + (20-25)% CO ₂
E7XT-2	DCEP	تک پاسه	CO ₂ یا (75-80)% Ar + (20-25)% CO ₂
E7XT-3	DCEP	تک پاسه	خود محافظ
E7XT-4	DCEP	چند پاسه	خود محافظ
E7XT-5	DCEP	چند پاسه	CO ₂ یا (75-80)% Ar + (20-25)% CO ₂
E7XT-6	DCEP	چند پاسه	خود محافظ
E7XT-7	DCEN	چند پاسه	خود محافظ
E7XT-8	DCEN	چند پاسه	خود محافظ
E7XT-9	DCEN	چند پاسه	CO ₂ یا (75-80)% Ar + (20-25)% CO ₂
E7XT-10	DCEN	تک پاسه	خود محافظ
E7XT-11	DCEN	چند پاسه	خود محافظ
E7XT-12	DCEN	چند پاسه	CO ₂ یا (75-80)% Ar + (20-25)% CO ₂
E7XT-13	DCEN	تک پاسه	CO ₂
E7XT-14	DCEN	تک پاسه	خود محافظ
E7XT-G	مشخص نشده است	چند پاسه	مشخص نشده است
E7XT-GS	مشخص نشده است	تک پاسه	مشخص نشده است



ممکن است پس از آخرین عدد حروف زیر نیز در برخی از سیم جوش‌ها اضافه شوند:

EXT-X M J HZ

نوشتن $M =$ گاز محافظ $(CO_2, 20-25\% Ar, 75-80\%)$
 ننوشتن $M =$ گاز دیگر مانند CO_2 استفاده شود یا سیم
 جوش از نوع خود محافظ است.

نیاز به انجام آزمون
 نفوذپذیری هیدروژن

جوش حاصل از این سیم جوش دارای مقاومت به ضربه
 (چقرومگی) بالاتر نسبت به سایر سیم جوش‌های توپوودری است



مشخصات سیم جوش E71T-1 AWS را مطابق با استاندارد AWS در جدول زیر تکمیل نمایید.

	حداقل استحکام کششی
	وضعیت جوشکاری
	عملکرد سیم جوش
	نوع گاز

طبقه بندی سیم جوش‌های توپوودری بر اساس نوع فلز پایه مطابق AWS



گازهای محافظ و کاربرد آنها در جوشکاری توپودری

بیشتر فلزات تمایل زیادی به ترکیب با اکسیژن و نیتروژن موجود در اتمسفر و تشکیل اکسید و یا نیتریدهای فلزی دارند. وجود این ترکیبات در محیط جوشکاری می‌تواند باعث بروز عیوبی مانند ذوب ناقص، تخلخل و تردی فلز جوش شوند. بنابراین وظیفه اصلی گازهای محافظ، ممانعت از ایجاد تماس بین فلز جوش مذاب و هوای اطراف می‌باشد.

پژوهش

به کمک هنرآموز خود جدول زیر را تکمیل نمایید.

نام گاز	هوای	آرگون	کربن دی اکسید	هليوم	نيتروژن	اکسیژن	هيدروژن
علامت اختصاری	Air	Ar				O ₂	
ساختمان	-	تکاتمی			دو اتمی		
وزن مخصوص	۱		۱/۵۳۰				



گاز محافظ بر موارد زیر تأثیرگذار است:

- خصوصیات قوس
- حالت انتقال فلز
- میزان نفوذ
- سرعت جوشکاری
- کیفیت جوش
- شکل هندسی جوش

نکته

- ۱ پرکاربردترین گاز محافظ مورد استفاده در فرایند FCAW، گاز کربن دی اکسید است.
- ۲ ترکیب گاز آرگون و کربن دی اکسید باعث بهبود مشخصات قوس و افزایش استحکام کششی می‌شود. این ترکیب می‌تواند با درصدهای مختلف دیگری غیر از آنچه در جدول بالا ذکر شده است نیز استفاده شود.



تأثیر پارامترهای جوشکاری در FCAW

برای ایجاد یک جوش بی عیب باید تمامی پارامترها مانند سرعت تغذیه سیم جوش، سرعت جوشکاری و ولتاژ به صورت صحیح انتخاب و تنظیم شوند.

نکته

افزایش سرعت تغذیه سیم جوش باعث افزایش شدت جریان، افزایش حرارت ورودی به قطعه کار و افزایش نفوذ جوش می‌شود.



در جدول ۵ مقدار مناسب متغیرهای این فرایند پیشنهاد شده است.

جدول ۵-متغیرهای جوشکاری FCAW

امتداد سیم جوش (اینج)	سرعت سیم (دور بر دقیقه)	شدت جریان (آمپر)	ولتاژ (ولت)	قطر (اینج)	نوع سیم جوش
۳/۴ تا ۳/۸	۲۸۸	۱۳۰	۲۲	۰/۰۳۵	گاز محافظ E70T-1* یا E70T-2*
۳/۴ تا ۳/۸	۳۸۴	۱۵۰	۲۵		
۳/۴ تا ۳/۸	۵۷۶	۲۰۰	۲۷		
۳/۴ تا ۳/۸	۷۸۴	۲۵۰	۳۰		
۳/۴ تا ۳/۸	۲۰۰	۱۵۰	۲۸	۰/۰۴۵	خود محافظ E70T-11 یا E71T-GS
۳/۴ تا ۳/۸	۳۰۰	۲۱۰	۲۹		
۳/۴ تا ۳/۸	۴۰۰	۲۵۰	۳۰		
۳/۴ تا ۳/۸	۵۰۰	۲۹۰	۳۳		
۳/۴ تا ۳/۸	۶۰۰	۳۳۰	۳۴	۰/۰۳۰	آرگون و ۲۵٪ کربن دی اکسید*
۳/۸	۶۹	۴۰	۱۵		
۳/۸	۱۷۵	۱۰۰	۱۶		
۳/۸	۴۴۰	۱۶۰	۱۶		
۳/۸	۸۱	۸۰	۱۵	۰/۰۳۵	آرگون و ۲۵٪ کربن دی اکسید*
۳/۸	۱۵۵	۱۲۰	۱۷		
۳/۸	۲۹۲	۲۰۰	۱۷		
۱/۲	۵۴	۹۵	۱۵		
۱/۲	۱۱۸	۱۵۰	۱۷	۰/۰۴۵	آرگون و ۲۵٪ کربن دی اکسید*
۱/۲	۱۴۰	۲۲۵	۱۸		

* آرگون و ۲۵٪ کربن دی اکسید



با توجه به تصویر اول که مقدار نفوذ صحیح جوش را نشان داده است، بگویید عدم رعایت کدام پارامتر باعث بروز عیوب در سایر تصاویر شده‌اند.

پارامتر	تأثیر
مقدار نفوذ صحیح	کیفیت مناسب جوش
نفوذ جوش مقدار نفوذ خیلی کم	ولتاژ، سرعت سیم و بیرون‌زدگی مناسب
مقدار نفوذ خیلی زیاد	عدم نفوذ
فلز جوش اضافی سوختگی سرتاسری عدم نفوذ و عدم ذوب	



راه اندازی دستگاه جوشکاری و تنظیم آن

دستور کار: بعد از رعایت نکات ایمنی فردی (مامک جوشکاری، لباس ایمنی، دستکش جوشکاری و کفش ایمنی) اقدام به راه اندازی دستگاه نمایید.

دستور العمل راه اندازی :

- ۱ انتخاب کپسول گاز محافظت با توجه به فلز پایه و نصب آن بر روی دستگاه
- ۲ روشن کردن دستگاه
- ۳ تنظیم گاز در صورت استفاده از روش محافظت با گاز: مانومتر را نصب کنید. (در صورت استفاده از گاز CO_2 برای جلوگیری از یخ زدگی از گرم کن استفاده کنید)

- ۴ سیم جوش مناسب با قطعه را انتخاب نموده و روی واحد تغذیه سیم جوش نصب کنید.
- ۵ نصب تورچ در محل مخصوص روی دستگاه.
- ۶ انتخاب صحیح غلتک با توجه به نوع و قطر سیم و قرار دادن سیم داخل شیارهای روی غلتکها و هدایت آن به داخل لاینر و تورچ
- ۷ به وسیله پتانسیومتر ولتاژ دستگاه را متناسب با قطر سیم و ضخامت قطعه کار تنظیم کنید.
- ۸ سرعت مناسب سیم را بر اساس ضخامت قطعه و ولتاژ قوس تنظیم کنید.

نکته

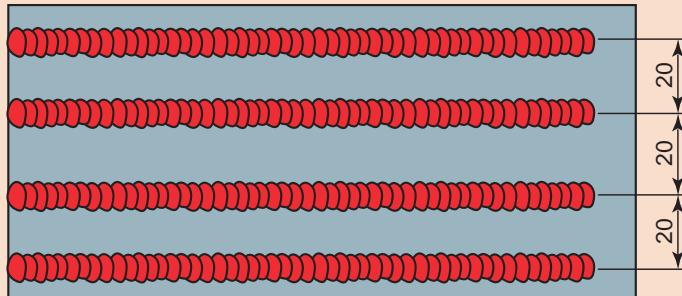
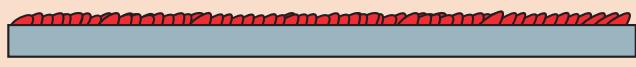


دبی گاز خروجی در قطعات فولادی: تقریباً کمی بیش از ۱۰ برابر قطر سیم

کار
کارگاهی ۲



تأثیر تغییرات بیرون زدگی سیم جوش بر مشخصات خط جوش
دستور کار : قطعه کار را مطابق نقشه زیر آمده و جوشکاری نمایید.

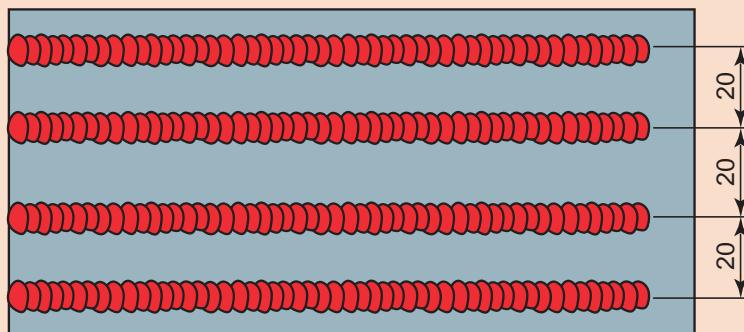


موارد موردنبیاز

مواد مصرفی	وسایل کار	وسایل ایمنی
ورق فولادی با ابعاد $30 \times 70 \times 6$ میلی متر	دستگاه جوش و متعلقات آن و ماسک کلاهی	لباس کار
	انبر دست	کفش ایمنی
	خط کش	دستکش
سیم جوش مناسب	سوزن خط کش	پیش بند
	چکش	پابند
	فرچه سیمی	مقنعه

روش انجام کار:

۱ با استفاده از خط کش و سنبه نشان خطوط موازی با فاصله ۲۰ میلی متر بر روی ورق ایجاد کنید.



۲ مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را تنظیم نمایید.

روی خطوط سنبه نشان شده خط جوش را ایجاد نمایید.

۳ تورج جوشکاری را در ارتفاع و زاویه مناسب نگهدارید، جوشی با طول حدود ۵۰ میلی متر ایجاد کنید.

سپس مقدار فاصله تورج با ورق را کاهش داده و همچنان چند میلی متر جوشکاری کنید. باز هم تورج را به ورق تا جایی که امکان دارد نزدیک کرده و جوشکاری را ادامه دهید. این فرایند را تکرار نمایید، اما این بار فاصله تورج و مقدار طول سیم را افزایش دهید و جوشکاری را تا جایی که قوس پایدار می ماند ادامه دهید.

۴ پس از تکمیل مرحله قبل، مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را به یک حد متوسط افزایش داده و تمرین را تکرار نمایید.

۵ مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را در بالاترین حد خود تنظیم نموده و مجدداً تمرین را انجام دهید.

۶ پس از سرد شدن قطعه آن را از لحاظ یکنواختی بازرسی نمایید و دستگاه جوشکاری را خاموش کنید.

۷ محلی که در حال کار بوده اید را نظافت کنید و مواد دور ریز را در محفظه های مخصوص قرار دهید.

۸ در پایان، شیر کپسول را بسته و دکمه تست گاز را فشار داده تا گاز درون شیلنگ ها تخلیه شود.

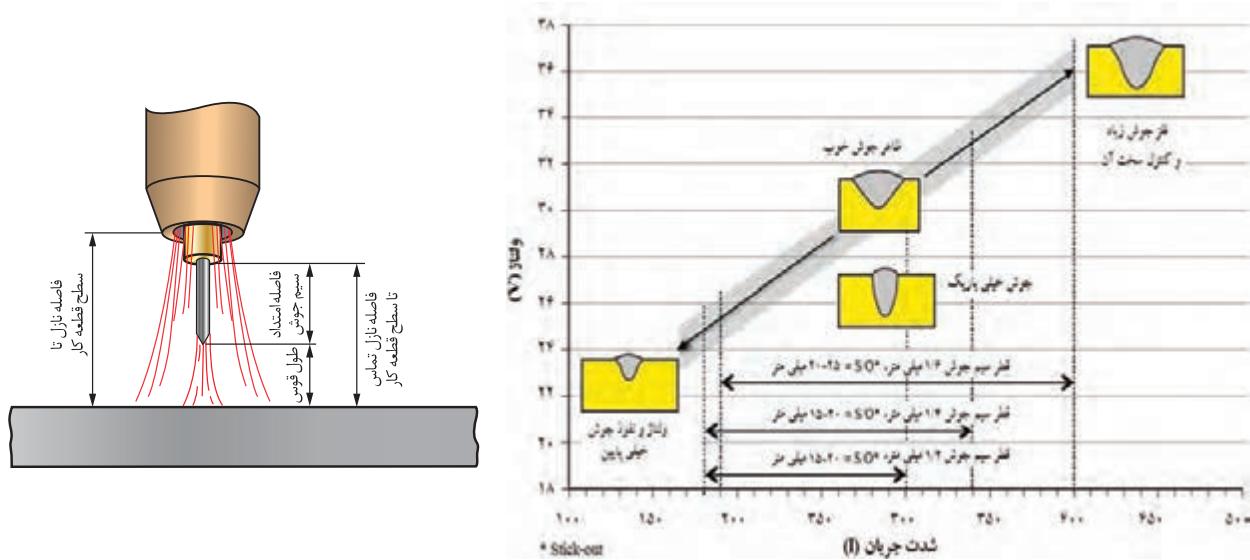
تمرین



با توجه به شکل های ۱۷ و ۱۸ و مشاهده نمونه جوش های خود، یک گزارش کوتاه شامل مقدار تغییرات طول سیم جوش، ولتاژ جوشکاری و سرعت تغذیه در سیم جوش را شرح دهید. گزارش شما همچنین باید مقدار گرده جوش، عرض جوش، نفوذ جوش، پاشش و جرقه و دیگر مشاهدات در طول جوشکاری را شامل شود.



شکل ۱۷- تأثیر سرعت حرکت دست، شدت جریان و ولتاژ بر ظاهر جوش



شکل ۱۸- تأثیر فاصله امتداد سیم جوش بر شدت جریان، ولتاژ و نفوذ جوش

عيوب رايچ در فرایند FCAW

جدول زیر عيوب رايچ در فرایند FCAW را نشان می دهد.

جدول ۶ - عيوب متداول در فرایند FCAW و دلائل به وجود آمدن آنها

تصویر	دلیل بروز عیوب	نوع عیوب
	۱- عدم تمیز کاری مناسب پاس ها ۲- زاویه نامناسب تورچ ۳- نوسان زیاد تورچ ۴- سرعت جوشکاری خیلی کم ۵- شدت جریان خیلی پایین ۶- حرکت سرباره جلوتر از تورچ	ناخالصی سرباره
	۱- کافی نبودن گاز محافظه ۲- استفاده از سیم جوش آلوده ۳- آلودگی فلز پایه ۴- فشار گاز بیش از حد معمول ۵- جوشکاری با زاویه مشعل کم ۶- جوشکاری در مسیر وزش باد ۷- ناخالصی در گاز محافظه	تخلخل
	۱- شدت جریان بالا ۲- سرعت جوشکاری بالا ۳- عدم مکث در کناره جوش ۴- حرکت نامنظم تورچ	بریدگی کنار جوش
	۱- سرعت جوشکاری بالا ۲- شدت جریان خیلی پایین ۳- فاصله ریشه جوش خیلی کم ۴- اندازه پاشنه خیلی زیاد ۵- طرح اتصال نامناسب	ذوب ناقص
	۱- سرعت جوشکاری کم ۲- عدم مهارت جوشکار ۳- تأثیر نیروی ثقل ۴- زاویه نامناسب تورچ	سر رفتن جوش

ایمنی در جوشکاری توپودری

کلیه نکات ایمنی مورد استفاده در جوشکاری GMAW در این فرایند هم به کار می‌رود. برای انتخاب شیشه‌های تیره برای ماسک می‌توان از جدول زیر استفاده نمود.

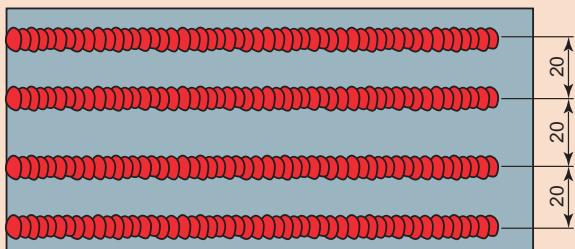
جدول ۷- راهنمای انتخاب نوع شیشه ماسک جوشکاری بر حسب فرایند جوشکاری مطابق استاندارد ANSI Z49/1

فرایند	جریان جوشکاری (A)	شماره حفاظت پیشنهادی	کمترین مقدار حفاظت
GMAW و FCAW	۶۰	۱۰	۷
	۶۰ - ۱۶۰	۱۱	۱۰
	۱۶۰ - ۲۵۰	۱۲	۱۰
	۲۵۰ - ۵۵۰	۱۴	۱۰

تأثیر تغییر زاویه تورچ بر شکل جوش

دستور کار: قطعه کار را مطابق نقشه روبه رو آماده و جوشکاری نمایید.

کارگاهی ۳

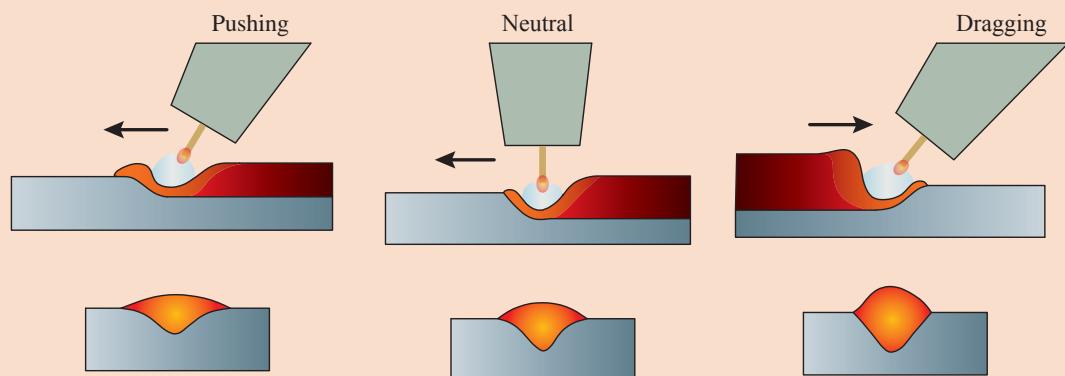


موارد مورد نیاز

وسایل ایمنی	وسایل کار	مواد مصرفی
لباس کار	دستگاه جوش و متعلقات آن و ماسک کلاهی	ورق با ابعاد $150 \times 100 \times 8$ میلی‌متر
کفش ایمنی	انبر دست	
دستکش	خط کش	
پیش‌بند	سوزن خط کش	سیم جوش مناسب
پابند	چکش	
مقنعه	فرچه سیمی	

روش انجام کار:

- ۱ با استفاده از خطکش فلزی و سوزن خطکش خطوط موازی یکدیگر با فاصله ۲۵ میلی‌متر از هم بر روی ورق فولادی رسم کنید.
 - ۲ مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم را بر روی پایین‌ترین مقدار مطابق با توصیه سازنده آن و یا جدول ۸ تنظیم کنید.
 - ۳ تورج جوشکاری را در ارتفاع مناسب و با زاویه ۳۰ درجه نسبت به خط جوش قرار داده و مطابق شکل زیر جوشکاری را انجام دهید (حدود ۵۰ میلی‌متر). سپس به تدریج زاویه تورج را افزایش داده و جوشکاری را ادامه دهید. بعد از چند میلی‌متر باز هم زاویه تورج را افزایش دهید، این کار را ادامه داده تا زاویه تورج نسبت به خلاف جهت حرکت جوشکاری ۳۰ درجه شود (عکس زاویه ابتدایی)، کل قطعه را جوشکاری کنید.
 - ۴ مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را در حد میانگین افزایش داده و جوشکاری را تکرار نمایید.
 - ۵ پس از تکمیل سری جدید تمرین، مجددًا مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را در حد ماکزیمم افزایش داده و عملیات جوشکاری را مطابق دو مرحله قبل تکرار و تکمیل کنید.
 - ۶ پس از سرد شدن قطعه آن را از لحاظ یکنواختی بازرسی نمایید و دستگاه جوشکاری را خاموش کنید.
 - ۷ محلی که در حال کار بوده‌اید را نظافت کنید و موارد دور ریز را در محفظه‌های مخصوص قرار دهید.
 - ۸ در پایان، شیر کپسول را بسته و دکمه تست گاز را فشار داده تا فشار درون مانومتر صفر شده و گاز در سیستم شیلنگ‌ها و مانومتر باقی نماند.
- گزارش کار:** یک گزارش کوتاه از مشاهدات خود شامل مقدار تغییرات ولتاژ، سرعت تغذیه سیم جوش، تغییرات زاویه تورج (حرکت پیشران و پشتaran)، تغییرات ارتفاع گرده جوش، نفوذ، عرض و پاشش آن و دیگر تغییراتی که هنگام جوشکاری به وجود می‌آید تهیه کنید.



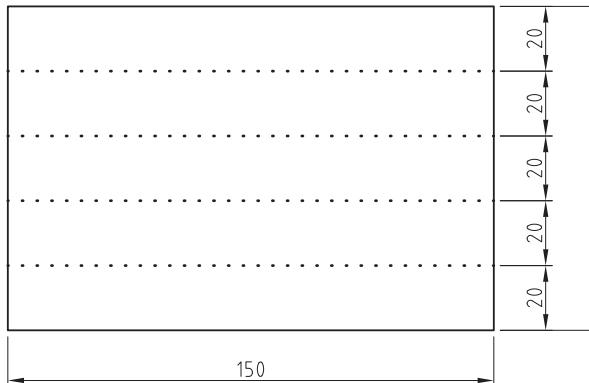
شکل ۱۹- نحوه حرکت تورج جوشکاری به صورت پیشران و پشتaran



جوشکاری پوششی در حالت تخت

دستور کار : قطعه کار را مطابق نقشه زیر آماده و جوشکاری نمایید.

نقشه ورق فولادی $150 \times 100 \times 8 \text{ mm}$ خط کشی شده با فاصله 20 mm

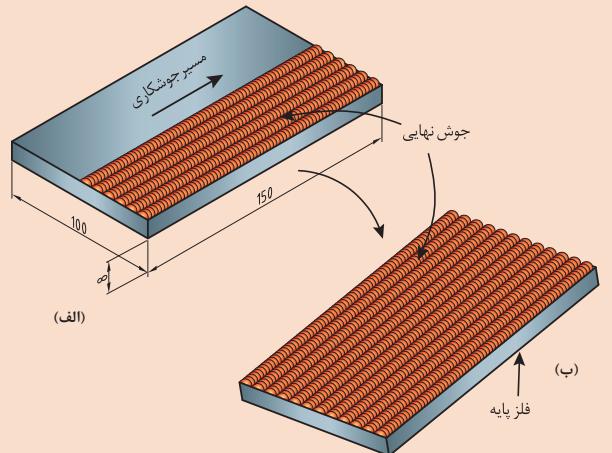


موارد مورد نیاز

مواد مصرفی	وسایل کار	وسایل ایمنی
ورق فولادی با ابعاد $150 \times 100 \times 8 \text{ mm}$ میلی‌متر	دستگاه جوش و متعلقات آن و ماسک کلاهی	لباس کار
	انبر دست	کفش ایمنی
	خط کش	دستکش
سیم جوش مناسب	سوزن خط کش	پیش‌بند
	چکش	پابند
	فرچه سیمی	مقنعه

روش انجام کار:

- ۱ مقدار ولتاژ و سرعت تعذیله سیم را مطابق با توصیه سازنده آن تنظیم کنید.
- ۲ تورج جوشکاری را در ارتفاع مناسب و تحت زاویه ۷۵ تا ۸۵ درجه نسبت به خط جوش قرار داده و مطابق شکل صفحه بعد در طول قطعه کار یک خط جوش ایجاد کنید.
- ۳ خط جوش‌های بعدی را به نحوی انجام دهید که $\frac{1}{3}$ عرض جوش قبلی را پوشش دهد.
- ۴ پس از تکمیل جوشکاری تمام سطح را با استفاده از فرچه سیمی تمیزکاری کنید.



شکل ۲۰ - شکل نهایی قطعه کار پوشش
شده با جوش پوششی

- ۵ پس از سرد شدن قطعه آن را لحظه یکنواختی بازرسی نمایید و دستگاه جوشکاری را خاموش کنید.
- ۶ محلی که در حال کار بوده اید را نظافت کنید و مواد دور ریز را در محفظه های مخصوص قرار دهید.
- ۷ در پایان، شیر کپسول را بسته و دکمه تست گاز را فشار داده تا گاز درون شیلنگ ها تخلیه شود.

کار گاه ۵



جوشکاری در وضعیت تخت و افقی به صورت سپری پروژه ساخت شمعدانی دستور کار : ساخت پایه شمعدانی مطابق نقشه. موارد مورد نیاز

مواد مصرفی	وسایل کار	وسایل ایمنی
قطعه فولادی با ابعاد $812 \times 76 \times 6$ میلی متر و $254 \times 127 \times 6$ میلی متر	دستگاه جوش و متعلقات آن و ماسک کلاهی	لباس کار
	انبر دست	کفش ایمنی
	خط کش	دستکش
سیم جوش مناسب	سوزن خط کش	پیش بند
	چکش	پابند
	فرچه سیمی	مقنعه

روش انجام کار: برش و مونتاژ

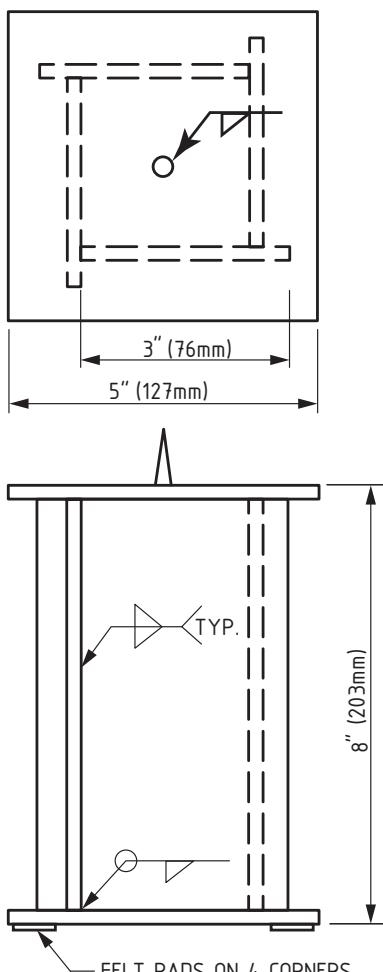
- ۱ با استفاده از برش پلاسمایا اکسی استیلن قطعات مورد نیاز برای ستون های شمعدانی را از ورق فولادی $812 \times 76 \times 6$ میلی متر تهیه کنید (شکل ۲۲).
- ۲ ورق ها را به ابعاد خواسته شده در نقشه برش دهید.

نکته

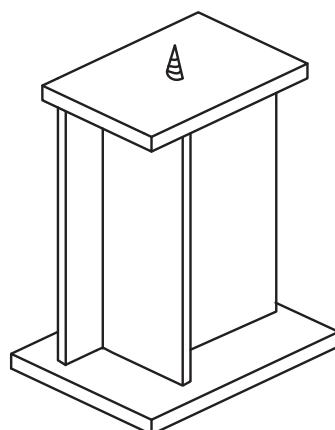


- ۳ مطابق شکل ۲۳ خطی موازی با لبه کار با فاصله ۱۹ میلیمتر رسم نمایید.
- ۴ با استفاده از گونیا و خط کش تمام قطعات ستون را مطابق شکل ۲۴ به صورت عمود و تراز در محل خود مونتاژ و با خال جوش محکم و با استفاده از واير برس آنها را تمیز کنید.

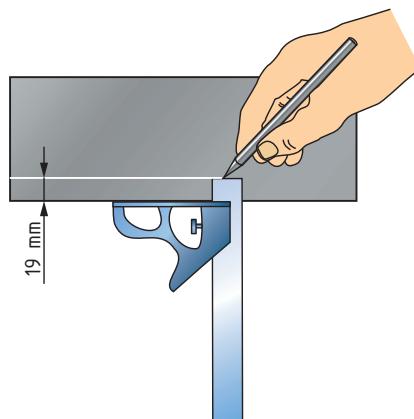
- ۱ برای سهولت کار و افزایش سرعت، می‌توانید برای مونتاژ و خالبندی از فرایند SMAW نیز استفاده نمایید.
(در کارگاه‌های صنعتی نیز برای مونتاژ کاری از فرایند SMAW استفاده می‌شود)
- ۲ ارتفاع کلی شمعدانی ۳۰۳ میلیمتر می‌باشد، بنابراین شما باید در محاسبات برش ستون‌ها، مقدار ضخامت صفحه بالا و پائینی را از ارتفاع برش کم نمایید.



شکل ۲۳-ابعاد و محل قطعه‌ها جهت
ساخت شمعدانی



شکل ۲۱-پروژه ساخت شمعدانی



شکل ۲۲-رسم خط موازی با فاصله
۱۹ میلیمتر از لبه قطعه کار

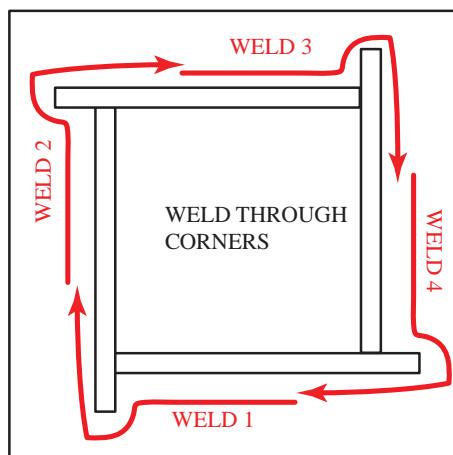
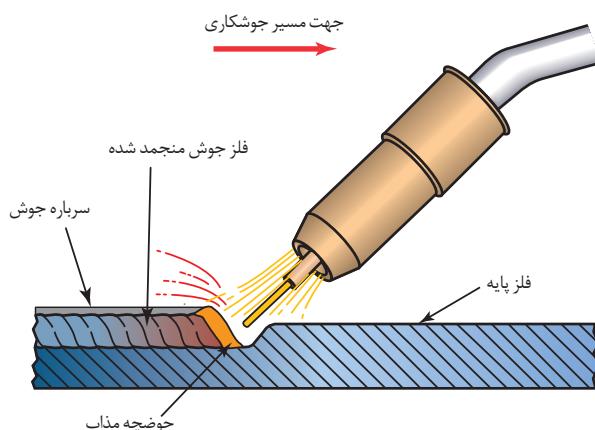
جوشکاری :

- ۱ مقدار ولتاژ و سرعت تغذیه سیم جوش را مطابق با توصیه سازنده تنظیم کنید.
- ۲ تورج را با زاویه 35° قرار داده و با تکنیک پس دستی شروع به جوشکاری کنید. سرعت حرکت دست را طوری تنظیم کنید تا قادر به ایجاد جوش با عرض ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر باشد. دور تا دور ستون را مطابق با نقشه داده شده در شکل ۲۴ جوشکاری کرده و پس از پایان کار جوش‌ها را تمیز کنید.
- ۳ پس از جوشکاری هر دو صفحه بالا و پایینی به ستون‌ها در حالت افقی، می‌توان یک پیچ کوچک در صفحه بالایی شمعدانی جهت نصب شمع بر روی آن جوش داد. اکنون کل شمعدانی را با فرچه سیمی تمیز کنید.

نکته



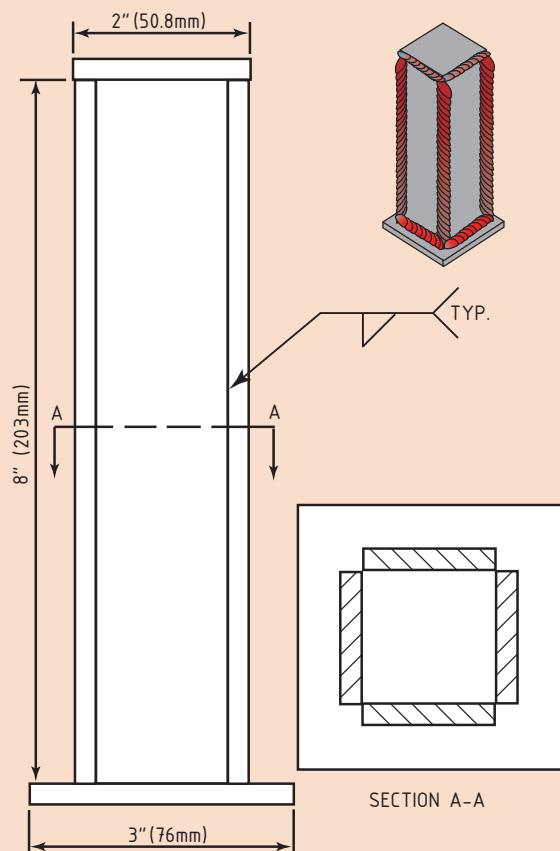
- ۱ جوش‌های با طول $20/32\text{ mm}$ را در وضعیت F ۱۰ جوشکاری کنید.
- ۲ شروع و پایان هر خط جوش نباید در گوش‌های باشد، زیرا جوش‌هایی که در گوش‌های پایان می‌یابد، احتمالاً از نظر آب‌بندی دچار مشکل می‌شوند. بنابراین مطابق شکل ۲۴ شروع و خاتمه آنها را در میانه هر ستون قرار دهید. همچنین با رعایت این نکته حرکت حول محور را با تورج تمرین کنید.



شکل ۲۴ - عدم اتمام جوش‌ها در گوش



جوشکاری گوشه داخلی و زاویه خارجی در
حالت عمودی
دستور کار : پروژه ساخت قوطی، با جوشکاری
در وضعیت‌های مختلف



شکل ۲۵- پروژه ساخت قوطی با جوشکاری در وضعیت‌های مختلف

موارد مورد نیاز

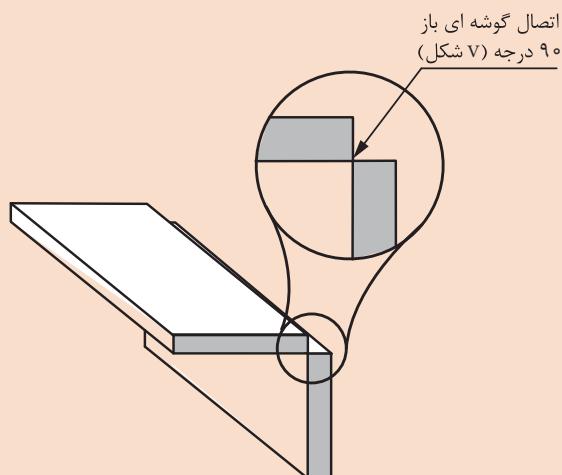
مواد مصرفی	وسایل کار	وسایل ایمنی
۴ قطعه فولادی با ابعاد $203 \times 38 \times 6$ میلی‌متر، قطعه فولادی با ابعاد $50/8 \times 50/8 \times 6$ میلی‌متر و قطعه فولادی با ابعاد $76 \times 76 \times 6$ میلی‌متر	دستگاه جوش و متعلقات آن و ماسک کلاهی	لباس کار
	انبر دست	کفش ایمنی
	خط کش	دستکش
سیم جوش مناسب	سوزن خط کش	پیش بند
	چکش	پابند
	فرچه سیمی	مقنعه

روش انجام کار:

برشکاری: با استفاده از خط کش فلزی و سوزن خط کشی قطعات مورد نیاز را با توجه به اندازه‌های داده شده در شکل ۲۶ برش داده و آماده کنید.

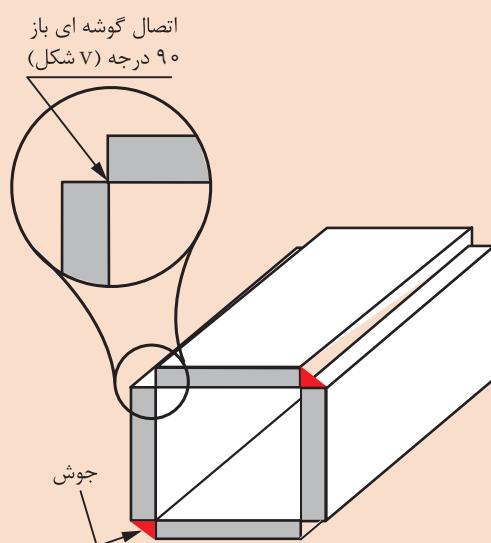
مونتاژ و جوشکاری:

- ۱ قطعه‌های فولادی ۳۸ میلی‌متری را به صورت دو به دو به یکدیگر مونتاژ کرده تا دو عدد نبشی آماده شود. لب قطعات باید با زاویه ۹۰ درجه (V شکل) قرار داده شوند و در ابتدا و انتهای اتصال آنها خال جوش با اندازه ۱۵ میلی‌متر زده شود (شکل ۲۶).



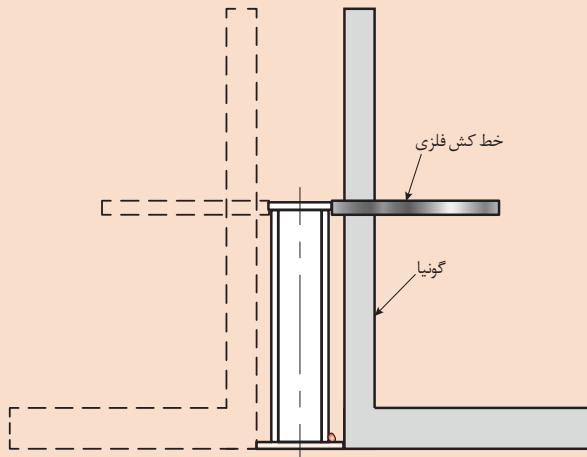
شکل ۲۶ - مونتاژ دو قطعه به صورت نبشی

- ۲ گوشه‌های داخلی دو نبشی مونتاژ شده در مرحله قبلی را در حالت عمودی سر بالا (3F) به صورت جداگانه جوشکاری کنید.
۲ دو نبشی آماده شده در مرحله قبل را به یکدیگر مونتاژ نموده تا یک پروفیل آماده شود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷ - مونتاژ قطعه به صورت قوطی و جوشکاری گوشه‌ای بیرونی

۴ با کمک گونیا و خط کش فلزی، پروفیل را مطابق شکل ۲۸ در مرکز قطعه با ابعاد $76 \times 76 \times 6$ میلی متر مونتاژ کنید و سپس قطعه فولادی با ابعاد $50 \times 50 \times 6$ میلی متر را نیز در بالا و مرکز پروفیل مونتاژ کنید.



شکل ۲۸- مونتاژ قوطی جوشکاری شده در مرکز قطعه فولادی با ابعاد $76 \times 76 \times 6$ میلی متر

۵ با توجه به شکل ۲۹ قسمت های بالا و پایینی را در وضعیت ۲F دورتا دور و گوشه های خارجی عمودی را در وضعیت ۳F (vertical up) جوشکاری کنید.

۶ پس از اتمام تمام جوش ها قطعه را با استفاده از فرچه سیمی تمیز کنید.

ارزشیابی پایانی جوشکاری توپودری (FCAW)

شرح کار:

- آماده‌سازی دستگاه
- آماده‌سازی قطعه کار
- جوشکاری برابر نقشه
- کنترل ابعادی
- کنترل عیوب

استاندارد عملکرد: جوشکاری قطعات فولادی در وضعیت‌های مختلف با به کار گیری روش جوشکاری توپودری برابر

WPS

شاخص‌ها:

- تنظیم ولتاژ برابر WPS، آماده‌سازی قطعه برابر نقشه، زدودن سرباره برابر دستورالعمل
- جوشکاری عاری از عیوب

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه با تجهیزات عمومی کارگاهی، کابین جوشکاری با هواکش، ابزار کپسول دستگاه جوشکاری FCAW

ابزار و تجهیزات: دستگاه جوش FCAW، وسایل ایمنی فردی، کابین جوشکاری با هواکش

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیستمحیطی و نگرش:			
*	میانگین نمرات		

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

پودمان ۲

لحیم کاری سخت



فلزات غیرآهنی در تولید صنعتی دنیا کاربردهای بسیاری دارند و اتصال آنها به صورت هم جنس یا غیر هم جنس بسیار معمول است. لحیم کاری سخت نسبت به جوشکاری نیاز به دمای کمتری دارد. در صنایع نیروگاهی، صنایع هوا - فضا، سیستم‌های برودتی، دستگاه‌های الکترونیک، پتروشیمی، خودروسازی و لوازم خانگی از این روش استفاده می‌شود.

انتقال گرمای بالا در فلزات غیرآهنی، مشکلات اکسید شدن و تنوع آلیاژها همه و همه مسائلی است که جوشکاری این فلزات را مشکل می‌کند. حال آنکه لحیم کاری سخت در بسیاری از موارد جایگزین خوبی برای جوشکاری می‌باشد.

واحد یادگیری ۲

لحیم‌کاری سخت فلزات غیرآهنی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- برای اتصال فلزات غیر هم جنس که امکان جوشکاری ندارد می‌توان از روش لحیم‌کاری استفاده کرد.
- با روش اکسی استیلن می‌توان فلزات غیرآهنی را به هم متصل نمود.

در این واحد یادگیری مهارت‌های لازم برای لحیم‌کاری سخت فلزات غیرآهنی را فرا خواهید گرفت.

استاندارد عملکرد

لحیم‌کاری ورق و لوله غیرآهنی با به کارگیری دستگاه اکسی استیلن طبقه نقشه و رویه لحیم‌کاری. شایان ذکر است که این مهارت و تخصص زمینه اشتغال زیادی ایجاد می‌کند و در آمد آن با توجه به حساسیت‌هایی که دارد، بالا است. این شایستگی تعداد زیادی از کارگاه‌های تعمیراتی کوچک زود بازده را متوجه خود می‌کند و همواره در کل دنیا مورد نیاز است.

فلزات غیرآهنی

شکل ۱ برحی از پرکاربردترین فلزات غیرآهنی را نشان می‌دهد.



پ) نیم‌ساخته آلومینیومی

ب) نیم‌ساخته برنجی

الف) نیم‌ساخته مسی

شکل ۱- نیم‌ساخته برحی از فلزات پر کاربرد غیرآهنی

جدول ۱ انواع منابع تولیدکننده انرژی در لحیم کاری سخت را نشان می‌دهد.

جدول ۱- 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 می‌شود.	در تمامی کاربردهای لحیم کاری
۲	انرژی مقاومتی		فک‌های دستگاه مقاومتی مستقیماً به قطعه کار متصل می‌شوند.	در ساخت انواع اتصالاتی که به دوطرف قطعه کار دسترسی داشته باشیم کاربرد دارد.
۳	انرژی الکتری		مولد جریان مستقیماً به قطعه کار متصل نمی‌شود و جریان از طریق سیم پیچ به قطعه کار الفا می‌شود.	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 می‌سازد.	در صنایع خودروسازی و تولیدات انبوه



مزایا و محدودیت‌های هریک از روش‌های لحیم‌کاری را نسبت به جوشکاری در جدول ۲ بنویسید.

جدول ۲- مزایا و محدودیت‌های فرایندهای لحیم‌کاری سخت نسبت به جوشکاری

ردیف	روش	مزایا	محدودیت‌ها
۱	لحیم‌کاری سخت اکسی گاز	.....	.....
۲	لحیم‌کاری سخت مقاومتی	.....	.....
۳	لحیم‌کاری سخت القایی	.....	.....
۴	لحیم‌کاری سخت با 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 ۲ نمونه‌ای از کاربردهای فلز مس را نشان می‌دهد.



شكل ۲- برخی از کاربردهای فلز مس

آلیاژهای مس

جدول ۳ روش نامگذاری آلیاژهای پرکاربرد مس را نشان می‌دهد.

جدول ۳- طریقه نامگذاری 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 سربدار
۴	C4XXXX	Cu-Zn- Sn	برنز قلع دار
۵	C5XXXX	Cu- Sn	برنز فسفردار
۶	C6XXXX	Cu- Sn- Al,Si	برنز آلومینیوم و برنز سیلیسیم
۷	C7XXXX	Cu- Ni,Cu-Ni-Zn	برنز نیکل (نیکل نقره)

اتصال مس

یکی از روش‌های اتصال مس و آلیاژهای آن که روشی سنتی می‌باشد اتصال مکانیکی است. از آنجایی که این فلز نرم و شکل‌پذیر است به راحتی از طریق مکانیکی در هم قفل شده و با چکش آببندی می‌شود. زیرا اتصال آن با روش‌های جوشکاری ذوبی به علت هدایت حرارت بالا، بسیار مشکل است (شکل ۳).



شکل ۳- استفاده از تکنیک فورج و طرح دم چلچله در اتصال دیگ‌های مسی

از طرفی فرایند لحیم کاری سخت مس به علت دمای پایین تری که دارد، بسیاری از نیازهای صنعتی را مرتفع می سازد.

از اتصال مس موارد زیر توقع می روید:

- استحکام مناسب
- شکل پذیری خوب
- انتقال گرمای خوب
- هدایت الکتریکی خوب

لحیم کاری سخت مس

مراحل لحیم کاری سخت مس:

تمیز کاری: در مس به راحتی می توان لبه های اتصال را با حلال شیمیایی مانند استن، تینر و یا با سنباده تمیز نمود.

انتخاب فلز پر کننده: در بخش زرد جوش با انواع آلیاژ سیم برنج آشنا شده اید که با توجه به آن می توانید سیم برنج را انتخاب نمایید.

با توجه به جنس و ضخامت فلز پایه و شرایط سرویس می توان از فلز پر کننده متفاوت استفاده نمود.
جدول ۴ آلیاژهای پر کاربرد برنج و نقره را در لحیم کاری سخت نشان می دهد.

جدول ۴- ترکیب شیمیایی مفتول های بریزینگ با روش اکسی استیلن «مشعل» مطابق استاندارد AWS:A5.27-78

نام تجاری	مس + نقره	روی	قلع	منگنز	آهن	سیلیسیم	کبالت	فسفر	آلومینیوم	سرپ	ساپر عنصر
برنج دریابی	۵۷-۶۱	باقی مانده	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
برنج نیکل دار	۴۶-۵۰	باقی مانده	-	-	۰-۱۱	۰/۰۴-۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۵	۰/۵

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



جدول ۵ مفتول‌های پرکاربرد نقره را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ترکیب شیمیایی فلز جوش حاصل از مفتول‌های بریزینگ نقره‌ای مطابق استاندارد

AWS:A5.8-92

سایر عناصر	منگنز	لیتیم	قلع	نیکل	کادمیم	دروی	مس	نقره	UNS عدد	مفتول بریزینگ
۰/۱۵	-	-	-	-	۴۴-۲۵	۱۴-۱۸	۱۴-۱۶	۴۴-۴۶	PO7450	BAG-1
۰/۱۵	-	-	-	-	۱۷-۱۹	۱۲/۵-۱۸/۵	۱۴/۵-۱۶/۵	۴۹-۵۱	PO7500	BAG-1a
۰/۱۵	-	-	-	-	۱۷-۱۹	۱۹-۲۳	۲۵-۱۷	۳۴-۳۶	PO7350	BAG-2
۰/۱۵	-	-	-	-	۱۹-۲۱	۲۱-۲۵	۲۶-۲۸	۲۹-۳۱	PO7300	BAG-2a
۰/۱۵	-	-	-	۲/۵-۳/۵	۱۵-۱۷	۱۳/۵-۱۷/۵	۱۲/۵-۱۶/۵	۲۹-۵۱	PO7501	BAG-3
۰/۱۵	-	-	-	۱/۵-۲/۵	-	۲۶-۳۰	۲۹-۳۱	۳۱-۲۱	PO7400	BAG-4
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۲۳-۲۷	۲۹-۳۱	۲۲-۲۶	PO7453	BAG-5
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۱۲-۱۸	۳۳-۳۵	۳۱-۵۱	PO7500	BAG-6
۰/۱۵	-	-	۲/۵-۵/۵	-	-	۱۵-۱۱	۲۱-۲۳	۵۵-۵۷	PO7563	BAG-7
۰/۱۵	-	-	-	-	-	-	باقی مانده	۷۱-۷۳	PO7720	BAG-8
۰/۱۵	-	۰/۲۵-۰/۵	-	-	-	-	باقی مانده	۷۱-۷۳	PO7723	BAG-8a
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۱۳-۱۷	۱۹-۲۱	۶۲-۶۶	PO7650	BAG-9
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۸-۱۲	۱۹-۲۱	۶۹-۷۱	PO7700	BAG-10
۰/۱۵	-	-	-	۰/۵-۱/۵	-	۴-۶	باقی مانده	۵۳-۵۵	PO7540	BAG-13
۰/۱۵	-	-	-	۱/۵-۲/۵	-	-	باقی مانده	۵۵-۵۷	PO7560	BAG-13a
۰/۱۵	-	-	۱/۵-۱۰/۵	-	-	-	باقی مانده	۵۹-۶۱	PO7600	BAG-18
۰/۱۵	-	۰/۱۵-۰/۳	-	-	-	-	باقی مانده	۹۲-۹۳	PO7925	BAG-19
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۳۰-۳۲	۳۷-۳۹	۲۹-۳۱	PO7301	BAG-20
۰/۱۵	-	-	۵-۷	۲-۳	-	-	۲۷/۵-۲۹/۵	۶۲-۶۴	PO7630	BAG-21
۰/۱۵	۷-۸	-	-	۴-۵	-	۲۱-۲۵	۱۵-۱۷	۴۸-۵۰	PO7400	BAG-22
۰/۱۵	باقی مانده	-	-	-	-	-	-	۸۴-۸۶	PO7850	BAG-23
۰/۱۵	-	-	-	۱/۵-۲/۵	-	۲۶-۳۰	۱۹-۲۱	۲۱-۵۱	PO7505	BAG-24
۰/۱۵	۱/۵-۲/۵	-	-	۱/۵-۲/۵	-	۳۱-۳۵	۳۷-۳۹	۲۴-۲۶	PO7250	BAG-26
۰/۱۵	-	-	-	-	۱۲/۵-۱۴/۵	۲۴/۵-۲۸/۵	۳۴-۳۶	۲۴-۲۶	PO7211	BAG-27
۰/۱۵	-	-	۱/۵-۲/۵	-	-	۴۶-۴۰	۲۱-۳۱	۳۹-۲۱	PO7401	BAG-28
۰/۱۵	-	-	-	-	۱۶/۵-۱۸/۵	۲۶/۵-۲۸/۸	۲۹-۳۱	۲۴-۲۶	PO7252	BAG-33
۰/۱۵	-	-	۱/۵-۲/۵	-	-	۲۶-۳۰	۳۱-۳۳	۳۷-۳۱	PO7380	BAG-34
۰/۱۵	-	-	-	-	-	۳۱-۳۵	۳۱-۳۳	۳۱-۳۶	PO7301	BAG-35
۰/۱۵	-	-	۲/۵-۳/۵	-	-	۲۲-۲۷	۲۶-۲۸	۴۴-۴۶	PO7454	BAG-36
۰/۱۵	-	-	۱/۵-۲/۵	-	-	۳۱-۳۵	۳۱-۴۱	۲۴-۲۶	PO7303	BAG-37

جدول ۶- منتخبی از مواد لحیم سخت، طبق استاندارد "DIN8313"

گروه	علامت اختصاری	ترکیب اجزای آلیاژ به درصد وزن	حرارت کار به °C	کاربرد
مواد لحیم سخت Ag-Ca-Dd	L-Ag67Cd	Ag=67,Cu=11 Cd=10, Za بقیه	710	فلزات اصیل
	L-Ag50Cd	Ag=50,Cu=15 Cd=17, Za بقیه	640	فلزات اصیل، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص (زنگ نزن)
	L-Ag45Cd	Ag=45,Cu=17 Cd=20, Za بقیه	620	فلزات اصیل، پوشش طلا، روی، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص
مواد لحیمی سخت Ag-Ca-Zn	L-Ag30Cd	Ag=30,Cu=28 Cd=21, Za بقیه	680	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل
	L-Ag83	Ag=83, Zn=2 Cd بقیه	830	فلزات اصیل
	L-Ag67	Ag=67,Cu=23 Zn بقیه	730	
مواد لحیمی سخت Ag ویژه	L-Ag60Cd	Ag=60,Cu=23 Cd=3, Zn بقیه	680	
	L-Ag25	Ag=25,Cu=41 Zn بقیه	780	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل
	L-Ag85	Ag=85 Ma بقیه	960	فولاد، نیکل، آلیاژهای نیکل
مواد لحیمی سخت Ag ویژه	L-Ag72	Ag=72 Ca بقیه	780	مس، آلیاژهای مس و نیکل
	L-Ag27	Ag=27,Cu=34 Ma=10 و Zn=22 بقیه	840	فلز سخت، روی، فولاد، مواد خام تنگستن و مولیبدن

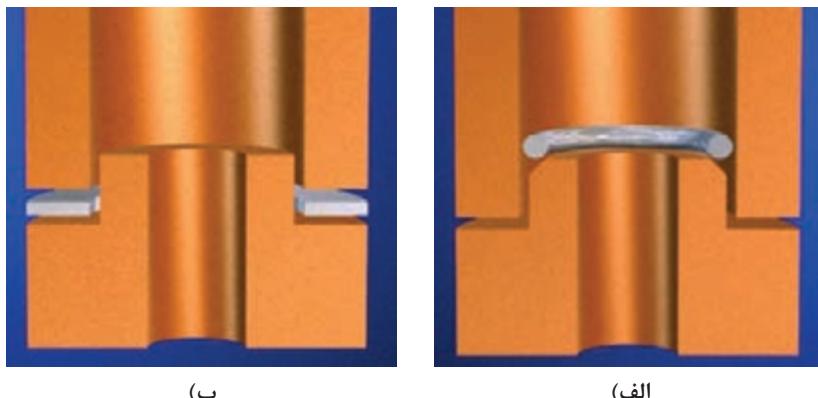
جدول ۷- انواع لحیم‌های سخت، مواد تشکیل دهنده، دمای کار و موارد مصرف آنها

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 ۵۵ 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 ۴۲	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 ۴۸	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 ۵۴	مس ۵۵ درصد روی ۴۴ درصد سیلیس ۵/۴ درصد	۸۹۰	برای مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۶۰	LM _S ۶۰	مس ۶۰ درصد روی ۳۸ درصد سیلیس ۵/۴ درصد	۹۰۰	برای مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه.
لحیم برنج ۸۵	LM _S ۸۵	مس ۸۶ درصد روی ۱۳ درصد سیلیس ۵/۴ درصد	۱۰۲۰	مس و آلیاژهای آن - فولاد و چدن سیاه
لحیم مس	Cu	مس الکترولیت	۱۱۰۰ ۱۱۵۰	قطعات فولادی که تحت فشار زیاد باشند.

نکته

فلزهای پرکننده با توجه به شرایط استفاده به صورت شاخه، حلقه یا واشر به شکل توپوپری یا تو خالی تولید می‌شود (شکل ۴).





شکل ۴- تصویر شماتیک از فلز پر کننده به شکل (الف) حلقه‌ای و (ب) واشر

شکل ۵ فیلرهای حلقوی را نشان می‌دهد.



شکل ۵- مراحل ایجاد لحیم با استفاده از فیلرهای حلقوی (الف) مونتاژ، (ب) لحیم‌کاری و (پ) محصول نهایی

■ 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: روان‌سازهای مورد استفاده در این فرایند معمولاً از نوع پودری است. برای آغشته شدن مفتول به روان‌ساز باید اندکی مفتول را گرم کرد و سپس آن را در روان‌ساز فرو برد (شکل ۶).



شکل ۶- تصویر روان ساز برنج

جدول ۸ اطلاعات مربوط به انواع روان‌سازها را نشان می‌دهد.

جدول ۸ – نام و مشخصات فلاکس‌ها در لحیم سخت

نام	نام روان‌ساز	فرمول شیمیایی
۱	براکس	Na ₂ B4O 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 حرارت 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.

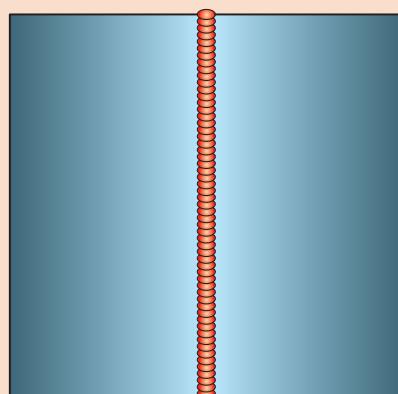
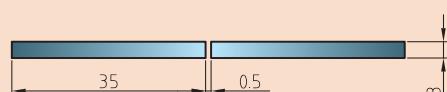
فعالیت
کارگاهی ۱



اتصال لب به لب ورق مسی با فرایند لحیم سخت برنج

دستور کار:

قطعات را مطابق با شکل ۷ آماده‌سازی و مونتاژ نمایید و
برابر دستور العمل داده شده لحیم کاری نمایید.



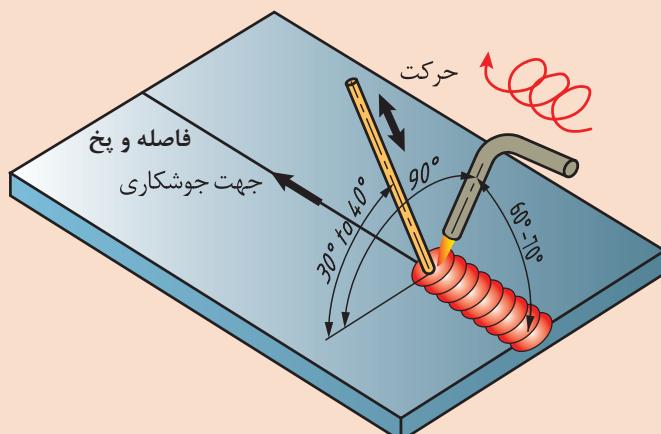
شکل ۷ – نقشه اتصال سر به سر

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
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 تمیز کاری اتصال
 - انتخاب فلز پرکننده مناسب
 - پیش گرما
 - انجام لحیم کاری مطابق دستورالعمل

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

نکته



شکل ۸ – زوایای مورد استفاده در لحیم کاری سخت مس با برنج

شرح فعالیت:

- قطعات را تاب‌گیری نموده و لبه‌ها را حدود ۵ میلی‌متر از دو طرف با سنباده نرم تمیز کنید و روی زیرکاری قرار داده و با فیکسچر محکم نمایید.

۱ شعله خنثی را آماده نموده و لبه‌های اتصال را پیش گرما دهید. این عمل حدود یک دقیقه در طول خط اتصال نوسان داشته باشد.

۲ سیم جوش برجی را با سنباده تمیز نمایید و پیش گرما دهید و سپس داخل روان‌ساز فرو نمایید تا مانند الکترود روکش دار شود.

۳ مشعل را با فاصله حدود یک سانتی‌متر و زاویه ۷۰ درجه به لب قطعه نزدیک نمایید و مدت کوتاهی گرم نمایید و سیم برج را در اتصال فرو ببرید.
دو نکته حائز اهمیت در این مرحله:

۱ برج مانند ساقمه روی سطح پخش نشود که دلیل این پدیده حرارت ناکافی در سطح اتصال است.

۲ اگر چنانچه در اثر برخورد سیم برجی به سطح قطعه بخار سفید رنگ متصاعد شود یعنی حرارت اتصال خیلی بیشتر از نقطه ذوب لحیم است و باید حرارت 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.

۵ کنترل کیفیت: با توجه به مطالبی که آموخته‌اید و راهنمایی هنر آموز خود قطعه را مورد بازرگاری قرار داده و در صورت لزوم تست تخریب را انجام دهید.

نکته

نباید پهنهای لحیم از ۵ میلی‌متر بیشتر باشد تا از اسراف بیش از حد آلیاژ لحیم و تنفس حرارتی جلوگیری شود.

در اتصال لحیم سخت هرچه فاصله درز اتصال کمتر باشد کیفیت اتصال بهتر است.
پیش گرمایش و تمیزکاری در این فرایند باعث نفوذ بهتر لحیم می‌شود.
پس در مواردی که آب‌بندی اتصال اهمیت دارد نیز می‌توان اتصال مطلوب را انتظار داشت.



نکته‌ایمنی

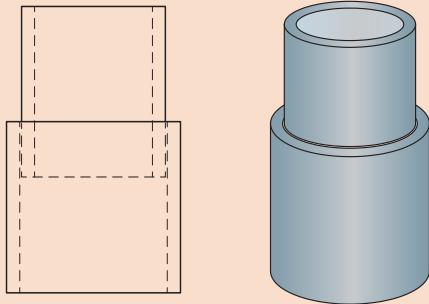


شرایط ایمنی کلی در این اتصال همانند جوشکاری اکسی استیلن و لحیم کاری سخت است. فقط دقت شود:

دستان آلوده به روان‌ساز را هرگز به چشمانتان نزنید.

در صورت آلوده شدن چشم‌ها به روان‌ساز 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.



شکل ۹- نقشه اتصال لوله مسی

لحیم سخت مس با آلیاژ نقره
دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه زیر آماده سازی و
مونتاژ نمایید و طبق دستور العمل ارائه شده جوشکاری
نمایید.

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:



شکل ۱۰- 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 (شکل ۱۰).

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. (شکل ۱۰)

۳ قطعه را داخل گیره قرار دهید و شعله خنثی را روشن نمایید و به آرامی لبه اتصال را پیش گرم نمایید.

۴ روان‌ساز نقره را مانند نمک پاش در درز اتصال بپاشید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- پاشش روان‌ساز در
درز اتصال

- ۵ سیم جوش نقره را داخل روان‌ساز فرو ببرید دوباره قطعه را پیش گرم نمایید تا روان‌ساز 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 آب‌بندی اتصال را توسط فشار باد یا آب چک کنید.

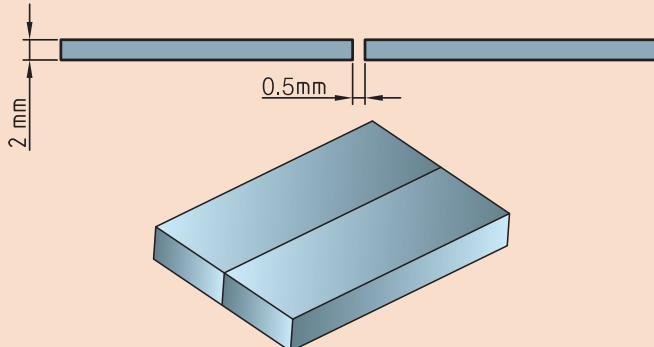
نکته‌ایمنی

- شرط ایمنی کلی در این اتصال همانند جوشکاری اکسی استیلن و لحیم‌کاری سخت است. فقط دقت شود:
- دستان آلوده به روان‌ساز را هرگز به چشمانتان نزنید.
 - در صورت آلوده شدن چشم‌ها به روان‌ساز 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.



لحیم‌کاری اتصالات برنجی و آلومینیومی

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



اتصال برق با مفتول برق

دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه شکل ۱۲ آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستورالعمل ارائه شده جوشکاری نمایید.

شکل ۱۲- نقشه اتصال سر به سر قطعات برقی

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
مواد اولیه	دو قطعه ورق برق 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 حرارت بالا در برق، 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 دهیم.
- 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 اینمنی 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 ۱۵ دقیقه آنها را با آب سرد بشویید و سپس در اسرع وقت به پزشک مراجعه نمایید.
- در حین کار از عینک، دستکش و وسایل اینمنی 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 ریخته گری مناسب و شکل پذیری عالی آنها نیز یکی دیگر از عوامل کاربرد فراوان آنهاست.

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

(الف) آلیاژهای کارپذیر (جدول ۹)

(ب) آلیاژهای ریختگی (جدول ۱۰)

جدول ۹- گروههای مختلف آلیاژهای آلومینیوم کارپذیر

گروه آلومینیوم	عناصر آلیاژی
۱xxxx	آلومینیوم خالص (با خلوص بیش از ۹۹ درصد)
۲xxxx	مس
۳xxxx	منگنز
۴xxxx	سیلیسیم
۵xxxx	منیزیم
۶xxxx	منیزیم - سیلیسیم
۷xxxx	روی
۸xxxx	عناصر دیگر

جدول ۱۰- گروههای مختلف آلیاژهای آلومینیوم ریختگی

گروه آلومینیوم	عناصر آلیاژی
۱xx.x	آلومینیوم خالص (با خلوص بیش از ۹۹ درصد)
۲xx.x	مس
۳xx.x	سیلیسیم با مقدار جزئی مس یا منیزیم
۴xx.x	سیلیسیم
۵xx.x	منیزیم
۷xx.x	روی
۸xx.x	قلع

اتصال آلومینیوم: جوشکاری یا لحیم کاری این فلز با روش های مختلفی از جمله الکترود دستی، 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 ۱۱ مشکلات جوشکاری آلومینیوم را نشان می دهد.

جدول ۱۱- 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

نکته

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



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 معرض بزرگی می باشد که با وجود آن اتصال ناقص خواهد بود لذا قبل از انجام جوشکاری یا لحیم کاری باید کاملاً آن را زدود.

روش های حذف لایه اکسیدی

(الف) روش مکانیکی: با تمام روش های براده برداری دستی و ماشینی می توان لایه اکسیدی را از روی سطح آلومینیوم برداشت (شکل ۱۳).



سوهان



سنبداد



سنگ پولیش

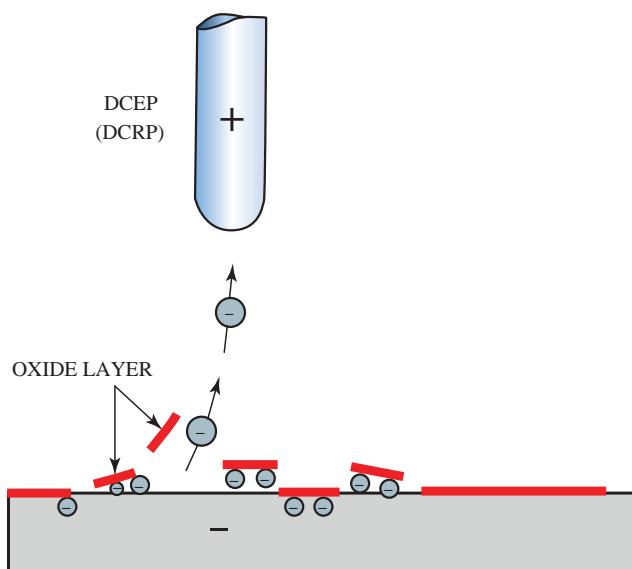
شکل ۱۳- روش های تمیز کاری مکانیکی



ب) شیمیایی: از حلال‌هایی نظیر استن، تتراکلروکربن و تتراترکلرواتیلن قبل از فرایند لحیم کاری برای زدودن لایه اکسیدی می‌توان استفاده نمود و از روان‌ساز برای این امر در حین فرایند استفاده می‌شود (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- نمونه‌ای از روان‌ساز مورد استفاده در اتصال آلومینیوم

پ) الکتریکی: در جوشکاری‌های قوسی اگر از قطبیت DCRP استفاده شود، از آنجا که الکترود 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 ۱۵).



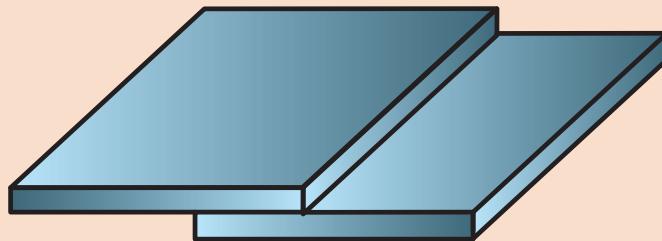
شکل ۱۵- خاصیت تمیزکاری قوس در جریان AC و DCRP

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. یکی از معروف‌ترین این نوع روان‌سازها هریس می‌باشد.



جوش گوشه لب روی هم ورق آلمینیوم

دستور کار: قطعات را مطابق با نقشه شکل ۱۶ آماده سازی و مونتاژ نمایید و طبق دستور العمل ارائه شده جوشکاری نمایید.



شکل ۱۶- نقشه آماده سازی جوش گوشه لب روی هم

توضیحات	موارد مورد نیاز
دستگاه جوش اکسی گاز	تجهیزات فنی
دو قطعه ورق سری ۴۰۰۰ آلمینیوم با ابعاد $۳۵ \times ۱۰۰ \times ۱۰۰$	مواد اولیه
سیم جوش ۴۳۴۰ قطر $2/5$ میلی متر و روان ساز	مواد مصرفی

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 احیایی 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 روى 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 آلمینیوم 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. 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 ۷۵ درجه به سمت ۴۵ درجه کاهش دهید.

(شکل ۱۷)



شکل ۱۷- اتصال لب روی هم نهایی

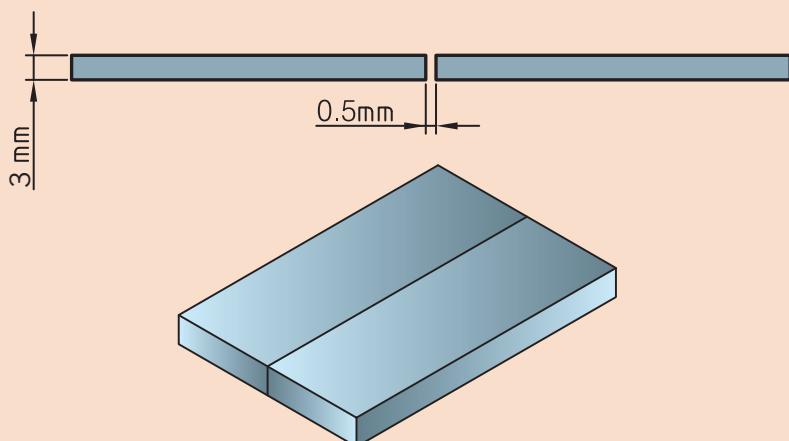
۶ شعله را خاموش نموده و بقایای روان‌ساز را شستشو دهید و با اسکاج نرم و مایع شوینده تمیز نموده سپس به کمک هنر آموز خود قطعه را مورد بازرگانی قرار دهید.
اتصال یکپارچه، عدم وجود مک و تخلخل، عدم فروکشی مذاب از نشانه‌های مناسب بودن اتصال و موفقیت شما است. و سپس تست تخریب را به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

فعالیت
کارگاهی ۵



جوشکاری اتصال لب به لب آلومینیوم

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



نقشه ۱۸- اتصال سر به سر

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه جوش اکسی گاز
مواد اولیه	دو قطعه ورق سری ۴۰۰۰ آلمینیوم با ابعاد $100 \times 35 \times 3$
مواد مصرفی	سیم جوش ۴۳/۵ قطر ۴۰ میلی‌متر و روان‌ساز

شرح فعالیت

۱ انتخاب فلز پرکننده

با توجه به نوع آلیاژ آلمینیوم سیم‌های متعددی وجود دارد که به بازار عرضه می‌شود.

۲ لبه‌های هر دو قطعه کار در هر دو طرف را با سنباده کمی براده‌برداری نمایید تا لایه اکسیدی رفع شود.

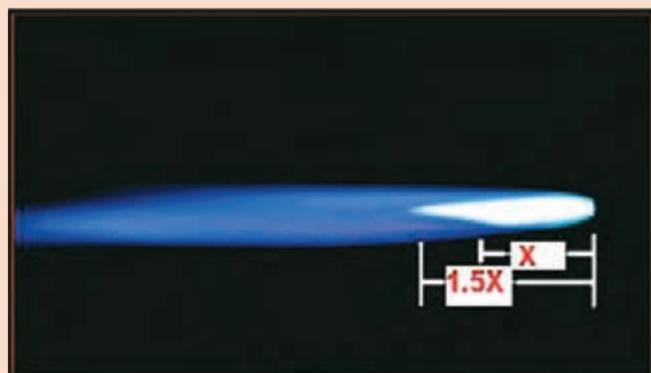
۳ روان‌ساز را به اندازه موردنیاز داخل یک ظرف تمیز مثل لیوان ریخته و کمی آب به آن اضافه کنید و به هم بزنید. سپس روان‌ساز را با قلم مو روی لبه‌های تمیز شده و سیم جوش بمالید و حدود پنج دقیقه مکث نمایید.

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

۵ همان‌طور که مشعل مناسب را انتخاب نموده‌اید، اکنون شعله اندکی احیایی را روشن نمایید.

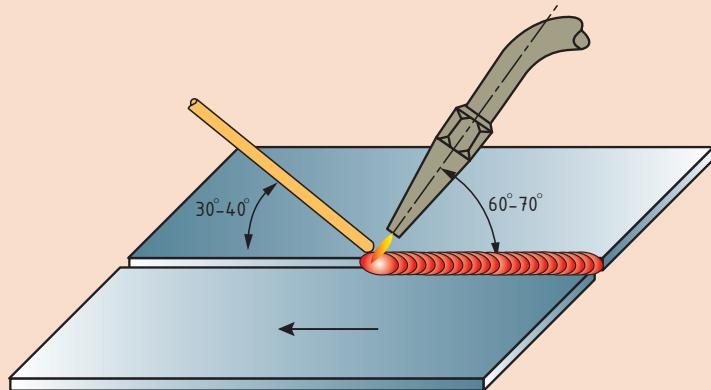
۶ بخش بسیار دقیق و سخت فرایند در این مرحله می‌باشد. اندکی شعله را روی لبه نگه داشته و بچرخانید شعله نباید یک جا متمرکز شود. پس از مدت کوتاهی شبندم روی قطعه ایجاد می‌شود و شما نوک سیم را هر از چند گاه آرام روی قطعه بکوبید، به محض فرو رفتن سیم داخل قطعه یک حرکت نوسانی داده و حال جوش انجام می‌شود. توجه نمایید که رنگ آلمینیوم در هنگام ذوب همچنان تغییر نمی‌کند و اگر شعله را در محلی زیاد از حد نگه دارید دمای فروکش حادث می‌شود و لبه اتصال کاملاً فرو می‌ریزد.

همین عمل را در طرف دیگر برای خال جوش انجام دهید.



شکل ۱۹- شعله احیایی مورد استفاده در جوشکاری آلمینیوم به روش OAW

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



شکل ۲۰- کاهش زاویه پیش روی مشعل در خال جوشکاری

شعله را خاموش نموده و بقایای روان‌ساز را شستشو دهید و با اسکاچ نرم و مایع شستشو تمیز نموده سپس به کمک هنرآموز خود قطعه را مورد بازرگانی قرار دهید. اتصال یکپارچه، عدم وجود مک و تخلخل، عدم فروکشی مذاب از نشانه‌های مناسب بودن اتصال و موفقیت شما است. سپس تست تخریب را به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

فلز پر کننده ۴۳۴۵ در صنعت برای لحیم کاری آلومینیوم بسیار پرکاربرد است.

نکته



ارزشیابی پایانی 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 کار گیری 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 دستور العمل
- لحیم کاری قطعه برابر نقشه
- کنترل اتصال برابر رویه

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه جوشکاری گاز استاندارد، تجهیزات کامل جوشکاری اکسی سوت، سیم جوش ها، فلاکس ها، حلال های شیمیایی، برس سیمی، چکش، سندان، کمان اره، تجهیزات ایمنی، انبر برای جایه 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	۱	
۲	لحیم کاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
*	میانگین نمرات		

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

واحد یادگیری ۳

میگ بریزینگ

آیا تابه حال پی برد هاید؟

- با فرایند قوس الکتریکی نیز می توان لحیم کاری نمود.
- با فرایند میگ نیز می توان لحیم کاری نمود.
- جوشکاری و لحیم کاری با فرایند میگ با هم متفاوت است.

در این واحد یادگیری نوعی دیگر از لحیم کاری که با روش جوشکاری قوس الکتریکی تحت پوشش گاز محافظت انجام می شود را خواهید آموخت.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی میگ بریزینگ هنرجویان قادر به تنظیم و راه اندازی دستگاه و لحیم کاری دو ورق فولادی با روش MIG بر اساس WPS خواهند بود.

عوامل زیر سبب استفاده از فرایند GMAW در لحیم کاری مخصوصاً در صنایع خودروسازی شده است.

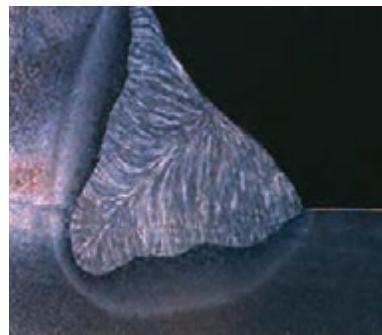
- سرعت تولید بالا
- گرمای ورودی کم
- اعوجاج کم
- کیفیت بهتر گرده لحیم

میگ بریزینگ یک فرایند قوسی

آیا هر اتصالی که با قوس الکتریکی ایجاد شود جوشکاری است؟
به شکل ۲۱ نگاه کنید. هر دو اتصال بر روی قطعات فولادی و با قوس الکتریکی توسط فرایند GMAW ایجاد شده‌اند با توجه به آن جدول ۱۲ را تکمیل نمایید.



ب) لحیم



الف) جوش

شکل ۲۱- دو اتصال ایجاد شده با فرایند GMAW

جدول ۱۲- تفاوت‌های جوش و لحیم در شکل ۲۱

تصویر ب	تصویر الف	شرح سؤال
.....	در کدام اتصال ذوب فلز پایه دیده می‌شود؟
.....	در کدام تصویر فلز پر کننده هم جنس فلز پایه است? (طفاً با توجه به رنگ فلز پرکننده پاسخ دهید)
.....	میزان گرمای ورودی و اعوجاج در کدام تصویر بیشتر است؟
.....	کم بودن نقطه ذوب فلز پرکننده نسبت به فلز پایه؟
.....	جنس فلز پرکننده در کدام فرایند هم جنس قطعه است؟

جدول ۱۳ را تکمیل کنید.

جدول ۱۳- مقایسه نقطه ذوب و جنس فلز پرکننده در جوشکاری و لحیم کاری



ردیف	شرح سؤال	جوشکاری	لحیم کاری سخت
۱	نقطه ذوب فلز پرکننده نسبت به فلز پایه	.....	.....
۲	جنس فلز پرکننده در کدام فرایند هم جنس و در کدام یک غیرهم جنس است؟	.....	.....

تجهیزات میگ بریزینگ



شكل ۲۲- نمایی از دستگاه میگ بریزینگ

شكل ۲۲ دستگاه میگ بریزینگ را نشان می دهد.
این تجهیزات مشابه تجهیزات کدام فرایند است؟



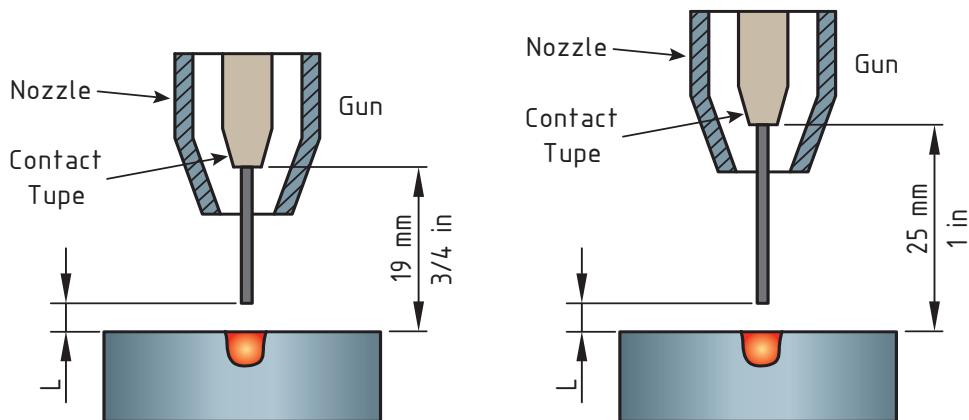
با توجه به شکل ۲۲ جدول ۱۴ را تکمیل نمایید.

جدول ۱۴- اجزا و مشخصات دستگاه میگ

ردیف	نام بخش	شرح وظیفه
۱	منبع تغذیه	
۲	واحد تغذیه سیم	
۳	واحد آب خنک	
۴	تورچ	
۵	کپسول گاز	
۶	فلومتر	

منبع تغذیه میگ

دستگاه مورد استفاده در این فرایند، همان دستگاه‌های ولتاژ ثابت GMAW است. یکی از مزیت‌هایی که استفاده از دستگاه‌های ولتاژ ثابت ایجاد می‌کند طول قوس خود تنظیم و سهولت اجرای فرایند می‌باشد (شکل ۲۳).



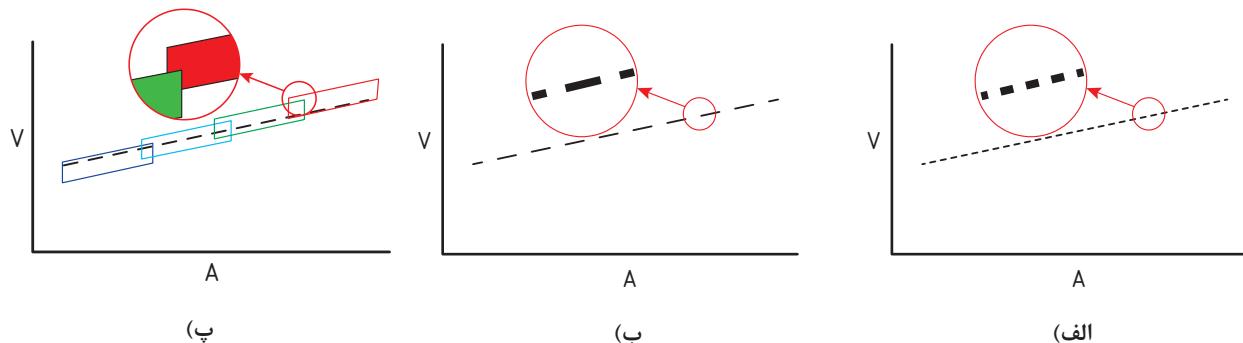
شکل ۲۳- طول قوس خود تنظیم در فرایند GMAW

دستگاه‌های مختلف MIG Brazing و GMAW: شکل ۲۴ دستگاه‌های مختلف مورد استفاده در فرایند MIG Brazing و GMAW است که همان دستگاه‌های GMAW است را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴- دستگاه‌های مختلف MIG Brazing و GMAW با قابلیت تنظیم ولتاژ به صورت (الف) کاهش پله‌ای، (ب) تریستوری (پ) سینرجیک

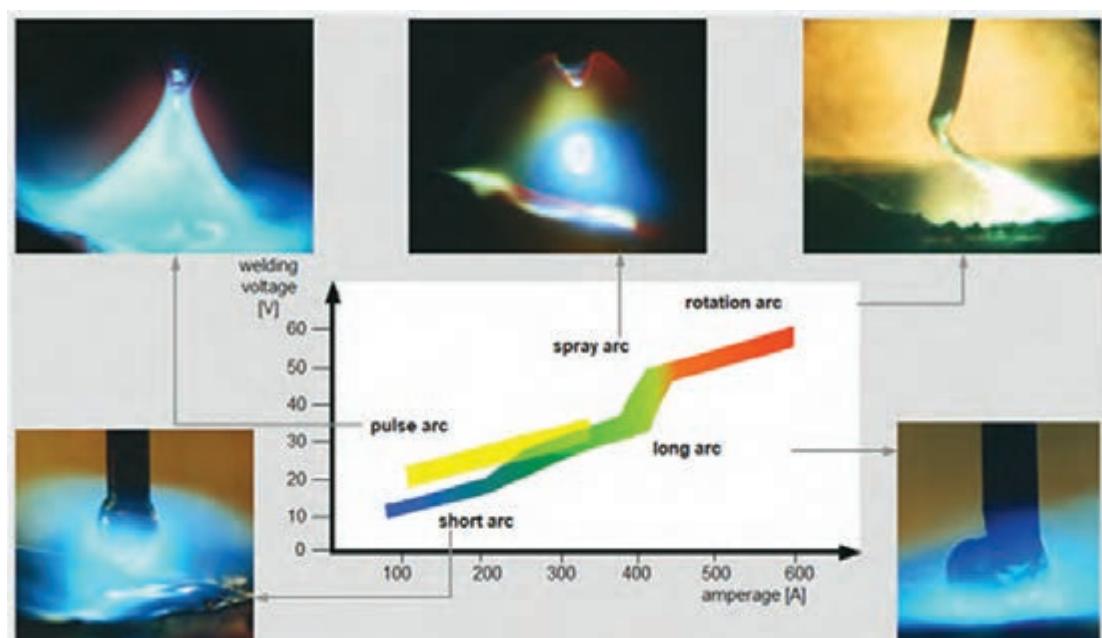
شکل ۲۵ نمودار تغییرات ولتاژ و آمپر (تنظیمات) را برای دستگاه‌های مختلف در فرایند GMAW را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵- نمودار تنظیمات در دستگاه‌های (الف) کاهش پله‌ای (ب) تریستوری (پ) سینرجیک

همان‌طور که در تصاویر ملاحظه می‌کنید در دستگاه‌های:

- **(الف) کاهش پله‌ای:** ولتاژ را به صورت پله‌ای از نقطه‌ای به نقطه دیگر تغییر دهیم و امکان تغییر پیوسته ولتاژ وجود ندارد به عبارت دیگر ولتاژ از نقطه‌ای به نقطه دیگر به صورت جهشی کم یا زیاد می‌شود.
- **(ب) تریستوری:** در این منابع تعذیه تنظیم ولتاژ توسط پتانسیومتر به صورت پیوسته قابل کنترل می‌باشد.
- **(پ) سینرجیک:** در این دستگاه‌ها انرژی موردنیاز برای جوش‌های خودکار آمپر و ولتاژ را برای کار تنظیم می‌نماید تا به وسیله آن بتوان به انتقال قطرات مختلف در فرایند GMAW رسید (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- تغییرات انتقال قطره با توجه به تغییرات آمپر و ولتاژ



با توجه به اینکه در لحیم کاری سخت نقطه ذوب فلز پرکننده پایین است و گرمای ورودی نیز باید کنترل شده باشد جدول ۱۵ را تکمیل نمایید.(اتصال کوتاه، اسپری، قطره‌ای، پالسی)

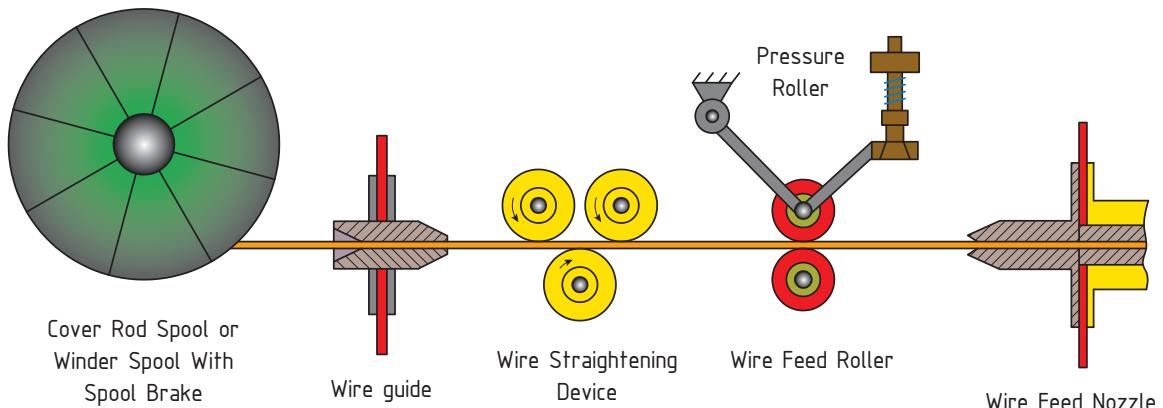
جدول ۱۵- انتقال قطره مناسب برای فرایند میگ بریزینگ

ردیف	فرایند	مناسب‌ترین روش‌های انتقال قطره در این فرایند
۱	لحیم کاری سخت با قوس الکتریکی	-۱ -۲

نتیجه گیری: با توجه به مطالبی که تاکنون آموخته‌اید با استفاده از تمامی منابع قدرت می‌توان لحیم کاری سخت با قوس الکتریکی را انجام داد.

واحد تغذیه سیم

شکل ۲۷ تصویر شماتیک از اجزای واحد تغذیه سیم را نشان می‌دهد که کاملاً با آن آشنا هستید.

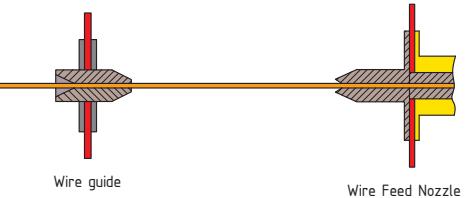
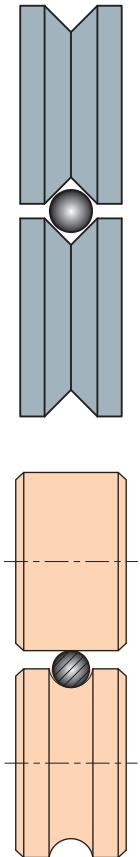


شکل ۲۷- اجزای واحد تغذیه سیم در فرایند MIG Brazing

واحد تغذیه سیم فرایند GMAW تنها با اعمال تغییراتی اندک توانایی کار در حالت میگ بریزینگ را دارد. می‌باشد.

تغییرات اعمال شده به واسطه نرم‌بودن سیم‌جوش‌های مورد استفاده در میگ بریزینگ است. جدول ۱۶ این تغییرات را بر حسب اولویت نشان می‌دهد:

جدول ۱۶- تغییرات اعمال شده در اثر نرمی سیم جوش

ردیف	اجزای متغیر	تصویر	توضیحات
۱	لوله های راهنمای	 Wire guide Wire Feed Nozzle	این لوله ها از جنس برنج، فولاد و یا تفلون ساخته می شوند. در این فرایند بهتر است از لوله های تفلونی یا برنجی استفاده شود.
۲	غلتک های تغذیه		<p>در این واحد ممکن از دو یا چهار غلتک استفاده شود. شیار غلتکها برای سیم های لحیم کاری باید U شکل باشند.</p> <p>در جدیدترین یافته ها غلتک هایی با شیار V و با زاویه رأس ۹۰ درجه ساخته می شوند که در بالا و پایین استفاده شده تا با بیشترین اصطکاک و کمترین فشار بر روی سیم آنها را هدایت نمایند.</p>

تورج

تغییراتی که در تورج GMAW باید ایجاد شود تا توانایی کار با سیم های نرم لحیم کاری را داشته باشند عبارت اند از:

- بهتر است به جای راهنمای فنری داخل تورج از راهنمای تفلونی یا گرافیتی استفاده شود.
- طول تورج کوتاه انتخاب شود و یا منبع تغذیه سیم را در ارتفاع برد و روی یک بازو نصب کنیم تا مسیر حرکت سیم جوش صاف باشد.

گاز محافظ

همان طور که از اسم این فرایند (MIG Brazing) مشخص است، گاز محافظ مورد استفاده در این فرایند باید خنثی باشد.

گازهای خنثی موجود در بازار که در جوشکاری استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:

- آرگون (Ar)
- هليوم (He)
- مخلوط آرگون و هليوم (Ar+He)

پرسش



در شکل ۲۸ قسمتی از جدول تناوبی عناصر آورده شده است. با توجه به آن در لحیم‌کاری سخت قوسی کدام گاز خنثی گرمای کمتری ایجاد می‌کند و مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period	1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
1	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
2	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
3	55 Cs	56 Ba	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
4	87 Fr	88 Ra	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	
5	Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
6	Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

شکل ۲۸- مقایسه موقعیت عنصر آرگون و هليوم در جدول تناوبی

سیم جوش

یکی از کامل‌ترین مراجع بین‌المللی استاندارد که به موضوع لحیم‌کاری سخت پرداخته است ASM Handbook Volume6 است. اما برای انتخاب فلز پرکننده در این فرایند نمی‌توان به سادگی از این استاندارد استفاده کرد زیرا تمام فلزات پرکننده‌ای که در این استاندارد آورده شده است بالاً به صورت کلاف برای لحیم‌کاری قوسی تولید نشده، بنابراین باید از Welding Handbook Consumables برای انتخاب فلز پرکننده استفاده شود. جدول ۱۷ انواع پرکاربرد و موجود در بازار سیمهای میگ بریزینگ و گاز محافظ پیشنهادی آنها را نشان می‌دهد.

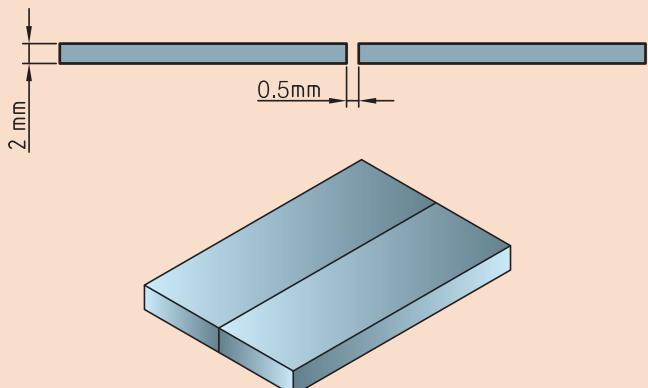
جدول ۱۷- انواع سیم میگ بریزینگ و خصوصیات آن

ردیف	نام فلز پرکننده ۱۷۳۳ DIN	نوع آلیاژ	خواص فیزیکی	خواص شیمیایی	کاربرد	تصویبیه
۱	SG CuSn8	برنز قلع	استحکام کششی کم ۲۶۰ مگاپاسکال	جوش پذیری خوب در مواردی که آلیاژهای حاوی روی نیاز به جوشکاری داشته باشند.	اتصال آلیاژهای مس و روی به فولاد و تعمیرات عیوب ریختگی در برنزها	استفاده از گاز آرگون حالص استفاده از مود پالس
۲	SG CuSi3	برنز سیلیسیم	استحکام کششی متوسط ۳۵۰ مگاپاسکال	مقاومت به سایش خوب	اتصال ورقهای نازک روکش شده گالوانیزه بدنه خودروها و چدن و فولادهای غیرآلیاژی	استفاده از گاز آرگون با یک درصد اکسیژن استفاده از مود پالس
۳	SG CuAl8	برنز آلومینیوم	استحکام کششی خوب ۴۳۰ مگاپاسکال	مقاومت به سایش خوب مقاومت به خوردگی خیلی خوب در آب شور(دریا)	تعمیرات پروانه کشتی پوشش (ایده‌دهی) یاتاقان‌ها و برخی ریل‌ها	استفاده از گاز آرگون حالص

طرح اتصال

جدول ۱۸- اتصالات قابل اجرا در میگ بریزینگ

ردیف	نوع اتصال	تصویر
۱	(butt joint) سر به سر	
۲	(lap joint) لب روی هم	
۳	(T joint) سپری	



لحیم کاری سخت اتصال سر به سر
دستور کار: قطعات را مطابق با
نقشه شکل ۲۹ آماده سازی و مونتاژ
نمایید و طبق دستور العمل ارائه
شده جوشکاری نمایید.

شکل ۲۹- اتصال سر به سر

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه میگ بریزینگ
مواد اولیه	دو قطعه ورق فولادی با ابعاد $۱۰۰ \times ۳۵ \times ۲$
مواد مصرفی	سیم جوش SG CuSi3 قطر ۱ میلی متر

تنظیمات

Polarity: DCEP
Shielding Gas: Argon
Flow Rate: 30-35 CFH
Material: Mild Steel

Joint Type/Position: Butt Joint – 1G

Wire Size	24 ga		22 ga		20 ga		18 ga		16 ga		14 ga		1/8"		
	Volts	WFS													
120 Volt	.030"	3.5	30	3.5	35	4	40	4	45	4	55	4.5	65	4.5	70
	.035"	3.5	30	4	30	4	35	4	35	4.5	45	5	45	5	65
240 Volt	.030"	3	30	3.5	35	4	40	4	45	4	55	4.5	65	5	70
	.035"	3.5	30	4	30	4	35	4	35	4.5	45	4.5	45	5	65

شکل ۳۰- تنظیمات دستگاه

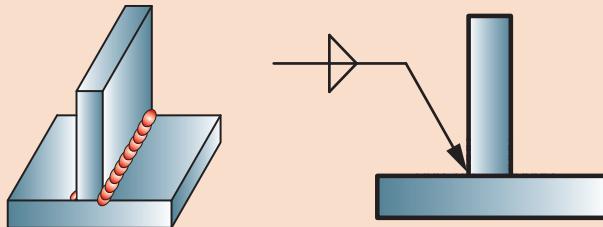


- منظور از ga در جدول فوق شماره گیج ضخامت سنج قطعه است.
- در هنگام لحیم کاری از تکنیک پیش دستی (پیشرو) استفاده می شود. استفاده از تکنیک پس دستی (پس رو) علاوه بر افزایش نامناسب گرده جوش باعث سیاه شده سطح لحیم نیز می شود (شکل ۳۱).



لحیم کاری سخت اتصال سر به سر

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



شکل ۳۱- اتصال سپری

توضیحات	موارد مورد نیاز
دستگاه میگ	تجهیزات
دو قطعه ورق فولادی با ابعاد $100 \times 35 \times 2$	مواد اولیه
سیم جوش SG CuSi3 قطر ۱ میلی متر	مواد مصرفی

تنظیمات

تنظیمات مطابق شکل انجام می شود.

Polarity:	DCEP
Shielding Gas:	Argon
Flow Rate:	30-35 CFH
Material:	Mild Steel

Joint Type/Position: T-Joint – 2F

	Wire Size	20 ga		18 ga		16 ga		14 ga		1/8"	
		Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS
120 Volt	.030"	15	275	16.6	355	17.3	370	-	-	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	290	17.3	315	18.5	350
240 Volt	.030"	15	275	16.6	355	17.3	370	-	-	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	290	17.3	215	18.5	355

Joint Type/Position: Lap Joint – 2F

	Wire Size	20 ga		18 ga		16 ga		14 ga		1/8"	
		Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS
120 Volt	.030"	15	275	16.3	340	17.3	370	18.6	400	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	285	17.3	310	18.5	340
240 Volt	.030"	15	275	16.3	340	17.3	370	18.6	400	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	285	17.3	310	18.5	340

شکل ۳۲- تنظیمات دستگاه

نکته ایمنی

- ۱ توجه به بیرون زدگی سیم جوش
- ۲ به کارگیری ماسک ایمنی
- ۳ پوشش لباس کار
- ۴ توجه به خطر جریان الکتریکی

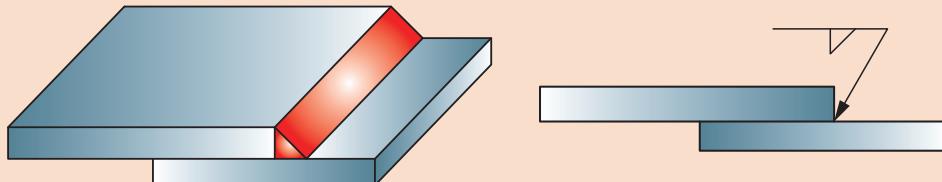


فعالیت
کارگاهی ۸



لحیم کاری سخت اتصال سر به سر

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



موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	دستگاه میگ
مواد اولیه	دو قطعه ورق فولادی با ابعاد ۱۰۰×۳۵×۲
مواد مصرفی	سیم جوش SG CuSi3 قطر ۱ میلی متر

تنظیمات

Polarity:	DCEP
Shielding Gas:	Argon
Flow Rate:	30-35 CFH
Material:	Mild Steel

تنظیمات مطابق جدول انجام می شود.

Joint Type/Position: Lap Joint – 2F

	Wire Size	20 ga		18 ga		16 ga		14 ga		1/8"	
		Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS	Volts	WFS
120 Volt	.030"	15	275	16.3	340	17.3	370	18.6	400	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	285	17.3	310	18.5	340
240 Volt	.030"	15	275	16.3	340	17.3	370	18.6	400	-	-
	.035"	15	215	15.8	265	16.5	285	17.3	310	18.5	340

شکل ۳۳ - تنظیمات دستگاه

ارزشیابی پایانی لحیم کاری سخت میگ بریزینگ

شرح کار:

- آماده سازی دستگاه
- آماده سازی قطعه کار
- لحیم کاری برابر نقشه
- کنترل ابعادی
- کنترل عیوب

استاندارد عملکرد: اتصال دو قطعه با لحیم کاری سخت میگ بریزینگ طبق WPS

شاخص ها:

- تنظیم سرعت سیم، ولتاژ یا فشار گاز، برشکاری قطعه کار، تمیز کردن لایه اکسیدی، بریزینگ (لحیم کاری) برابر دستور العمل
- خال زنی برابر دستور العمل
- لحیم کاری بدون عیوب پاشش جرقه و گرده منظم
- تمیز کاری قطعه کار و تورج برابر رویه

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه با تجهیزات عمومی کارگاهی، کابین جوشکاری با هواکش، انبار کپسول، دستگاه جوشکاری GMAW

ابزار و تجهیزات:

دستگاه جوشکاری GMAW، وسایل ایمنی فردی، کابین جوشکاری با هواکش

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی	۱	
۲	لحیم کاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
شاخص های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
*	میانگین نمرات		

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

پودمان ۳

جوشکاری گل میخ



گل میخ یک فرایند قوسی است که در اثر گرمای ایجاد شده قوس الکتریکی، یک زائد (گل میخ) را به فلز پایه متصل می‌کند. این فرایند کاربرد بسیاری در صنعت دارد.

واحد یادگیری ۴

جوشکاری گل میخ

آیا تابه حال پی برد هاید؟

- چگونه پیچ ها در داخل اتاق خود رو به بدنه جوش شده اند.
- برای در گیری بیشتر سازه ساختمان به بتن از چه روشی استفاده می شود.

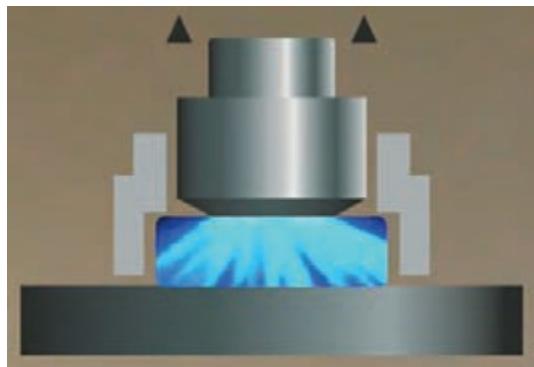
در این واحد یادگیری هنرجویان ابتدا با فرایند گل میخ و کاربردهای آن آشنا می شوند، در ادامه تجهیزات و ابزارهای کاربردی در این فرایند معرفی و رویه نصب و راه اندازی آنها شرح داده خواهد شد. به طور کلی چهار نوع فرایند گل میخ مرسوم است؛ فرایند تخلیه خازنی و فرایند غوطه وری قوسی که در این واحد یادگیری به آن پرداخته می شود. روش ارائه مطالب در این واحد یادگیری به نحوی است که ابتدا هنرجویان با دانش این فرایند آشنا می شوند و سپس مهارت های لازم برای هر مرحله را در قالب کار عملی کسب خواهند کرد.

استاندارد عملکرد

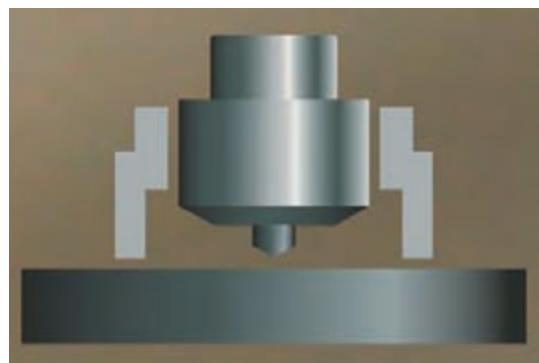
پس از اتمام واحد یادگیری هنرجویان قادر به تنظیم و راه اندازی دستگاه و اتصال گل میخ به سطح ورق فولادی بر اساس WPS خواهند بود.

جوشکاری گل میخ چیست؟

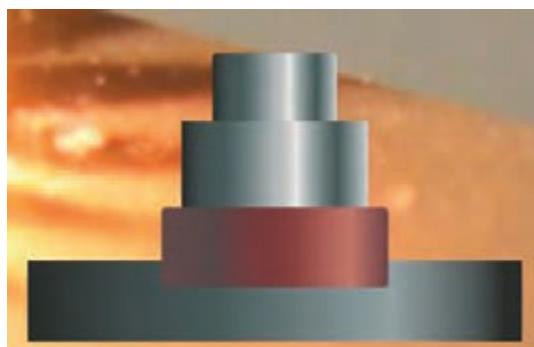
شکل ۱ مراحل ایجاد اتصال با فرایند گل میخ را نشان می‌دهد. با توجه به آن، به نظر شما چه شباهت و تفاوتی بین فرایند گل میخ و دیگر فرایندهای جوشکاری قوسی وجود دارد؟



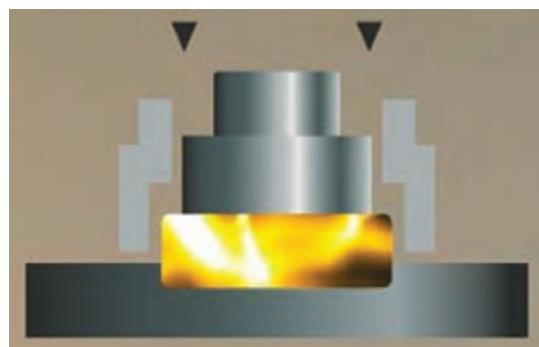
مرحله دوم



مرحله اول



مرحله چهارم



مرحله سوم

شکل ۱-مراحل ایجاد اتصال به روش گل میخ

شکل ۲ یک نمونه از اتصال ایجاد شده به روش گل میخ را نشان می‌دهد. فرایند گل میخ کاربردهای بسیاری در صنایع ساختمانی، خودرو، پزشکی و نفت و گاز دارد.



شکل ۲-اتصال ایجاد شده به روش گل میخ

جوشکاری گل میخ فرایندی است که یک زائد (پیچ و مهره و غیر از آنها) را به قسمتی از فلز پایه به واسطه گرمای قوس الکتریکی به طور دائمی به هم متصل می‌کند. از لحاظ دسته بندی فرایندهای جوشکاری، جوش گل میخ یک فرایند ذوبی است که در دسته فرایندهای قوسی قرار می‌گیرد. این فرایند از لحاظ اصول پایه‌ای و جنبه‌های متالورژیکی شبیه دیگر فرایندهای جوشکاری قوسی است.

فرایند گل میخ در کاهش هزینه تولید نقش بسزایی دارد.

این فرایند باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه تولید می‌شود. در بسیاری از حوزه‌ها فرایند گل میخ اقتصادی‌ترین روش اتصال می‌باشد. با وجود این روش اتصال، بسیاری از عملیات مانند پرچ کاری، پانچ کاری، سوراخکاری، ماشین کاری و غیره از تولید حذف خواهد شد که در کاهش هزینه تمام شده بسیار مؤثر می‌باشد.

فرایند گل میخ مزایای بسیار زیادی دارد که برخی از آنها شامل؛

- اعوجاج بسیار کم،
- زمان جوشکاری بسیار کوتاه،
- استحکام بالا،
- قابلیت اتصال در یک سمت از قطعه،
- قابلیت جوشکاری فلزات بسیار نازک،
- امکان اتصال مواد مختلف.

نصب و راه‌اندازی تجهیزات گل میخ

اجزای دستگاه جوش گل میخ

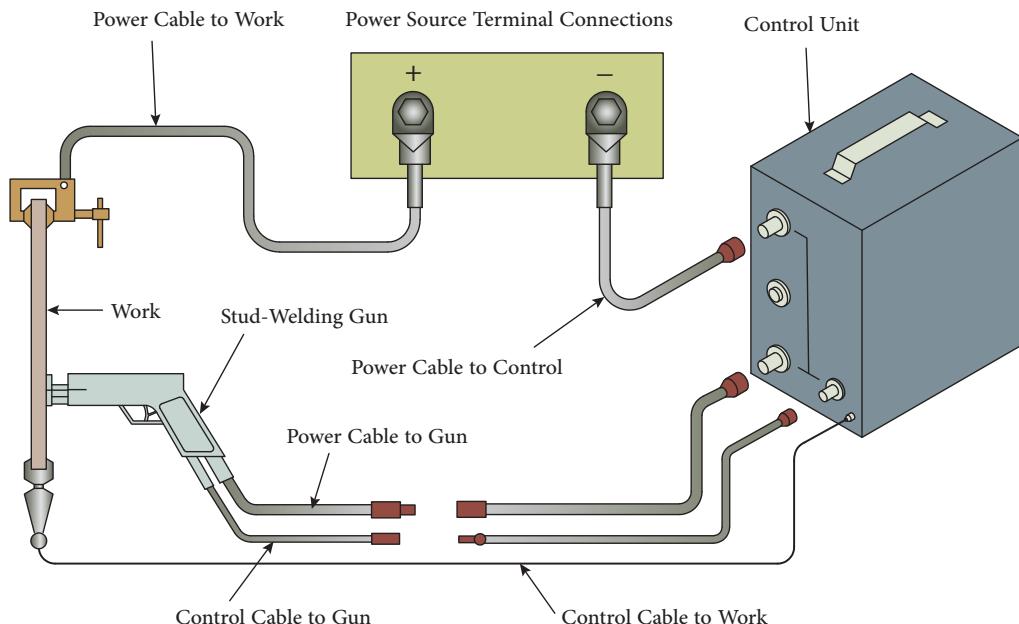
همانطور که در شکل ۳ آمده است، تجهیزات اساسی مورد نیاز برای جوش گل میخ عبارت اند از:
۱- منبع تغذیه ۲- گان جوشکاری ۳- کابل اتصال ۴- کابل کنترل ۵- کابل منبع تغذیه ۶- گل میخ ۷- اجزای نگهدارنده گل میخ (کفسک نگهدارنده)



شکل ۳- اجزای یک دستگاه جوش گل میخ

همانطور که در شکل ۴ آمده است، دستگاه گل میخ شامل سه بخش است:

- ۱ سیستم کنترل (تنظیم و کنترل زمان قوس و جایه‌جایی گان).
- ۲ گان (تأمین فشار طول قوس، نگهداری گل میخ).
- ۳ کابل‌های اتصال.



شکل ۴- شماتیک دستگاه جوش گل میخ

أنواع منبع تغذية

به طور کلی دو روش جوش گل میخ وجود دارد که از لحاظ منبع تغذیه با یکدیگر تفاوت دارند؛

- ۱ منبع تغذیه قوس غوطه‌ور (Drawn arc stud weld)
- ۲ منبع تغذیه خازنی (Capacitor discharge stud weld)



منبع تغذیه قوس غوطه‌ور

منبع تغذیه خازنی

شکل ۵- انواع منبع تغذیه گل میخ

منبع تغذیه قوس غوطه‌ور

این منبع مشابه منبع مستقیم در جوشکاری الکترود دستی است. کاربرد آن در سایت‌های نیروگاهی و تجهیزات بویلر است. به کارگیری این منبع نیز در موارد زیر است:

- الف) گل میخ و فلز پایه مشابه باشند،
- ب) ضخامت قطعه کار در مقایسه با قطر گل میخ بیشتر باشد،
- پ) در اطراف گل میخ یک لایه فیلت نیاز باشد.



شکل ۶- کاربرد منبع تغذیه قوس غوطه‌ور

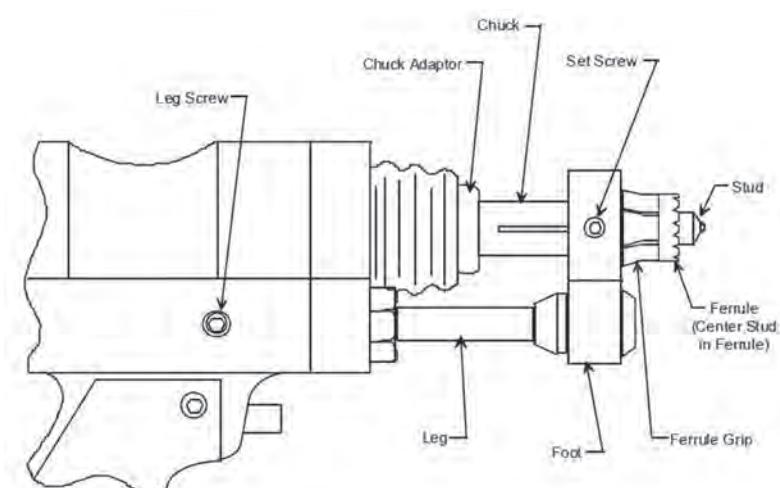
منبع تغذیه خازنی

با یک منبع تغذیه تخلیه شده و یک بانک ذخیره‌سازی خازنی کار می‌کند و کاربرد آن در صنایع الکترونیک، ورق کاری، تجهیزات پزشکی، صنایع غذایی، لوازم خانگی، فناوری عایق و... می‌باشد. به کارگیری آن در موارد زیر است:

- اتصال ورق نازک
- جوشکاری ورق گل میخ ناهمسان
- جوشکاری غیر قابل دید طرف مقابل

گان (Gun) جوش گل میخ

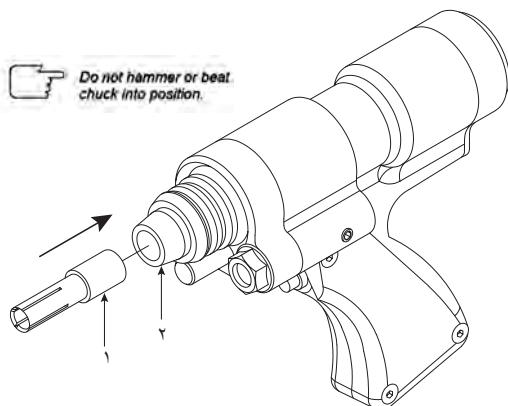
شکل ۷ اجزای تشکیل دهنده یک گان گل میخ را نشان می‌دهد.



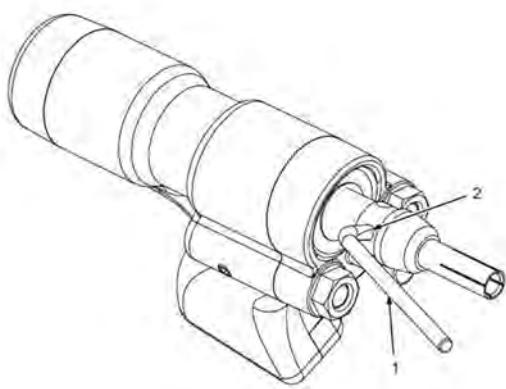
معنی فارسی	نام جزء	معنی فارسی	نام جزء	معنی فارسی	نام جزء
	Adaptor		Set Screw		Stud
	Leg Screw		Foot		Ferrule
	Gun		Chuck		Ferrule Grip

شکل ۷- اجزای گان گل میخ

نصب و راه اندازی دستگاه گل میخ



شکل ۸- قرار دادن نگهدارنده در داخل منطبق کننده



شکل ۹- محکم کردن نگهدارنده با آچار

نصب نگهدارنده یا چاک گل میخ

برای نصب و راه اندازی گان گل میخ ابتدا آن را از منبع تغذیه جدا کرده، سپس با توجه به شکل ۸؛

الف) چاک یا نگهدارنده را در مرکز منطبق کننده قرار داده، آرام به انتهای نگهدارنده با ضربه در محل قرار دهید. (۱- نگهدارنده یا چاک ۲- منطبق کننده)

نکته

برای هر قطری از گل میخ یک نگهدارنده یا چاک مشخص وجود دارد، در نتیجه برای هر گل میخ باید از نگهدارنده خاص خودش استفاده نمود.



ب) نگهدارنده یا چاک را با استفاده آچار آلن محکم کنید،

۱ آچار آلن

۲ پیج تنظیم - منطبق کننده

نصب کفشه گل میخ

کفشه ها در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ در دو نوع بسته و انشعاب دار وجود دارند. همانطور که در شکل ۱۰ مشخص شده است، کفشه به انتهای پایه های نگهدارنده متصل می شود. برای بستن کفشه، ابتدا واشر را در پایه های نگهدارنده کوچک قرار داده و با پیج تخت آن را محکم کنید.

۱ پیج پایه

۲ واشر پایه

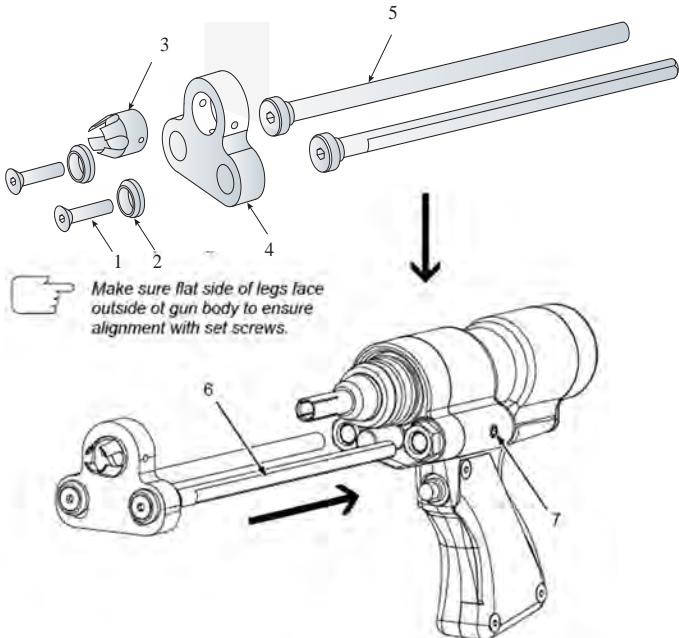
۳ نگهدارنده محافظ سرامیکی (برای قرار دادن گان گل میخ بر روی قطعه مورد اتصال استفاده می شود)

۴ کفشه

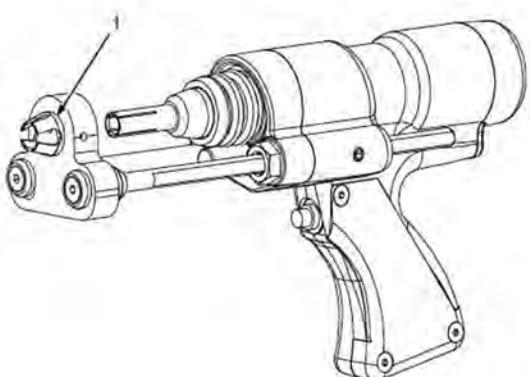
۵ پایه

۶ قسمت صاف پایه

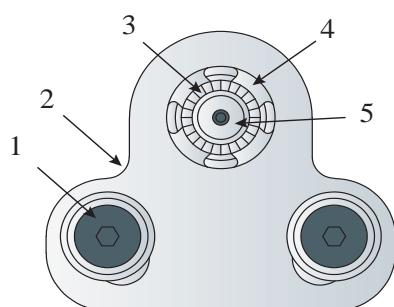
۷ پیج تنظیم پایه



شکل ۱۰- نصب کفشک به گان گل میخ



شکل ۱۱- نصب محافظ سرامیکی بر روی کفشک



شکل ۱۲- نصب محافظ سرامیکی بر روی کفشک

پایه را در داخل نگهدارنده قرار دهید و با استفاده از پیچ تنظیم، آن را هم راستا و محکم کنید.

نصب محافظ سرامیکی بر روی کفشک

همانطور که در شکل ۱۱ مشخص است، سه پیچ بر روی کفشک قرار دارند که محافظ سرامیکی روی آن قرار می‌گیرد. برای بستن محافظ سرامیکی؛ ابتدا این پیچ‌ها را باز کرده، سپس محافظ سرامیکی را درون کفشک قرار داده و محافظ را بر روی کفشک پرس کنید. سپس محافظ را توسط پیچ‌های تنظیم که بر روی کفشک قرار دارند، هم راستا کنید.

تنظیم و هم راستا کردن کفشک گان

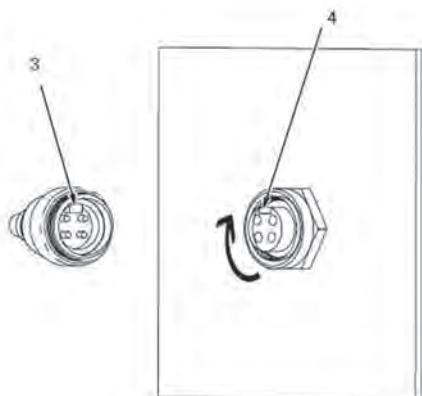
هم راستا کردن کفشک در جوش گل میخ بسیار اهمیت دارد؛ اگر کفشک به درستی تنظیم نشود ممکن است باعث ایجاد اتصال نامناسب گردد. برای هم راستا کردن، گل میخ را در داخل نگهدارنده و محافظ سرامیکی قرار دهید. مطمئن شوید که گل میخ در مرکز محافظ سرامیکی قرار گرفته است.

اتصال گان گل میخ و انبر اتصال به منبع تغذیه

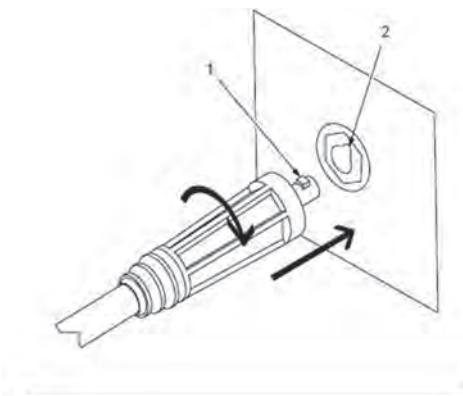
با توجه به شکل ۱۳ برای اتصال گان گل میخ به منبع تغذیه به صورت زیر عمل کنید:

■ اتصال کابل جوشکاری

■ اتصال کابل کنترل



شکل ۱۴- اتصال کابل کنترل



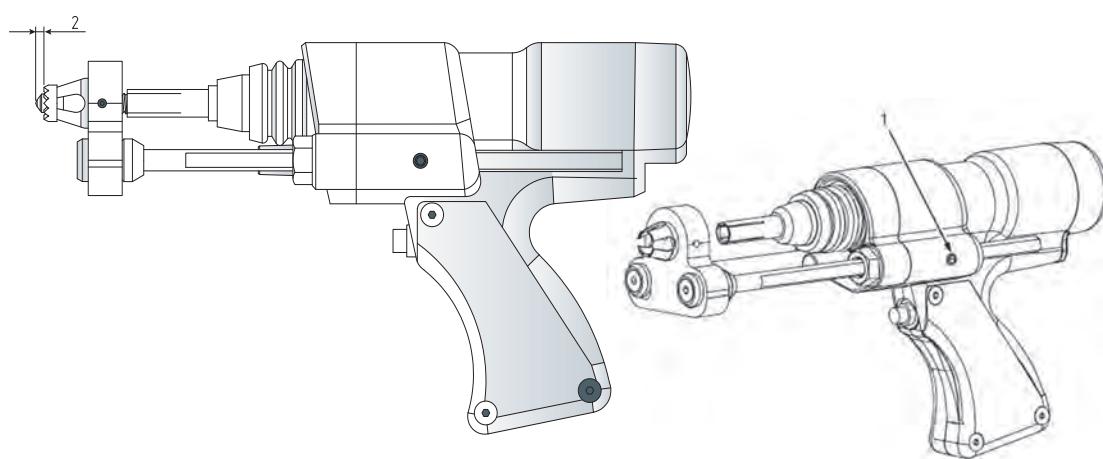
شکل ۱۳- اتصال انبر اتصال به منبع تغذیه

تنظیم پلانج

پلانج میزان گل میخ ذوب شده در طول برقراری قوس الکتریکی را کنترل می‌نماید (شکل ۱۵). پلانج و فیلت (جوش گوش) بیش از حد موجب پر شدن محافظ سرامیکی شده و موجب ایجاد پاشش می‌شود. پلانج بسیار کم باعث ایجاد فیلت ناقص می‌شود. توجه داشته باشید عمق پلانج باید تقریباً ۳ میلی‌متر باشد.

۱ پیچ تنظیم

۲ عمق پلانج (فاصله - حافظ سرامیکی تا انتهای گل میخ)



شکل ۱۵- تنظیم پلانج

جدول ۱ مقدار پلانچ را بر اساس قطر گل میخ نشان می‌دهد:

جدول ۱

Stud Diameter (mm)	Plunge (mm)
۰ - ۶	۲
۵ - ۱۵	۳
بالاتر از ۱۹	۵

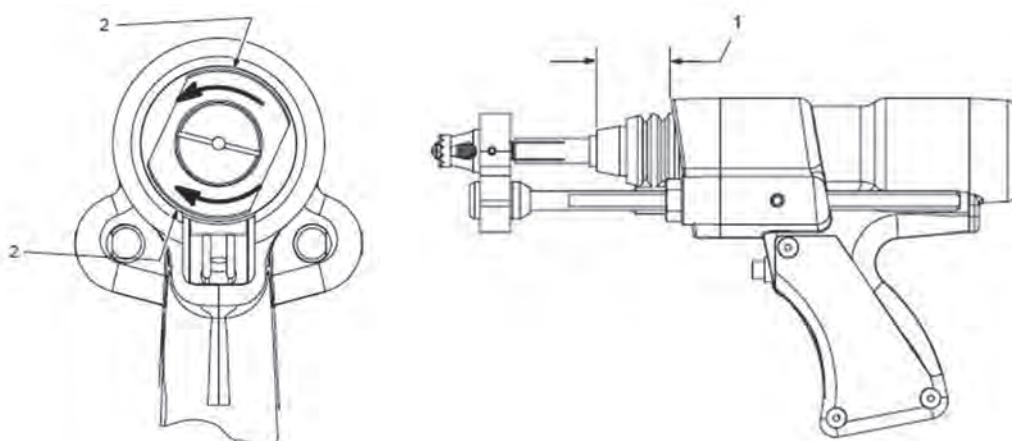
تنظیم لیفت گل میخ

لیفت مقدار طول قوس را تنظیم می‌کند و همچنین پارامتری برای تنظیم گرمای جوشکاری است. لیفت باید در حدود ۲/۵ میلی‌متر باشد.

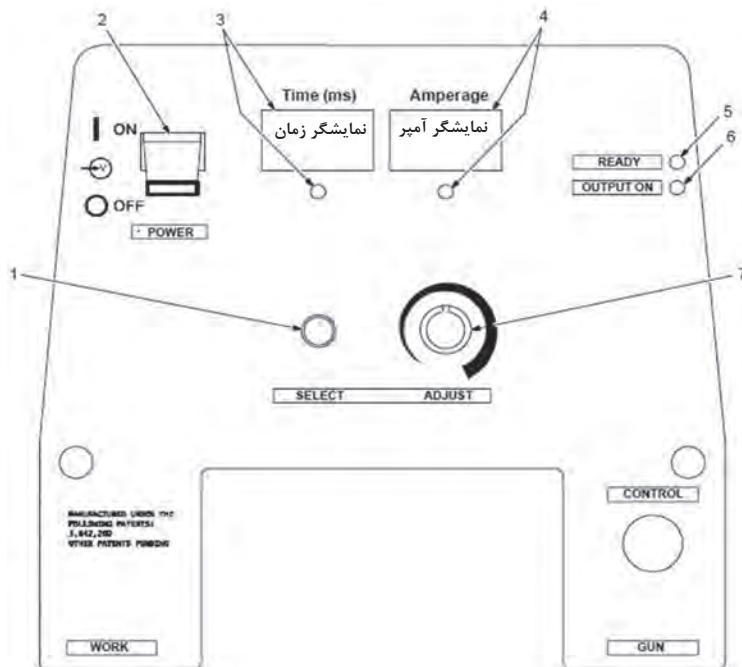
Lift Adjustment Table

1/16 in (1.6mm) lift for studs up to 5/16 (7.9mm) diameter
3/32 in (2.4mm) lift for studs over 5/16 (7.9mm) to 1/2 in (13mm) diameter
1/8 in (3.2mm) lift for studs over 1/2 (13mm) diameter

با توجه به شکل ۱۶ لیفت را تنظیم کنید:



شکل ۱۶- تنظیم لیفت



1- Time/Amperage Select Button

2- Power Switch

Use switch to turn unit On/Off.

3- Time Indicator Meter

(LED indicates when is active for adjusting)

4- Amperage indicator Meter

(LED indicates when meter is active for adjusting)

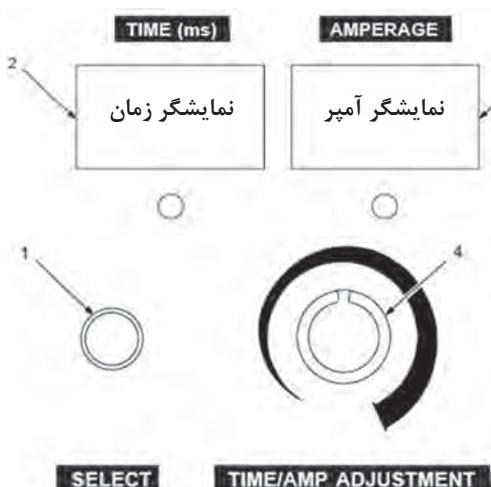
5- READY to weld indicator Light

6- OUTPUT ON Indicator Light

7- Time/ Amperage Control

(see section 6-2)

شکل ۱۷- صفحه کنترل



شکل ۱۸- صفحه کنترل

۱- کنترل آمپر و زمان جوشکاری

شکل ۱۸ قسمت‌های کنترلی برای تنظیم آمپر و زمان جوشکاری را نشان می‌دهد که در آن:

۱ کلید آمپر/ زمان (برای انتخاب زمان و آمپر)

۲ زمان سنج

۳ آمپرسنج

۴ عقربه تنظیم آمپر/ زمان
برای افزایش آمپر/ زمان عقربه را به صورت ساعت گرد بچرخانید.

اجرای جوشکاری گل میخ

جوشکاری گل میخ با قوس غوطه‌ور یا تخلیه خازنی مشابه می‌باشد، تنها تفاوت آنها در منبع تغذیه است. قبل از شروع فرایند جوشکاری ابتدا تنظیمات دستگاه و گان گل میخ را بررسی کنید، به دلیل اینکه تنظیمات در ایجاد یک جوش مناسب و با کیفیت تأثیرگذار است. تقریباً بیشتر مشکلات در جوشکاری گل میخ به دلیل تنظیم نامناسب گان گل میخ و منبع تغذیه می‌باشد.

جوشکاری گل میخ در چند مرحله انجام می‌شود.

مرحله ۲— محافظ سرامیکی را در داخل کفشک قرار دهید.

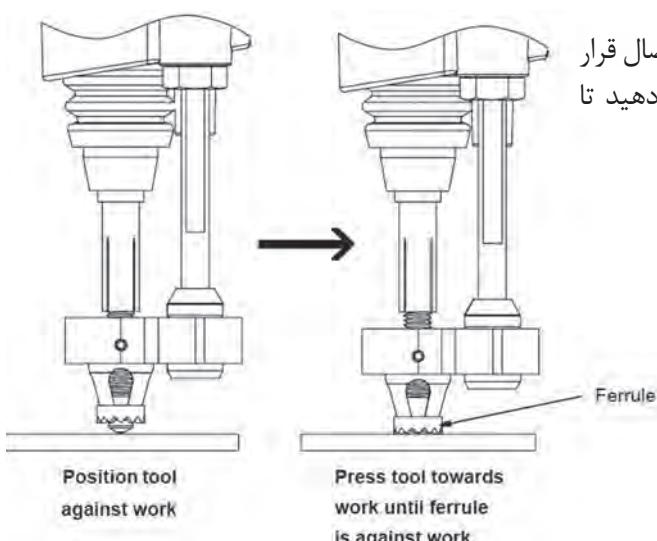


شکل ۲۰— قرار دادن محافظ سرامیکی



شکل ۱۹— قرار دادن گل میخ در داخل نگهدارنده

مرحله ۳— انتهای گل میخ را بر روی محل اتصال قرار دهید و سپس گان را به سمت پایین فشار دهید تا محافظ سرامیکی بر روی قطعه قرار گیرد.



شکل ۲۱

مرحله ۴— ماسه‌ای که بر روی گان قرار دارد را فشار دهید تا قوس برقرار شود: گان را در طول برقرار قوس نگهدارید.

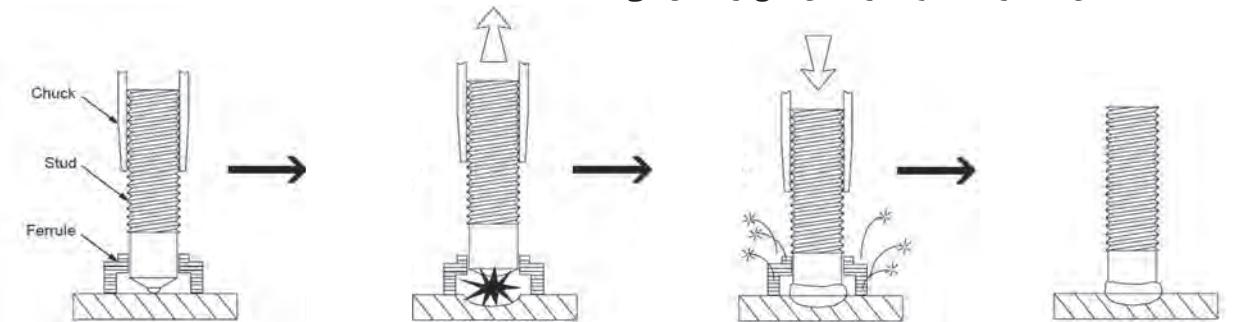
مرحله ۵— بعد از کامل شدن جوش، گان جوشکاری را در محل اتصال به مدت حداقل یک ثانیه نگهدارید تا فلز مذاب، سرد و منجمد شود.

مرحله ۶— گان را به آرامی خارج کنید؛ گان را مستقیماً از گل میخ خارج کنید تا به نگهدارنده آسیب نرساند.

مرحله ۷- در پایان محافظ سرامیکی را شکسته و از آن خارج کنید، و سپس ناحیه جوش را به صورت چشمی کنترل کنید.

ترتیب جوشکاری گل میخ

شکل ۲۲ ترتیب جوشکاری گل میخ را نشان می‌دهد:



گان گل میخ به طور مناسب در محل اتصال قرار داده و سپس فنر گان را به صورت جزئی فشار داده تا محافظ سرامیکی بر روی قطعه قرار گیرد.

با فشردن ماشه گان، گل میخ با فشار بر روی قطعه پرس می‌شود، قوس الکتریکی ایجاد شده گل میخ و قطعه را ذوب می‌کند.

پس از کامل شدن قوس الکتریکی، گل میخ را در داخل حوضچه مذاب فرو کنید.

گان را از گل میخ متصل شده خارج کنید، محافظ سرامیکی را شکسته و ناحیه جوش را کنترل نمایید.

شکل ۲۲

تنظیم پارامترهای دستگاه

تنظیمات اولیه مربوط به دستگاه گل میخ در جدول زیر آمده است. از این جدول برای تنظیم دستگاه جوش استفاده کنید، اما به یاد داشته باشید که تنظیمات ممکن است بر اساس مشخصات و کاربرد قطعات متفاوت باشد.

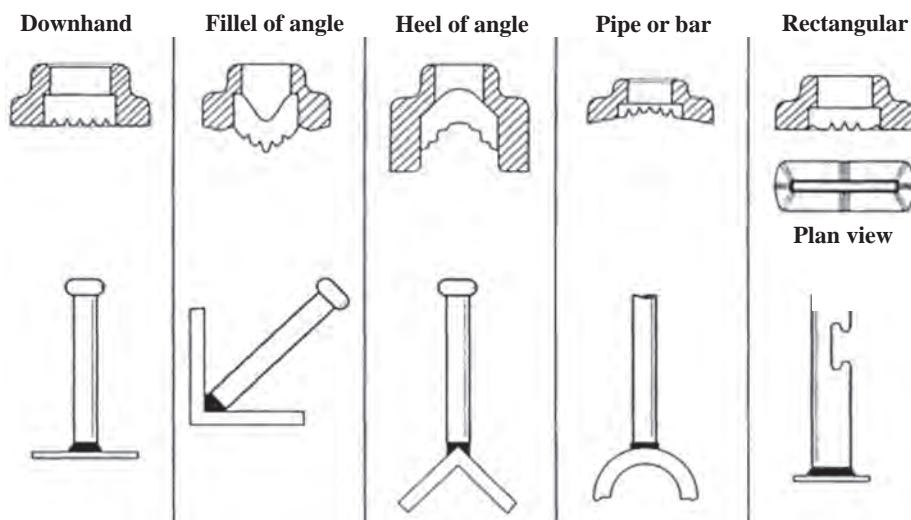
جدول ۲- زمان و شدت جریان جوشکاری

STANDARD TABLE			METRIC TABLE		
Stud Size Inch	Current Amps	Time Seconds	Stud Size mm	Current Amps	Time Seconds
$\frac{1}{4}$	۳۰۰	۲۲۰	۶	۳۵۰	۲۵۰
$\frac{5}{16}$	۴۱۰	۳۰۰	۸	۴۲۰	۳۱۰
$\frac{3}{8}$	۵۲۰	۳۶۰	۱۰	۵۸۰	۴۳۰
$\frac{1}{2}$	۷۵۰	۴۵۰	۱۲	۷۲۰	۵۰۰
$\frac{5}{8}$	۹۸۰	۷۳۰	۱۴	۸۸۰	۵۹۰
$\frac{3}{4}$	۱۳۲۵	۷۵۰	۱۶	۱۰۴۰	۶۶۰
$\frac{7}{8}$	۱۶۸۰	۸۳۰	۲۰	۱۴۴۰	۷۸۰
1	۲۰۰۰	۸۷۰	۲۴	۱۹۰۰	۸۵۰

حفظت از حوضچه جوش

در این روش جوشکاری دو روش حفاظت از حوضچه مذاب وجود دارد؛ با استفاده از محافظ سرامیکی و گاز محافظ.

۱ استفاده از **محافظ سرامیکی**: محافظ سرامیکی که در جوش گل میخ در اندازه‌های متنوعی در بازار وجود دارند، این محافظها دارای طرحهای مختلفی هستند که برای ایجاد اتصالات مختلف مانند اتصال به گوشه، اتصال به زاویه خارجی، اتصال به میله یا لوله‌های دوار در موقعیت عمودی، می‌باشد. محافظ سرامیکی در انتهای گل میخ بر روی نگهدارنده آن قرار می‌گیرد. این محافظها یک بار مصرف هستند و پس از جوشکاری از محل اتصال برداشته می‌شوند. محافظ سرامیکی معمولی در شکل ۲۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۳- انواع محافظ سرامیکی

طرح محافظ سرامیکی گل میخ بسیار مهم است، زیرا در طی جوشکاری موارد زیر را کنترل می‌کند؛

- قطرات در قسمت پایین محافظ سرامیکی امکان خروج گازها را از فلز جوش فراهم می‌کند و باعث کاهش تخلخل و اکسیداسیون فلز جوش می‌شود.
- حفره داخلی موجود در محافظ سرامیکی قوس فلز جوش را به شکل لایه فیلت در اطراف گل میخ درمی‌آورد.
- گرما در محدوده فلز جوش متتمرکز می‌شود.
- پاشش قوس و لایه فیلت کاهش می‌یابد.

۲ استفاده از **غاز محافظ**: در این روش، حفاظت در ناحیه قوس با استفاده از گاز محافظ صورت می‌گیرد که تشکیل حفره و ناخالصی را در ناحیه جوش بسیار کاهش می‌دهد. برای جوشکاری فولاد و دیگر فلزات از مخلوط آرگون و CO_2 استفاده می‌شود. برای آلومینیم و آلیاژهای آلومینیم از گاز خالص آرگون یا آرگون - هلیم استفاده می‌شود.

گاز محافظ بر روی قوس و مذاب گل میخ و فلز پایه تأثیر می‌گذارد. همچنین بر روی نفوذ و فیلت گل میخ به واسطه کشش سطحی تأثیر می‌گذارد. در برخی مواقع بر روی بهبود شکل فیلت از محافظ سرامیکی همراه با گاز محافظ استفاده می‌شود.



تنظیم و راهاندازی دستگاه و گان گل میخ و ایجاد اتصال گل میخ

دستور کار:

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

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات	دستگاه جوش گل میخ (منبع قوسی یا تخلیه خازنی)
مواد اولیه	ورق فولادی با ضخامت ۵ میلی متر در اندازه 350×150 میلی متر
مواد مصرفی	گل میخ فولادی با قطرهای ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر

۱ ابتدا گان گل میخ را از منبع تغذیه جدا کنید.

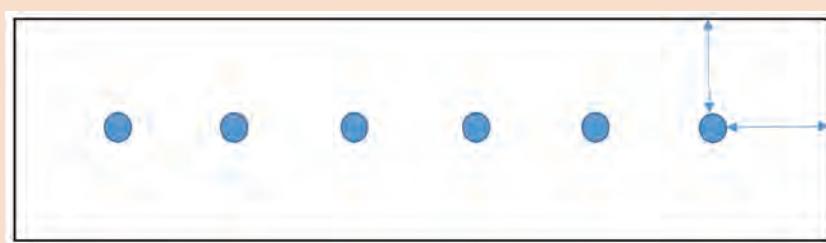
۲ بر اساس توضیحات داده شده، گان را باز و بسته کنید و آن را برای اتصال گل میخ های ۶، ۸ و ۱۰ نصب و آماده کنید.

۳ پارامترهای دستگاه را بر اساس جدول صفحه بعد انتخاب کنید.

STANDARD TABLE			METRIC TABLE		
Stud Size (اینچ)	Current (آمپر)	Time (ثانیه)	Stud Size (میلی متر)	Current (آمپر)	Time (ثانیه)
1/4	۳۰۰	۲۲۰	۶	۳۵۰	۲۵۰
5/16	۴۱۰	۳۰۰	۸	۴۲۰	۳۱۰
3/8	۵۲۰	۳۶۰	۱۰	۵۸۰	۴۳۰
1/2	۷۵۰	۴۵۰	۱۲	۷۲۰	۵۰۰
5/8	۹۸۰	۷۳۰	۱۴	۸۸۰	۵۹۰
3/4	۱۳۲۵	۷۵۰	۱۶	۱۰۴۰	۶۶۰
7/8	۱۶۸۰	۸۳۰	۲۰	۱۴۴۰	۷۸۰
1	۲۰۰۰	۸۷۰	۲۴	۱۹۰۰	۸۵۰

۴ بر اساس نقشه گل میخ ها را بر روی صفحه فولادی متصل کنید.

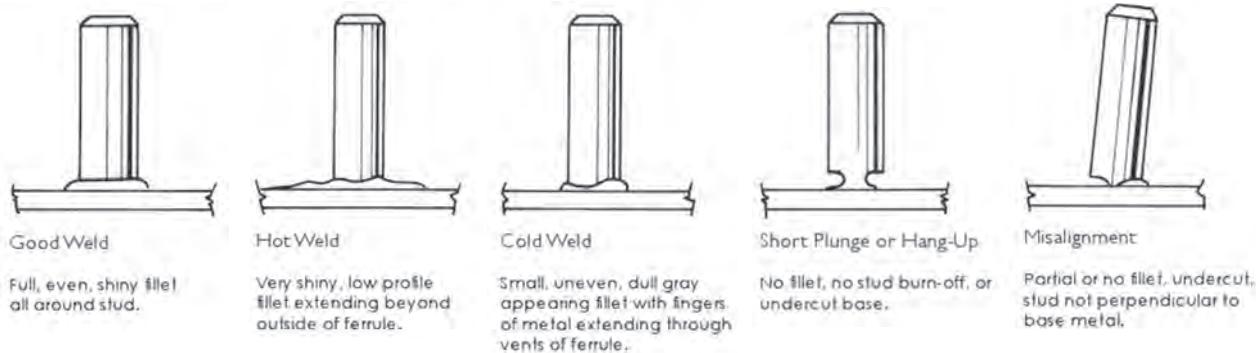
۵ در پایان دستگاه جوش را خاموش کنید.



چگونه می‌توان اتصال گل میخ را کنترل و بازرسی نمود؟

بازرسی چشمی

اتصال گل میخ را به واسطه مشاهده جوش گوشه ایجاد شده در ناحیه اتصال می‌توان به صورت چشمی کنترل نمود. در شکل ۲۴ عیوب رایج اتصال گل میخ و دلایل ایجاد و راههای رفع آنها نشان داده شده است.

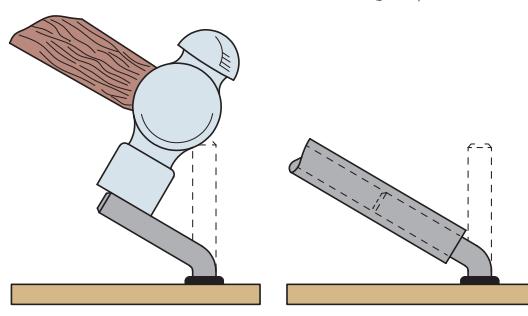
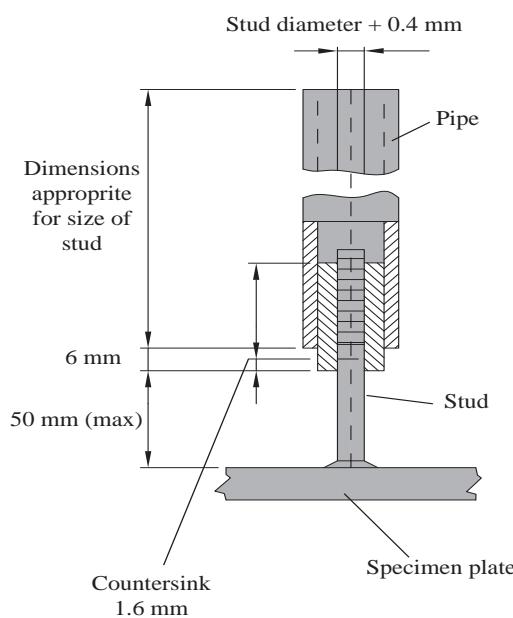


شکل ۲۴ – عیوب رایج در جوش گل میخ

پس از کنترل چشمی کیفیت اتصال گل میخ، برای حصول اطمینان از کیفیت و استحکام اتصال از روش‌های مکانیکی استفاده نمود. تست‌های مکانیکی روی گل میخ‌ها به صورت خمشی، پیچشی و کششی انجام می‌شود. که در این پومنان به تست خمش که بسیار پر کاربرد است اشاره می‌شود.

تست خمش

شکل صفحه بعد نحوه انجام تست خمش را نشان می‌دهد. تست خمش هم به وسیله ضربات چکش و هم با استفاده از یک لوله با ابعاد مناسب انجام می‌شود. عمل خم کردن حداقل تا زاویه 30° درجه از محور اصلی گل میخ یا تا مرحله شکست انجام می‌شود. گل میخ‌ها باید تا زاویه 90° درجه از محور اصلی بدون شکست خم شوند.



تست خمش با چکش

تست خمش با لوله

شکل ۲۵ – تست خمش بر روی گل میخ



کنترل و بازرسی چشمی و تست مکانیکی اتصال گل میخ

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

توضیحات	موارد مورد نیاز
دستگاه جوش گل میخ	تجهیزات
ورق فولادی با ضخامت ۵ میلی متر در ابعاد 10×10 میلی متر	مواد اولیه
گل میخ فولادی با قطرهای ۸ میلی متر	مواد مصرفی

- ۱ ابتدا گان گل میخ را از منبع تغذیه جدا کنید.
- ۲ گان و منبع تغذیه را تنظیم و راه اندازی کنید.
- ۳ پارامترهای دستگاه را بر اساس جدول انتخاب کنید.
- ۴ بر اساس تست خمین، یک نمونه گل میخ بر روی ورق 10×10 متصل کنید.
- ۵ با توجه به روش های بازرسی چشمی و خمینی اتصال گل میخ را تست کنید.
- ۶ در پایان دستگاه جوش را خاموش کنید.

ارزشیابی نهایی واحد یادگیری جوشکاری گل میخ

شرح کار:

- آماده‌سازی دستگاه
- آماده‌سازی قطعه کار
- جوشکاری
- کنترل نهایی

استاندارد عملکرد: اتصال گل میخ (ساقمه، مهره، پیچ) به سطوح فلزی با استفاده از روش جوشکاری گل میخ براساس

استاندارد AWS

شاخص‌ها:

- کنترل سطح قطعات مورد جوشکاری از نظر عاری بودن از کثیفی و چربی برابر دستورالعمل
- کنترل الکترود و شعله‌پوش از نظر شکل هندسی، همسطحی سطح شعله‌پوش و الکترود و نیز عاری از کثیفی و دوده برابر دستورالعمل
- کنترل پارامترهای تنظیمی دستگاه جوشکاری برابر دستورالعمل
- اتصال دقیق و با استحکام گل میخ برابر نقشه و دستورالعمل

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط:

- ۱ - کارگاه استاندارد جوشکاری مجهز به تجهیزات جوشکاری گل میخ (Stud Wolding)
- ۲ - دستگاه ویژه جوشکاری گل میخ
- ۳ - قطعات فلزی - گل میخ (ساقمه، مهره، پیچ، خار، زائد و...)
- ۴ - متر، کولیس، سوزن خط‌کشی، سمبه نشان، برس سیمی، سمباده

ابزار و تجهیزات: دستگاه جوشکاری گل میخ

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی قطعات برای جوشکاری	۱	۱
۲	انجام جوشکاری گل میخ	۲	۲
۳	کنترل نهایی گل میخ	۱	۱
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیستمحیطی و نگرش:			
*	میانگین نمرات		

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

پودمان ۴

جوشکاری ترمیت



جوشکاری ترمیت به مجموعه فرایندهایی گفته می‌شود که در آن اتصال توسط مذاب حاصل از انجام یک واکنش شیمیایی به شدت گرمaza تأمین شده و به ناحیه اتصال هدایت می‌شود. این نوع جوشکاری بیشتر شبیه ریخته‌گری بوده و در آن دو قطعه‌ای که قرار است جوش داده شوند در یک قالب قرار می‌گیرند و فلز مذاب ناشی از واکنش شیمیایی به این قالب هدایت شده و پس از سرد شدن آن داخل قالب فلز جوش شکل می‌گیرد. این فرایند بسیار ساده است و تجهیزات آن به راحتی قابل حمل و انتقال به محل انجام جوشکاری است که همین امر باعث سهولت در به کارگیری آن شده است.

واحد یادگیری ۵

جوشکاری ترمیت و احتراقی

آیا تابه حال پی برد هاید؟

- قطعات خطوط ریلی راه آهن را با روش جوشکاری به یکدیگر متصل می کنند.
- در روش های جوشکاری ذوبی از منابع شیمیایی تولید گرما نیز می توان استفاده کرد.

جوشکاری ترمیت یک روش جوشکاری بسیار ساده است که انجام آن به تخصص زیادی نیاز ندارد. برای ساخت و تعمیر ریل های یکپارچه راه آهن از گذشته کاربرد داشته و به علت سهولت انجام فرایند و قابلیت حمل و نقل بالا تا به امروز نیز جایگاه خود را حفظ کرده است. در این پومن با فرایند، ابزار آلات و تجهیزات جوشکاری ترمیت و احتراقی آشنا می شوید. همچنین نحوه انجام جوشکاری ترمیت در احداث خطوط راه آهن و جوشکاری احتراقی در اتصالات الکتریکی را فرا می گیرید.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری ترمیت، هنرجویان قادر به آماده سازی اتصال و تجهیزات، انجام فرایند جوشکاری ترمیت و بازرگانی اتصال پس از انجام فرایند خواهند بود.

گرماییر یا گرمaza



شکل ۱

سوختن کبریت حاصل واکنش شیمیایی اکسیژن با گوگرد موجود در سر کبریت می‌باشد.

آیا تا به حال به سوختن کبریت دقت کرده‌اید؟
برخی از واکنش‌های شیمیایی مانند سوختن کبریت با آزاد کردن گرمای انجام می‌شوند.

آیا با گرمای ناشی از این واکنش‌ها می‌توان موادی نظیر فلزات را ذوب کرد؟

با دقت در تصاویر زیر تعیین کنید کدام‌یک از واکنش‌های شیمیایی و تغییر حالت‌های فیزیکی نشان داده شده با آزاد کردن گرمای یا کدام‌یک با جذب گرمای همراه هستند؟



(پ)



(ب)



(الف)



(ج)



(ث)



(ت)



(خ)



(ح)



(چ)

شکل ۲- واکنش‌های شیمیایی مختلف

تصویر	واکنش	جذب گرما	تولید گرما
الف	انجماد		
ب	تبخیر		
پ	اکسیداسیون (زنگزدگی)		
ت	سوختن گاز شهری		
ث	فتوسنتر		
ج	شست و شو با پودر	—	✓
چ	تنفس		
ح	انفجار		
خ	ذوب		

واکنش‌های شیمیایی مطابق آنچه ذکر شد از نظر تولید و مصرف انرژی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱ گرم‌گیر: واکنش‌هایی که در آنها در اثر انجام واکنش شیمیایی گرما جذب می‌شود.
- ۲ واکنش‌هایی که در آنها در اثر انجام واکنش شیمیایی گرما تولید می‌شود.

تمرین

در میان فرایندهای جوشکاری که تاکنون آموخته‌اید در کدام یک از واکنش گرمایی برای ذوب استفاده می‌شود؟

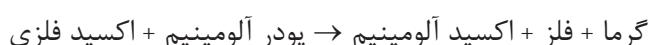


واکنش‌های ترمیت و ذوب فلزات

واکنش‌های ترمیت دسته‌ای از واکنش‌های گرمایی هستند که در آنها در اثر واکنش بین اکسید فلزی و پودر یک فلز (معمولًاً آلومینیم) مقدار بسیار زیادی انرژی به صورت گرما، آزاد می‌شود. این گرما به قدری زیاد است که برای ذوب فلزات و اتصال آنها به یکدیگر استفاده می‌شود و به آن جوشکاری ترمیت (TW)^۱ گفته می‌شود.

واکنش‌های آلومینوترمیک در جوشکاری

دسته‌ای از واکنش‌های ترمیت هستند که ساختار کلی زیر را دارند:



در این واکنش مخلوط مذاب و اکسید آلومینیم در اثر اختلاف چگالی از هم جدا و اکسید آلومینیوم به شکل سرباره در روی مذاب فلز قرار می‌گیرد.

واکنش‌های ترمیت مورد استفاده در صنایع فلزی را در جدول ۱ مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- واکنش‌های ترمیت مورد استفاده در صنایع فلزی

کj/mol انرژی گرمایی	واکنش
۳۳۵۰	$3\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{Al} \rightarrow 9\text{Fe} + 4\text{Al}_2\text{O}_3$
۸۸۰	$3\text{FeO} + 2\text{Al} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۸۵۰	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۱۰۶۰	$3\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{Al} \rightarrow 6\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$
۱۲۱۰	$3\text{CuO} + 2\text{Al} \rightarrow 3\text{Cu} + \text{Al}_2\text{O}_3$

نکته

در واکنش‌های فوق، به جز آلمینیم از عناصر دیگری مثل منیزیم، سیلیسیم و کلسیم نیز استفاده می‌شود. منیزیم و کلسیم به طور محدود در جوشکاری و ریخته‌گری ترمیت استفاده می‌شوند و سیلیسیم در عملیات حرارتی کاربرد دارد.



اولین واکنش جدول قبل معمول ترین واکنش آلمینوترمیک مورد استفاده در جوشکاری است که دمای واکنش آن 310°C است و باید به روشنی کنترل شود که به این دما نرسد. به مخلوط پودر آلمینیم و اکسید فلزی مخلوط ترمیت گفته می‌شود. این مخلوط معمولاً به نسبت ۳ به ۱ از اکسید فلزی و پودر آلمینیم مخلوط می‌شود.

تمرین

در مورد سایر موادی که به مخلوط ترمیت رایج (جدول تمرین ۳) در جوشکاری اضافه می‌شوند جدول ۲ را کامل کنید.



جدول ۲- سایر افزودنی‌های مخلوط ترمیت

مواد افزوده	هدف از افزودن
مواد دیرگذار مثل اکسید آلمینیم	همانطور که گفته شد دمای این واکنش 310°C است. از طرفی آلمینیم در دمایی حدود 2480°C بخار می‌شود. بنابراین لازم است مواد دیرگذاری مثل اکسید آلمینیم برای کاهش دمای واکنش و جلوگیری از تبخیر آلمینیم به مخلوط اضافه شود. البته سرباره آلمینیم نیز در دمای 2540°C منجمد می‌شود بنابراین برای جلوگیری از انجماد سرباره آلمینیم دمای باید در محدوده 2040 تا 2480 کنترل شود.
عناصر آلیاژی	
مواد افزایش دهنده سیالیت مذاب	
مواد سرباره	

تاریخچه جوشکاری ترمیت

واکنش‌های ترمیت در سال ۱۸۹۰ در آلمان توسط دکترهانس گلد اشمیت کشف و توسعه داده شد. سپس در اوخر قرن ۱۹ در آمریکا برای جوشکاری واگن‌های قطار به کار گرفته شد. سپس در سال ۱۹۳۳ از آن برای جوشکاری ریل‌های راه آهن به منظور ایجاد خطوط راه آهن استفاده شد. در این روش مذاب تولید شده در اثر واکنش ترمیت به محل اتصال ریل‌ها منتقل می‌شود و حرارت بسیار زیاد مذاب آهن (بیشتر از 1900°C) باعث ذوب شدن لبه ریل‌ها و آمیخته شدن آنها می‌شود، از این‌رو پس از پایان انجام بین دو لبه یک اتصال یکنواخت ایجاد می‌شود (شکل ۳). امروزه نیز این فرایند به طور گسترده برای جوشکاری ریل‌های راه آهن به یکدیگر استفاده می‌شود. آیا می‌دانید چرا؟



شکل ۳- ریل راه آهن که توسط جوشکاری ترمیت تعمیر شده است.

واکنش ترمیت چگونه آغاز می‌شود؟

همان‌گونه که برای آغاز واکنش گرمایی سوختن کبریت نیاز به یک جرقه اولیه است، مخلوط پودر ترمیت نیز برای انجام واکنش نیاز به یک انرژی اولیه دارد. این انرژی می‌تواند توسط پودر یا نوار منیزیم، جرقه الکتریکی یا آتش زدن فتیله فراهم شود. شکل ۴ فندک جرقه زن فعل کننده مخلوط پودر ترمیت را نشان می‌دهد.



شکل ۴- فندک جرقه زن فعل کننده مخلوط ترمیت

أنواع مخلوط ترمیت رایج در صنعت

جدول ۳ انواع مخلوط ترمیت مورد استفاده در صنعت را نشان می‌دهد.

جدول ۳- انواع مخلوط ترمیت رایج در صنعت

ترمیت ساده	شامل مخلوط پودرهای اکسید آهن و آلومینیم
ترمیت فولاد کم کربن	شامل ترمیت ساده به علاوه پودر فولاد کم کربن با مقداری منگنز
ترمیت چدن	شامل ترمیت ساده به علاوه مقداری پودر فولاد سیلیسیم‌دار و فولاد کم کربن
ترمیت برای جوشکاری ریل‌ها	شامل ترمیت ساده به علاوه مقداری پودر فولاد کم کربن، منگنز و عنصر آلیاژی دیگر به منظور افزایش سختی فلز جوش

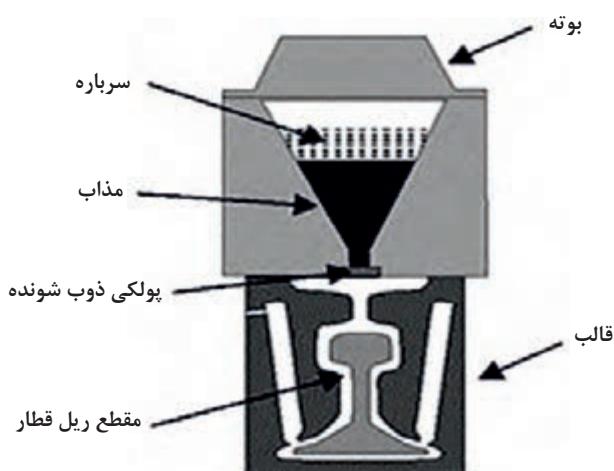
جوشکاری ترمیت خطوط راه‌آهن



همانطور که گفته شد جوشکاری ترمیت به طور گسترده در ایجاد خطوط راه آهن پیوسته و تعمیر آن استفاده می‌شود. در اثر عبور قطارهایی با وزن زیاد فشارهای شدیدی به ریل‌های راه آهن وارد شده که می‌تواند باعث ایجاد ترک در ریل‌های راه آهن شود. تعمیر این ترک‌ها از نظر حفظ امنیت مسافران بسیار حائز اهمیت است.

ابزارآلات و تجهیزات

شکل ۵ تصویر تجهیزات اصلی به کار رفته در جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تجهیزات و ابزارآلات به کار رفته در جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن

بوته: نگهدارنده مواد اولیه و فراورده‌های واکنش است و باید از ماده‌ای ساخته شده باشد که در برابر گرمای شدید واکنش و وزن مقاومت داشته باشد (شکل ۶). بوته شامل درپوش، قاب، محفظه اصلی و نگهدارنده است.

تحقیق

در مورد مواد مورد استفاده در ساخت محفظه اصلی بوته‌ها و جنس آنها تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



شکل ۶- بوته نگهدارنده مذاب

قالب: مجموعه‌ای است شامل سیستم راهگاهی و تغذیه که در اطراف ناحیه اتصال قرار می‌گیرد و فلز مذاب به داخل آن هدایت می‌شود تا وارد ناحیه اتصال شده و ضمن انجام در آن ناحیه، اتصال را برقرار کند (شکل ۷). قالب شامل یک بخش دوتکه و یک گیره است که بخش دوتکه را در محل قرارگیری آن روی ریل محکم می‌کند (شکل ۷). همچنین یک بریکت که به منظور تنظیم جریان مذاب در مرکز قالب قرار می‌گیرد و سینی سرباره که در بالای قالب به منظور جمع کردن سرباره قرار می‌گیرد (شکل ۸).



شکل ۷- قالب جوشکاری ترمیت و قرارگیری آن در اطراف ناحیه اتصال



شکل ۸- سینی و آجر نسوز قالب جوشکاری



شکل ۹- مخلوط پودر ترمیت
جوشکاری راه آهن

پولکی ذوب شونده: به منظور نگهداری مخلوط پودرها در داخل بوته قبل از انجام واکنش در انتهای آن قرار می‌گیرد و در طول واکنش ذوب می‌شود.
مخلوط پودر ترمیت: مخلوط پودر اکسید آهن و آلومینیوم و سایر افزودنی‌ها که داخل بوته ریخته می‌شوند(شکل ۹).

فعال کننده ترمیت: به شکل پودر، نوار یا استوانه‌ای است که به منظور فراهم کردن انرژی فعال سازی مخلوط ترمیت استفاده می‌شود. به راحتی مشتعل می‌شود و تا دمای ۱۳۵۰ درجه سلسیوس می‌رسد.

ابزار تراز ریل: برای تراز کردن ریل‌ها در محل مناسب برای انجام جوشکاری ابزار مختلفی بر اساس نوع ریل و امکانات وجود دارد که شامل صفحه تراز، تراز A شکل و تراز می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- ابزار تراز ریل (الف) صفحه تراز، (ب) تراز A شکل و (پ) تراز

تجهیزات پیش گرما: از این تجهیزات برای پیش گرمایش ریل‌ها قبل از انجام جوشکاری استفاده می‌شود. که بر روی ریل در فاصله مناسب قرار می‌گیرد. این تجهیزات در واقع تورج اکسی گاز است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تجهیزات پیش گرمایی در جوشکاری ریل راه آهن، (الف) باساخت پروپان (ب) با گازوئیل



شکل ۱۲- ماشین هیدرولیک برش گرده اضافه جوش

ماشین برش ریل: ماشین هیدرولیک برش به منظور برش اضافه فلز جوش باقیمانده بر روی ریل بعد از جوشکاری ترمیت استفاده می شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۳- ماشین اتوماتیک سنگزنی گرده اضافی جوش

ماشین سنگزنی پروفیل: از این وسیله برای سنگزنی ریل بعد از عملیات جوشکاری ترمیت استفاده می شود که بر روی ریل سوار شده و عملیات را با تنظیمات اپراتور انجام می دهد (شکل ۱۳).

مراحل جوشکاری ترمیت

تصاویر شکل ۱۴ نشان دهنده مراحل جوشکاری ترمیت در خطوط راه آهن است.



(ب)



(ب)



(الف)



(ج)



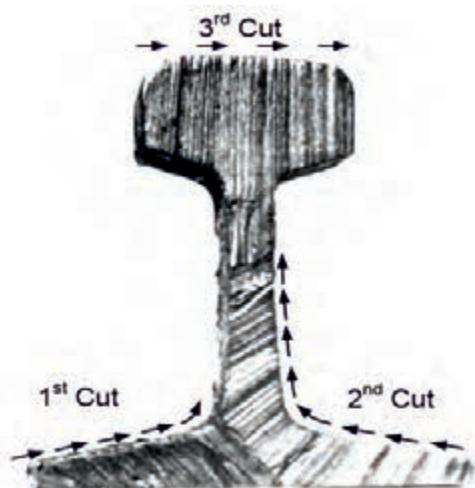
(ث)



(ت)



شکل ۱۴-مراحل جوشکاری ترمیت خطوط راه آهن



شکل ۱۵-نمایی از مقطع ریل به همراه ترتیب اجرای برش

۱ آماده سازی اتصال

برشکاری: سطح اتصال باید از هرگونه روغن، گریس، زنگ زدگی، آلودگی و... پاک شود و قبل از انجام برشکاری ریل را تا دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد پیش گرم می کنند.

به منظور مشخص کردن نواحی معیوب روی ریل ها، با توجه به مقاطع ریل ها از گیج های مختلف استفاده می شود.

برشکاری ریل توسط شعله اکسی گاز و در سه مرحله مطابق شکل ۱۵ انجام می شود.

سطح ایده آل برشکاری سطحی صاف بدون وجود فرو رفتگی و برآمدگی با لبه های صاف می باشد.

این مرحله در صورتی که هدف تعمیر ریل باشد اجرا می شود.

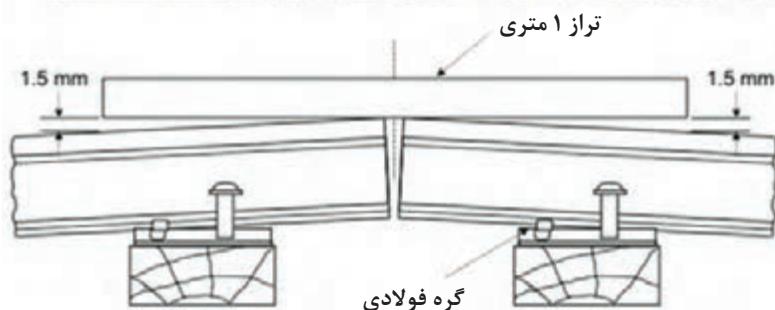
نکته



پس از انجام برشکاری باید از زدوده شدن کامل عیب یقین حاصل شود و اگر چنانچه عیب همچنان وجود داشته باشد باید عملیات تکرار شود.

هم راستا کردن سطوح اتصال:

۱- هم راستا کردن سطح فوقانی ریل ها: با باز کردن پیچ های محکم کننده (در صورت تعمیر) ریل و قرار دادن تکیه گاه مناسب در زیر ریل سطح ریل ها را با هم طوری هم راستا می کنند که با قرار دادن تراز به طول یک متر در مرکز اتصال در قسمت فوقانی ریل ها در هر سمت به فاصله $1/5$ میلی متر بالاتر از ریل قرار گیرد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- کنترل هم راستایی سطح فوقانی ریل با استفاده از تراز بلند



شکل ۱۷- کنترل هم راستایی سطح جانبی ریل با استفاده از تراز بلند

۳- هم راستا کردن در قسمت تحتانی اتصال: بیشترین میزان عدم هم راستایی که در قسمت تحتانی قابل پذیرش است ۵ میلی متر در امتداد عمودی می باشد و در امتداد جانبی نباید عدم هم راستایی داشته باشیم. با باز کردن پیچ های ریل و قرار دادن تکیه گاه و ضربات چکش هم راستایی قابل قبول را در پایه ریل ایجاد می کنیم.

نکته

پس از تنظیم اتصال از عدم حرکت آن در اثر راه رفتن روی ریل یا کارکرد سایر جوشکاران یقین حاصل کنید.



۱۷ جوشکاری



شکل ۱۸- نصب قالب اطراف ناحیه اتصال

پس از آماده سازی سطح اتصال فرایند جوشکاری به شرح زیر انجام می شود:
قرار دادن قالب در اطراف اتصال: پس از کسب اطمینان از انتخاب قالب مناسب با طرح اتصال و بررسی سالم بودن آن از نظر وجود ترک و آسیب، قالب را به آرامی با حرکت متناوب به طرفین در مرکز ناحیه اتصال قرار داده و سپس هرگونه گرد و غبار را از قالب و ناحیه اتصال زدوده و توسط گیره قالب در محل اتصال محکم می شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۹- آب بندی قالب با استفاده از گل مخصوص

قالب توسط اعمال گل مخصوص در محل آن درزبندی می شود (شکل ۱۹).

سینی های سرباره گیر را به قالب اضافه می کنیم و ماسه خشک در آن می ریزیم.

پیش گرمایش: مجموعه قالب و ریل توسط تجهیزات پیش گرمایشی در فاصله مناسب از سطح ریل قرار گرفته و به مدت ۳ الی ۶ دقیقه پیش گرم می شوند. توجه کنید که زمان را با کرنومتر اندازه گیری نمایید. دمای بیش گرم را به دو صورت می توان اندازه گرفت. نخست روش تجربی چشمی که آنقدر باید به ریل گرما بدھیم تا به رنگ زرد که حدود 100°C است در آید.

روش دوم: به کارگیری ترمومتر که کمتر استفاده می شود. پس از اتمام پیش گرم، آجر نسوز در محل مناسب قرار می گیرد.

به نظر شما دلیل پیش گرم قالب و ناحیه اتصال چیست؟

تمرین





شکل ۲۰- استقرار دیسک ذوب شونده در انتهای بوته

قرار دادن بوته بالای ناحیه اتصال: سپس بوته جوشکاری را پس از بررسی سالم بودن در بالای قالب قرار داده و دیسک ذوب شونده را در انتهای آن قرار می‌دهیم (شکل ۲۰).



شکل ۲۱- نمایی از انجام واکنش ترمیت

مخلوط پودر و فعال کننده را درون آن قرار می‌دهیم و درب بوته را می‌گذاریم. واکنش را با کمک آتش، جرقه و نظایر آن فعال کرده و صبر می‌کنیم تا انتهای پیش برود (شکل ۲۱). هنگامی که مذاب شروع به جاری شدن درون قالب کرد، زمان سنج را فعال کرده تا بتوانیم زمان باز کردن قالب و بریدن مقادیر اضافی فلز را به دست بیاوریم. زمان مناسب برای باز کردن قالب و بریدن مقادیر اضافی بسته به فرایند و نوع ریل بین ۴ تا ۶ دقیقه است.

مذاب از طریق قالب وارد ناحیه اتصال می‌شود و درز اتصال را به طور کامل پر می‌کند و سرباره آن از قالب سرریز شده و درسینی سرباره می‌ریزد.

۳ عملیات تکمیلی و بازرگانی

۳ دقیقه بعد از ریختن مذاب سینی سرباره را جدا می‌کنیم (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- جداسازی سینی سرباره گیر



پس از ۳۵ ثانیه، گیره و حفاظ قالب را باز می کنیم. سپس قسمت بالایی قالب را می شکنیم (شکل ۲۳).

شکل ۲۳- شکستن قسمت فوقانی قالب

پس از انجماد مذاب سایر قسمت های قالب و گل مخصوص را جدا می کنیم، سپس با استفاده از ماشین برش ریل، فلز اضافی را از جوش جدا می کنیم (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- برش گرده اضافی جوش

۳۵ میلی متر اطراف ناحیه اتصال را با دستگاه سنگ زن ریل سنگ می زنیم (شکل ۲۴) تا به شکل پروفیل ریل در بیاید (شکل ۲۵) و با استفاده از تراز بلند هم راستایی آن را چک می کنیم به نحوی که تمام ناحیه اتصال مماس بر تراز باشد.



شکل ۲۶- نمایی از سطح جوش



شکل ۲۵- سنگ زنی و پرداخت کاری سطح گردد

در نهایت بازرسی چشمی انجام می شود تا هیچ گونه تخلخل، جریان نامناسب مذاب سرباره و ترک وجود نداشته باشد.



شباختهای جوشکاری ترمیت با ریخته‌گری را بیان کنید؟

جدول ۴ عیوب رایج جوشکاری ترمیت را نشان می‌دهد.

جدول ۴

	كمبود مذاب (سرد جوش)		انقباض حین انجماد
	تلاطم مذاب حین ریختن آن در قالب		مک و تخلخل



بگویید این عیوب در چه شرایطی ایجاد می‌شوند و برای جلوگیری از ایجاد آنها چه راهکارهایی وجود دارد؟

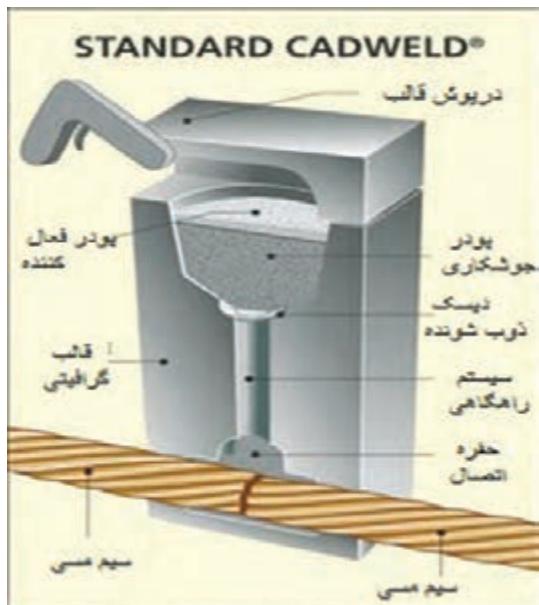
جوشکاری احتراقی

یکی دیگر از روش‌های جوشکاری که منبع تولید گرمای آن شیمیایی است جوشکاری احتراقی می‌باشد که برابر واکنش زیر انجام می‌شود:



از این روش برای اتصال یک هادی مسی به لوله یا صفحه استفاده می‌شود نام تجاری این روش Cadweld می‌باشد.

شکل ۲۷ تجهیزات مورد استفاده در کدولد را نشان می‌دهد.



شکل ۲۷- تجهیزات جوشکاری احتراقی

تمرین



با توجه به بخش جوشکاری ریل‌های راه آهن جدول ۵ را برای کدولد پر کنید.

جدول ۵

نام تجهیزات	کاربرد و توضیحات	تصویر
قالب گرافیتی		
دستگیره قالب		

		مخلوط پودر جوشکاری
		منبع ایجاد شعله

شکل ۲۸ مراحل انجام کدولد را نشان می‌دهد.



(ب)



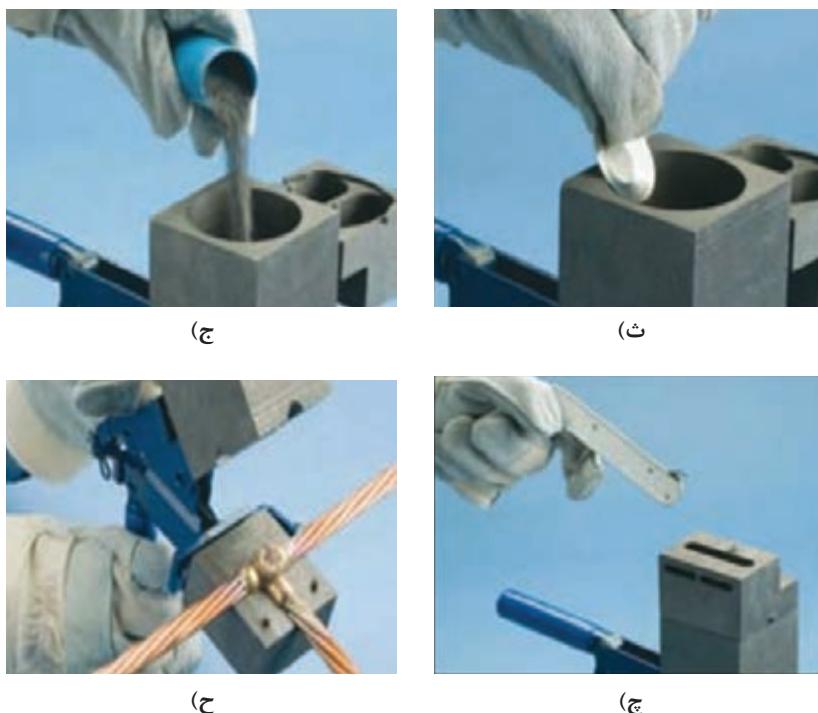
(الف)



(ت)



(پ)



شکل-۲۸-مراحل کدولد

سایر کاربردهای جوشکاری ترمیت

- ۱ جوشکاری سر به سر لوله‌ها
- ۲ جوشکاری شفت جرثقیل‌های آسیب‌دیده بزرگ
- ۳ تعمیر قاب شکسته ماشین‌آلات
- ۴ متصل کردن محصولات ریخته‌گری بزرگ که امکان تولید یکپارچه آنها وجود ندارد.
- ۵ تعمیر چرخ دنده‌های بزرگ
- ۶ تعمیر ناخن شکسته بیل‌های مکانیکی

با مقایسه این روش با جوشکاری قوسی و دستی مزایا و محدودیت‌های آن را بیان کنید؟

تمرین



ایمنی در جوشکاری ترمیت
از آنجایی که این واکنش با تولید گرمای بسیار زیادی همراه است توجه به نکات ایمنی ذیل بسیار ضروری می‌باشد:

الف) مواد و ابزار باید در جای خشک به دور از رطوبت نگهداری شوند و قبل از انجام فرایند خشک شوند.

کار در کلاس

در مورد دلیل خشک بودن مواد و ابزار در این فرایند بحث کنید.



ب) محل انجام جوشکاری باید عاری از مواد قابل اشتعال باشد.

پ) استفاده از تجهیزات ایمنی فردی شامل کفش، دستکش، عینک یا ماسک جوشکاری و لباس کار ضروری است.

کار
کارگاهی

جوشکاری کدولد اتصال سه راه سیم



۱ از دستکش و لوازم ایمنی فردی استفاده کنید.

۲ از ماسک ساده تنفسی استفاده کنید.

۳ هرگز از تجهیزات خورده شده و آسیب دیده استفاده نکنید.

۴ از مخلوط پودرهایی که بسته‌بندی آنها باز است یا آسیب دیده‌اند استفاده نکنید.

۵ محیط اطراف محل انجام فعالیت را از مواد قابل اشتعال تخلیه کنید.

۶ از مخلوط پودرهای جوشکاری و سایر تجهیزات به هیچ وجه استفاده دیگری نکنید.

۷ از عدم وجود رطوبت و آلودگی در مواد و تجهیزات اطمینان حاصل کنید.

نکته ایمنی

نقشه کار



ابزار و تجهیزات



دستور کار

اتصال سه راهی را مطابق نقشه انجام دهید.

موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	قالب گرافیتی، گیره کلمپی، فندک، برس تمیز کننده
مواد اولیه	سه عدد سیم مسی ارت به ضخامت ۳۵mm و طول ۱۰۰ mm
مواد مصرفی	بسته پودر جوشکاری، دیسک

شرح فعالیت

- ۱ دستگیره قالب را در محل آن مونتاژ کنید و از محکم شدن آن با باز و بسته کردن قالب اطمینان حاصل کنید. در صورت بروز خطا دستگیره را مجدد بیندید.
- ۲ قالب را به وسیله شعله با دمای 120°C خشک کنید.
- ۳ سیم های ارت را نیز با همین شعله خشک کنید و با برس سیمی تمیز کنید.
- ۴ سیم ها را در محل مناسب در داخل قالب قرار دهید و قالب را بیندید. از صحیح قرار گرفتن سیم ها در قالب اطمینان حاصل کنید.
- ۵ دیسک نگهدارنده را روی روزنه قالب در کف آن قرار دهید.
- ۶ بسته مخلوط پودرها را در محفظه قالب بریزید و درب آن را بیندید.
- ۷ چاشنی را طوری که نیمی از آن داخل قالب و نیمی بیرون قالب باشد در قالب قرار دهید.
- ۸ چاشنی را روشن کنید و از قالب فاصله بگیرید.
- ۹ پس از ۱ دقیقه با تمام شدن فرایند قالب را باز کنید و با احتیاط مجموعه را خارج کنید.
- ۱۰ قالب را با برس نرم تمیز کنید.
- ۱۱ اتصال ایجاد شده را بازرسی چشمی کنید و بگویید آیا عیوب ذکر شده در آن وجود دارد؟
- ۱۲ در پایان کار محیط اطراف را نظافت کرده، مواد دور ریز را جمع آوری کنید و ابزارها را تحويل انبار دهید.

ارزشیابی نهایی واحد یادگیری جوشکاری ترمیت (Thermite)

شرح کار:

- آماده سازی قطعه کار
- اجرای جوشکاری
- کنترل نهایی

استاندارد عملکرد: با استفاده از دستورالعمل‌ها (اتصال بین دو قطعه فلزی با روش جوشکاری ترمیت) و تجهیزات مربوطه اتصالی سالم بین دو سطح مقطع ضخیم ایجاد نماید.

شاخص‌ها:

- تمیزی محل اتصال برابر دستورالعمل
- آببندی ظاهری قالب برابر دستورالعمل
- کنترل دمای پیش گرم برابر دستورالعمل
- کنترل ریزش مناسب و سیالیت مذاب به صورت چشمی با ماسک
- کنترل تمیزی محل اتصال

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: اندازه گیری نسبت قالب، فندک، تورج و کپسول پیش گرم، سنگ زمان: ۱ ساعت مکان: فضای آزاد

ابزار و تجهیزات: بوته، قالب، ماسه سوز، تورج و کپسول پیش گرم، گیره بستن قالب، پودر آلومینیوم و اکسید آهن، سنگ

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
شاخص‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
میانگین نمرات			*

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

پودمان ۵

جوشکاری پلاستیک‌ها



امروزه پلاستیک‌ها (پلیمرها) به دلیل خواصی مانند نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت در برابر خوردگی، شکل‌پذیری مناسب و هزینهٔ پایین کاربردهای فراوانی یافته‌اند. نظر به اینکه از فرایندهای جوشکاری برای اتصال و تعمیر قطعات پلاستیکی استفاده می‌شود، بنابراین مطالعه و بررسی نحوه جوشکاری پلاستیک‌ها حائز اهمیت می‌باشد.

واحد یادگیری ۶

جوشکاری پلاستیک با گوه و ابزار داغ

آیا تابه حال پی برد هاید؟

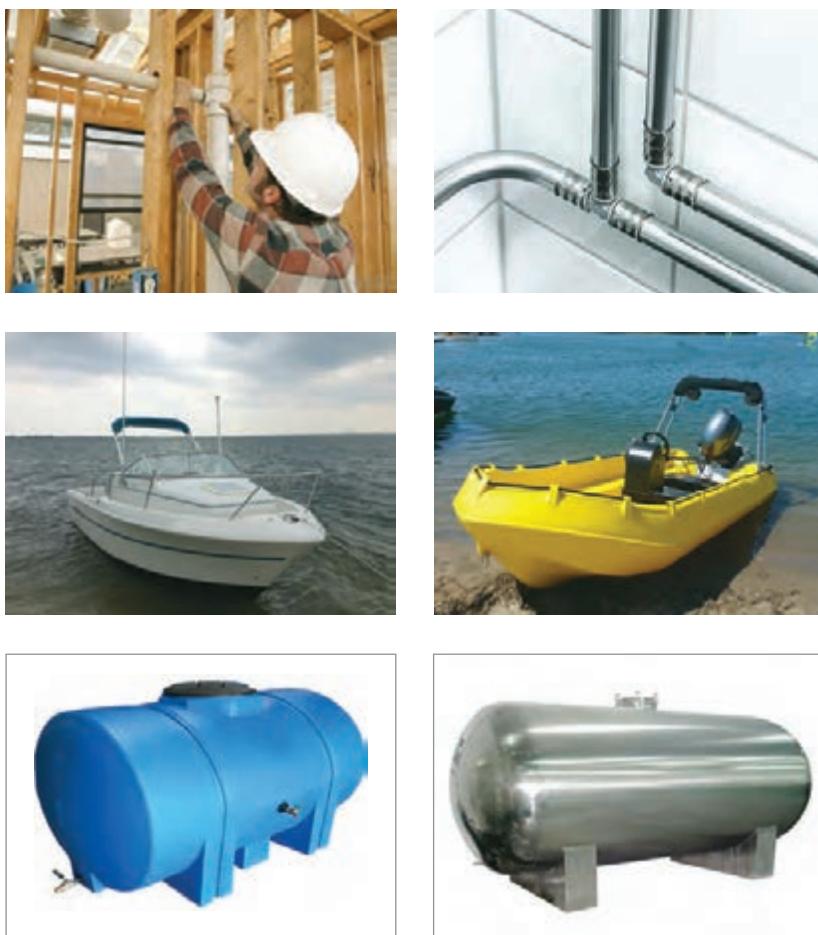
- چرا بسیاری از مصنوعات از جنس پلاستیک ساخته می شوند؟
- جوشکاری می تواند چه نقشی در فرایند ساخت این مصنوعات داشته باشد؟
- مصنوعات پلاستیکی در صورت آسیب دیدن قابل تعمیر هستند؟

جوشکاری در تولید مصنوعات پلاستیکی مثل پالت‌ها و تعمیر قطعات آسیب دیده مثل سپر خودرو بسیار حائز اهمیت است. در این واحد یادگیری با انواع پلاستیک‌ها، کاربردها و روش‌های شناخت آنها آشنا می‌شویم. در ادامه برخی از روش‌های جوشکاری پلاستیک‌ها توضیح داده می‌شود و ضمن آن مهارت جوشکاری پلیت و لوله‌های پلاستیکی را فرا می‌گیرید.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوشکاری پلاستیک‌ها، هنرجویان با برخی از روش‌های جوشکاری پلاستیک‌ها آشنا شده و مهارت انجام جوشکاری ورق‌ها و لوله‌های پلاستیکی با ابزار داغ را فرامی‌گیرند.

به تصاویر زیر نگاه کنید.



شکل ۱- تصاویر برخی از مصنوعات فلزی که با پلاستیک جایگزین شده‌اند.

چه تفاوتی در تصاویر فوق می‌بینید؟

می‌توانید قطعاتی که با گذشت زمان پلاستیکی شده‌اند را نام ببرید؟
به نظر شما چرا قطعات را از پلاستیک‌ها می‌سازند؟

دسته‌بندی پلاستیک‌های (پلیمرهای) صنعتی

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌نمایید پلیمرهای صنعتی را بر حسب خواص و رفتار آنها در برابر گرما و خواص مکانیکی به سه دسته الاستومرها، ترموموپلاست‌ها و ترموموپلاست‌ها تقسیم می‌کنند. در جدول ۱، انواع، خواص و کاربردهای پلیمرهای صنعتی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- انواع و کاربردهای پلیمرهای صنعتی

نام	مثال	تعريف	شكل
ترموپلاست (پلاستیک) گرمانرم)	پلی وینیل کلراید (P.V.C)، نایلون، پلی اتیلن، پلی پروپیلن	ترموپلاست‌ها مواد پلاستیکی هستند که در اثر گرما تغییر شکل می‌دهند می‌توانیم چندین بار آنها را ذوب کرده و تغییر فرم دهیم. به همین علت بسیار پرکاربرد هستند، می‌توان آنها را با تزریق کردن یا پرس کردن فرم داده و با جوشکاری به هم متصل نمود.	
ترموست (پلاستیک) گرم‌سخت)	ملامین‌ها، پلی استرها، اپوکسی‌ها و ...	به پلیمرهایی گفته می‌شود که در اثر اعمال گرما دچار واکنش شیمیایی می‌شوند و پس از پخت و شکل‌بذیری دیگر با استفاده از گرما نمی‌توان شکل آنها را تغییر داد. ترموست‌ها دارای سختی بالا، مقاومت در برابر گرما و حلal شیمیایی هستند و مقاومت الکتریکی بالایی دارند. ترموست‌ها پس از سخت شدن قابلیت جوشکاری ندارند.	
الاستومرها (لاستیک‌ها)	کش و لاستیک	پلیمرهایی هستند که قابلیت ارتجاعی زیادی دارند و در اثر نیروهای خارجی تغییر شکل پیدا می‌کنند و بعد از حذف نیرو دوباره به حالت اول بر می‌گردند. الاستومرها در اثر گرما نرم می‌شوند ولی به حالت مایع در نمی‌آیند. الاستومرها از نظر شیمیایی در مقابل اسیدهای معدنی رقیق، قلیاها و نمک‌ها مقاوم هستند.	

پلاستیک چیست؟

گرچه تمام پلیمرهای صنعتی را پلاستیک می‌نامند، ولی در صنعت منظور از پلاستیک‌ها همان ترموبلاست‌ها هستند. پلاستیک‌ها می‌توانند سخت، نرم، شفاف یا مات باشند. همچنین می‌توان ظاهر آنها را شبیه چوب، شیشه، ابریشم یا چرم طراحی نمود. در حال حاضر بیش از ده هزار نوع پلاستیک وجود دارد.

شناسایی پلاستیک‌ها

روش‌های مختلفی برای شناسایی پلاستیک‌ها وجود دارد که یکی از آنها آزمون شعله می‌باشد. در این آزمون با توجه به رنگ شعله، دود و بوی ناشی از سوختن پلاستیک نوع آن تعیین می‌شود. در جدول ۲ خصوصیات برخی از پر کاربردترین پلاستیک‌ها را در آزمون شعله مشاهده می‌کنید.

جدول ۲- شناخت پلاستیک‌ها به وسیله رنگ شعله، دود و بوی ناشی از سوختن و طریق سوختن پلاستیک در آزمون شعله

نام	نام علمی	بخار	رنگ شعله	شعله وری	تغییرات در هنگام سوختن
PVC	پلی‌وینیل کلرايد	اسیدی	زرد با حاشیه سبز	در شعله می‌سوزد و با دور شدن شعله خاموش می‌گردد	ماده به رنگ سیاه و با قهوه‌ای سوخته باقی می‌ماند
Pvdc	پلی‌وینیلیدین کلرايد	اسیدی	زرد با حاشیه سبز	در شعله می‌سوزد و با دور شدن شعله خاموش می‌گردد	ماده به رنگ سیاه و با قهوه‌ای سوخته باقی می‌ماند
PC	پلی‌کربنات	کمی اسیدی	به صورت دوده دار با شعله زیاد	در شعله می‌سوزد و با دور شدن شعله خاموش می‌گردد	به صورت زغال در می‌آید
PA	پلی‌آمید	قلیاً	زرد با حاشیه آبی	در شعله می‌سوزد و با دور شدن شعله خاموش می‌گردد	به هنگام سوختن می‌چکد
PET	پلی‌اتیلن ترفتالات	خنثی	زرد همراه با دوده	در شعله می‌سوزد و با دور شدن شعله به سوختن ادامه می‌دهد	به هنگام سوختن می‌چکد
PE	پلی‌اتیلن	خنثی	شعله‌ور با رنگی آبی	شعله‌ور شده و با دور شدن شعله به سوختن ادامه می‌دهد	ذوب شده و می‌چکد
PP	پلی‌پروپیلن	خنثی	شعله‌ور با رنگی آبی	شعله‌ور شده و با دور شدن شعله به سوختن ادامه می‌دهد	ذوب شده و می‌چکد
PS	پلی‌استایرن	خنثی	شعله‌ور با دوده زیاد و زرد	شعله‌ور شده و به راحتی با سر و صدا می‌سوزد	ذوب شده و می‌چکد
PMMA	پلی‌متیل متاکریلات	خنثی	زرد با حاشیه آبی همراه صدا	شعله‌ور شده و به راحتی می‌سوزد	به صورت زغال در می‌آید



در مورد سایر روش‌های شناخت پلاستیک‌ها تحقیق کنید.

مزایا و معایب پلاستیک

مزایا و معایب پلاستیک‌ها به شرح زیر است:

معایب	مزایا
۱- محدودیت در تحمل دما ۲- شکنندگی ۳- مشتعل شونده ۴- ایجاد بو و بخارات شیمیایی در هنگام تولید ۵- دیر تجزیه شدن در محیط زیست ۶- کاهش استحکام در دماهای بالا ۷- شکنندگی در دماهای پایین	۱- مقاومت در برابر خوردگی ۲- عایق الکتریکی خوب ۳- وزن کم ۴- سهولت فراوری، شکل دهی و ساخت ۵- امکان تولید به صورت شفاف، نیمه شفاف و مات ۶- رنگ پذیری و امکان تولید به هر رنگی ۷- انعطاف پذیری

جوشکاری پلاستیک‌ها

امروزه در بسیاری از موارد مانند لوله‌ها، در و پنجره‌ها، کابینت‌ها و حتی قطعات خودروها، پلاستیک‌ها جایگزین قطعات فلزی شده‌اند. لذا جوشکاری پلاستیک‌ها به عنوان یک فرایند تولید برای ساخت، نصب و تعمیر قطعات پلاستیکی حائز اهمیت است و در صنایع اتومبیل‌سازی، بسته‌بندی، الکترونیک، پزشکی، غذایی و نقل و انتقال و خطوط لوله و... کاربرد دارد.

عمده‌ترین روش‌های اتصال و مونتاژ پلاستیک‌ها

جدول ۳ عمده‌ترین روش‌های اتصال پلاستیک‌ها را به همراه مزایا و محدودیت‌های آنها نشان می‌دهد.

جدول ۳- روش‌های اتصال و مونتاژ پلاستیک‌ها

روش	انواع	شكل	مزایا	محدودیت‌ها
مکانیکی	اتصال مکانیکی از طریق چفت و بست و رزوه کردن (پیچ و مهره کردن) (Mechanical Fasteners)		- پلاستیک‌هایی که قابلیت جوشکاری ندارند. - قابلیت باز و بسته کردن اتصال - هزینه بالای اتصال - به سختی آب‌بندی می‌شوند	
	اتصال چسبی و چسب‌کاری (Adhesive Bonding)		- هزینه پایین - روش اجرای آسان	- ضرب اطمینان و استحکام پایین اتصال - نیاز به دقت بالا
شیمیایی	جوشکاری به وسیله مواد حلحل (Solvent Welding)		- قابلیت جوشکاری ترموموست‌ها - جوشکاری بدون گرمایش	- همه پلاستیک‌ها را نمی‌توان با این روش جوشکاری کرد.
گرمایی	اتصال از طریق آمیزش مولکولی یا جوشکاری (Welding)		روشی است که منجر به تشکیل اتصالات محکم و استوار با ضرب اطمینان بالا می‌شود.	- همه پلاستیک‌ها قابلیت جوشکاری ندارند. - گاهی اوقات امکان استفاده از گرمایش نیست

مزایا و محدودیت‌های اتصال به روش جوشکاری در پلاستیک‌ها

■ همه پلاستیک‌ها قابلیت جوشکاری ندارند و فقط گروه ترموپلاست‌ها قابل جوشکاری می‌باشند. حتی در این گروه به دلیل بالا رفتن دما ممکن است توسط سازنده جوشکاری توصیه نشود. ترموست‌ها (پلاستیک‌های گرماسخت) را نمی‌توان جوشکاری کرد و فقط از طریق اتصالات مکانیکی، چسب‌ها، حلال‌ها و رزوه کاری می‌توان به هم متصل کرد.

■ با استفاده از جوشکاری می‌توان پلاستیک‌ها را با خواص مکانیکی بالا حتی در سطح خواص ماده اصلی به هم متصل کرد.

■ جوشکاری در مونتاژ مصنوعات چند تکه و دقیق می‌باشد.
■ درجه اطمینان اتصالات جوشکاری به خصوص در محیط‌های خورنده بالاست و هزینه‌های مونتاژ پایین است.



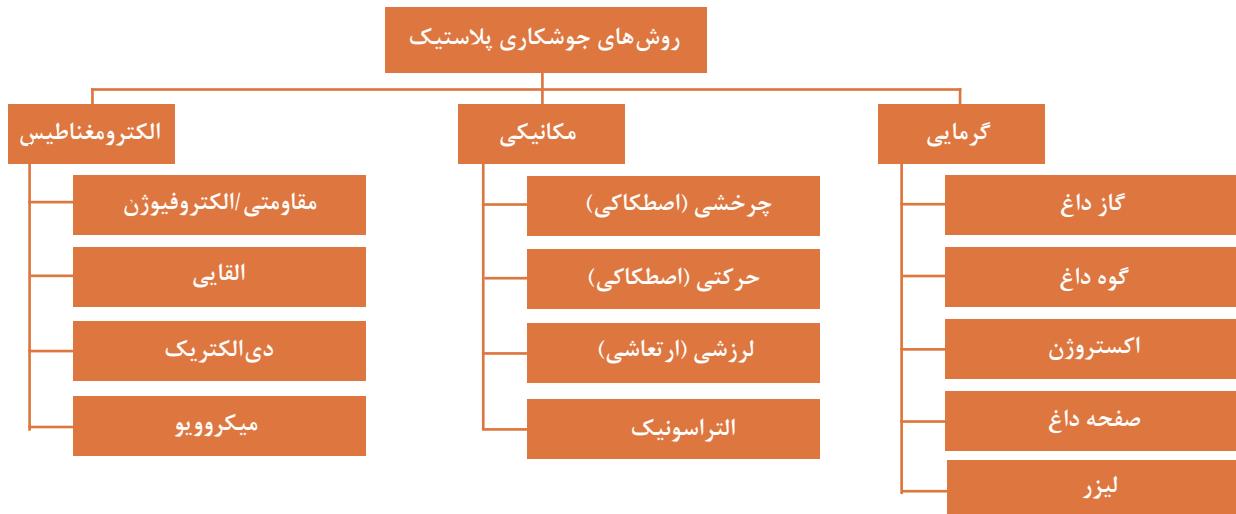
ب) جوشکاری فلزات

الف) جوشکاری پلاستیک‌ها

شكل ۲- فرایند جوشکاری الف) جوشکاری پلاستیک‌ها ب) جوشکاری فلزات

روش‌های جوشکاری پلاستیک

یکی از متداول‌ترین دسته‌بندی‌های جوشکاری پلاستیک‌ها، دسته‌بندی بر اساس روش اجرا و مکانیزم می‌باشد که در نمودار شکل ۳ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳- تقسیم‌بندی روش‌های مختلف جوشکاری پلاستیک‌ها بر اساس روش اجرا و مکانیزم

به طور کلی فرایند جوشکاری پلاستیک‌ها دارای سه مرحله اصلی می‌باشد:

- ۱ آماده‌سازی سطح
- ۲ اعمال گرما و فشار
- ۳ نگهداری تا سرد شدن کامل

به طور معمول در روش‌های جوشکاری پلاستیک‌ها از دو عامل گرما و فشار به‌طور همزمان استفاده می‌شود.

نکته



روش‌های جوشکاری با ابزار داغ

در این روش‌ها سطوح اتصال را به وسیله یک منبع گرمایی که یک ابزار داغ به شکل گوه، صفحه، غلتک و ... می‌باشد تا دمای ذوب‌شان گرم می‌کنند آنگاه سطوح ذوب شده را در کمترین زمان به هم متصل کرده و تحت فشار سرد می‌کنند.

فشار بین قطعات باید آنقدر باشد که حباب‌های هوا از درون جوش خارج شوند تا پیوند محکمی ایجاد شود. یکی از مهم‌ترین فاکتورها در این فرایند زمان بین جدا کردن قطعه از ابزار داغ و متصل کردن سطوح اتصال به هم و اعمال فشار بعد از آن است. این مدت باید تا حد امکان کوتاه انتخاب شود (یک الی سه ثانیه) زیرا تأخیر در آن منجر به ایجاد جوش ضعیفی خواهد شد. باید توجه داشت که این فرایند دور از جریان هوا یا باد و گرد و خاک انجام شود.

ویژگی ابزار داغ

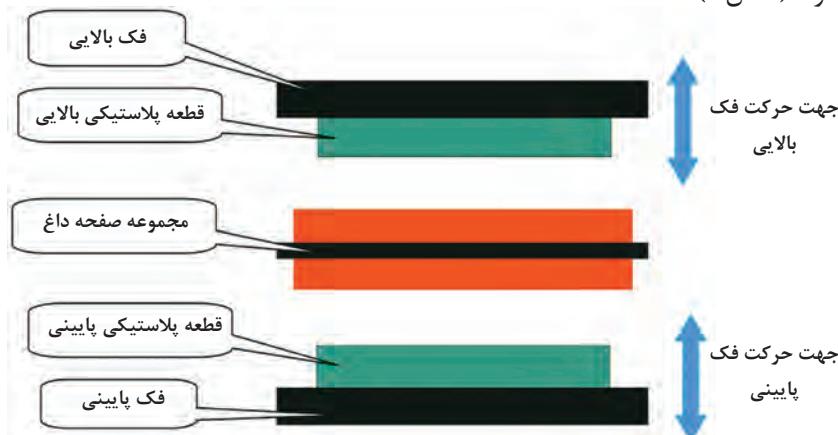
گرما: گرمای ابزارهای داغ معمولاً به وسیله المنت‌های الکتریکی یا هیتر و گاهی اوقات با توجه به شرایط محیطی از دمیدن گاز داغ تأمین می‌شود.

جنس روکش: ابزارهای داغ معمولاً از جنس مس یا آلمینیوم هستند و سطوح آنها را به دلیل برخورد با لبه‌های اتصال با تفلون یا نیکل پوشش می‌دهند تا از چسبندگی پلاستیک به ابزار داغ جلوگیری شود.

شكل: ابزار داغ می‌تواند شکل‌های هندسی مختلف مثل گوه، غلتک، صفحه و یا تیغه داشته باشد.

۱ جوشکاری با صفحه داغ (Hot Plates)

در این روش صفحه داغ بین سطوح موردنظر قرار می‌گیرد و پس از آنکه صفحه داغ سطوح موردنظر را گرم نمود به سرعت از میان قطعه خارج می‌شود و آنگاه سطوح اتصال به کمک نیروی فشاری به هم چسبیده و پرس می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴- شماتیک جوشکاری با صفحه داغ

این فرایند معمولاً برای اتصال لب به لب یا لب روی هم استفاده می‌شود.

جوشکاری قطعات غیرهم‌جنس با این روش امکان‌پذیر است و کافیست از دو فک که دارای دماهای متفاوت است استفاده شود.

نکته



در این فرایند کنترل دقیق دما و فشار ضروری است.

پارامترهای مهم در جوشکاری با صفحات داغ

- ۱ فشار
- ۲ زمان اعمال فشار
- ۳ ضربه هدایت گرمایی، صفحه داغ و قطعات
- ۴ فاصله زمانی خروج صفحه داغ از حد فاصل بین قطعات
- ۵ ابعاد فیزیکی



شکل ۵- پالت پلاستیکی

در زیر دو مثال از جوشکاری قطعات پلاستیکی با صفحه داغ را مشاهده می‌نمایید.

جوشکاری پالت پلاستیکی با صفحه داغ: در جدول ۴ تصاویر و مراحل تولید پالت پلاستیکی را توسط فرایند جوشکاری به وسیله صفحه داغ مشاهده می‌کنید.

جدول ۴- جوشکاری پالت با صفحه داغ

تصویر	توضیحات
	قسمت بالایی و پایه پالت وارد دستگاه می‌شوند سپس صفحه داغ تحت زمان معین بین پایه و قسمت بالایی قرار می‌گیرد تا آن را برای اتصال آماده کند.
	سپس صفحه داغ از ناحیه اتصال خارج می‌شود و دو قسمت تحت زمان معینی به هم فشرده می‌شوند. (اعمال فشار) تا اتصال انجام شود.
	پس از پایان فرایند پالت از دستگاه خارج می‌شود.

جوشکاری در و پنجره‌های دو جداره پی وی سی (PVC) با صفحه داغ: با گسترش در و پنجره‌های دو جداره از جنس پی وی سی اتصال و جوشکاری آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. پروفیل‌های پی وی سی به کار رفته در تولید این در و پنجره‌ها به کمک جوشکاری با صفحات داغ به یکدیگر متصل می‌شوند که مراحل آن عبارت‌اند از:

- ۱ عملیات برشکاری پروفیل‌ها به وسیله تیغه فلزی
- ۲ جوشکاری به وسیله صفحه داغ
- ۳ زدودن پلیسه جوش‌ها به وسیله تیغه و رنده فلزی

جدول ۵ تصاویر و مراحل جوشکاری در و پنجره‌های پی وی سی را نشان می‌دهد. جدول را کامل کنید.

تمرین

جدول ۵— تصاویر و مراحل جوشکاری در و پنجره‌های PVC



مراحل	فرایند	محصول

۱ جوشکاری با گوه داغ (Hot Wedge)

در این فرایند یک گوه داغ با دمای حدود ۴۰۰ الی ۴۹۰ درجه سلسیوس (شکل ۶) بین سطوح مورد جوشکاری که اغلب ورق‌های نازک و انعطاف‌پذیرند قرار می‌گیرد و در طول خط جوش موردنظر حرکت می‌کند تا لبه‌ها

نرم و آماده جوشکاری شوند، سپس غلتکی برای اعمال فشار لازم برای اتصال دو سطح داغ شده پشت گوه حرکت می‌کند و باعث می‌شود دو ورق به هم متصل شوند. گوه‌های داغ را معمولاً از جنس مس می‌سازند تا بیشترین قابلیت هدایت گرمایی را داشته باشند و سپس سطح این گوه‌های مسی را با نیکل روکش می‌دهند تا از خوردگی و چسبیدن آن به قطعات جلوگیری شود.

مراحل جوشکاری با گوه داغ

- ۱ قرارگیری گوه بین سطوح موردنظر
- ۲ حرکت گوه بین درز سطوح و نرم کردن لبه‌ها
- ۳ اعمال فشار توسط غلتک همراه با حرکت گوه و ایجاد اتصال



شکل ۶- جوشکاری با گوه داغ (Hot Wedge) و دستگاه جوش آن

نکته

حرکت گوه و اعمال فشار غلتک‌ها می‌تواند به صورت دستی یا ماشینی انجام شود.



۲ جوشکاری با غلتک‌های داغ (Hot Rollers Welding)

در این فرایند ابزار داغ به شکل غلتک است بنابراین به آن جوشکاری با غلتک‌های داغ گفته می‌شود که در آن دو غلتک داغ که در بالا و زیر سطوح اتصال حرکت می‌کند سطوح اتصال را گرم کرده و به هم متصل می‌کند. شکل ۷ مکانیزم و دستگاه جوشکاری با پلاستیک با غلتک داغ را نشان می‌دهد. در شکل موارد تأمین کننده گرما و فشار را مشخص کنید.



شکل ۷- جوشکاری با غلتک‌های داغ (Hot Rollers Welding) و دستگاه جوش آن



شکل ۸ - نازل مفتول جوش پلاستیک
برای رعایت زاویه ۹۰ درجه در جوشکاری
با هوا داغ

۲ روش جوشکاری با گاز داغ (Hot gas welding)

این فرایند شباهت زیادی به جوشکاری با شعله گاز دارد. در این فرایند گاز توسط هیتر یا المنت داغ شده و به سطح قطعه و سیم جوش دمیده می‌شود. فشار دمش گاز به سطح اتصال برای قطعات مختلف قابل تنظیم است. با دمیدن گاز سطح قطعه و سیم جوش نرم شده و یک جوش مناسب ایجاد می‌شود. گاز داغ می‌تواند هوای تمیز و ازت باشد. مهم‌ترین عامل در کیفیت جوشکاری گاز داغ دمای گاز است و عوامل دیگری مانند فشار، زاویه و سرعت حرکت در کیفیت جوش تأثیرگذار هستند. دمای گاز را می‌توان با نرخ جریان گاز یا تغییرات مقاومت الکتریکی مشعل برقی تغییر داد. همچنین باید توجه داشت، زاویه مفتول پلاستیکی جوش (فیلر) با سطح قطعه کار باید ۹۰ درجه و عمود باشد که برای راحتی نازل‌هایی برای رعایت زاویه ۹۰ درجه مفتول جوش ساخته شده است که در شکل ۸ مشاهده می‌کنید.

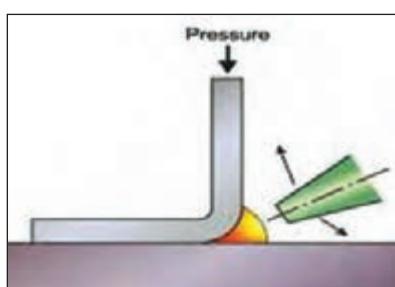
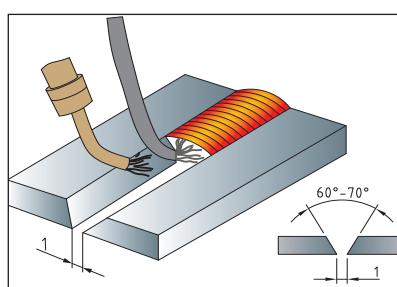
نکته



در جوشکاری پلاستیک گرمایش بیش از حد (Over Heating) یا گرمایی بیش از مقدار استاندارد بر ساختار پلاستیک اثر نامطلوب می‌گذارد و باعث تغییر رنگ، از شکل افتادگی، سوختگی و از هم پاشیدگی می‌شود و می‌تواند باعث تولید گازهای سمی شود.



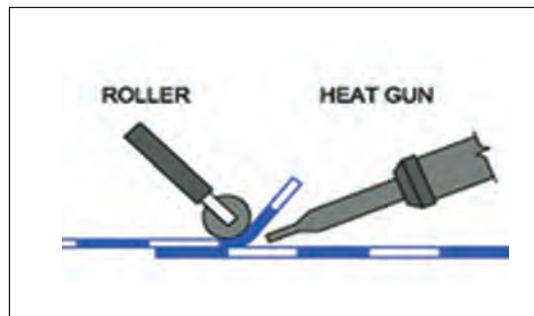
در شکل‌های ۹ تا ۱۲ جوشکاری با گاز داغ و انواع دستگاه‌های دستی و ماشینی آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۹- جوشکاری با گاز داغ و مفتول جوش پلاستیک



شکل ۱۰- ابزار جوشکاری با گاز داغ



شکل ۱۱- جوشکاری با گاز داغ به صورت دستی



شکل ۱۲- دستگاه جوشکاری گاز داغ و جوشکاری با گاز داغ به صورت ماشینی

مفتول‌های پلاستیکی جوشکاری: plastic Welding rods ماده پرکننده در جوشکاری با گاز داغ مفتول‌های پلاستیکی هستند که در رنگ‌ها و مقاطع مختلف مناسب با طرح اتصال و رنگ قطعات انتخاب می‌شوند.

شکل ۱۳ انواع سیم جوش‌های پلاستیکی را نشان می‌دهد. نکته مهم در طراحی و ساخت سیم جوش‌های پلاستیکی کیفیت ماده پلاستیکی است که در ساخت سیم جوش‌ها استفاده می‌شود. تخلخل ماده پلاستیکی از مهم‌ترین پارامترها است چون تخلخل و حباب‌های هوا موجود در میله‌ها در جوش نفوذ کرده و کیفیت جوشکاری را کاهش می‌دهد.



شکل ۱۳- انواع مفتوحهای پلاستیکی جوشکاری

از جمله کاربردهای جوشکاری پلاستیک با گاز داغ جوشکاری عایق‌های پلیمری ژئوممبران (جوش ژئوممبران) می‌باشد.

ژئوممبران Geomembrane

عایق‌های پلیمری چند لایه هستند که به علت طول عمر بالای آنها در شرایط محیط از آنها در ذخیره‌سازی آب در استخرهای پرورش ماهی استخیرهای ذخیره آب کشاورزی، زیر پوشش آسفالت به عنوان یک لایه ضدآب و ... استفاده می‌شود. امروزه کاربرد این عایق‌ها رو به گسترش است. بنابراین جوشکاری استاندارد آنها بسیار مهم و حائز اهمیت است.

جوشکاری عایق‌های پلیمری ژئوممبران (جوش ژئومبران): جوشکاری عایق‌های ژئوممبران با گاز داغ معمولاً توسط یک دستگاه اتوماتیک با هدایت یک اپراتور و سرعت قابل تنظیم تا ۴ متر بر دقیقه انجام می‌شود. اتصال به صورت لب روی لب با دو خط جوش در کنار هم می‌باشد. از جمله ویژگی‌های این عایق‌های پلاستیکی عدم نیاز به تعمیر و ترمیم در طول دوره حداقل ۶۰ سال می‌باشد.

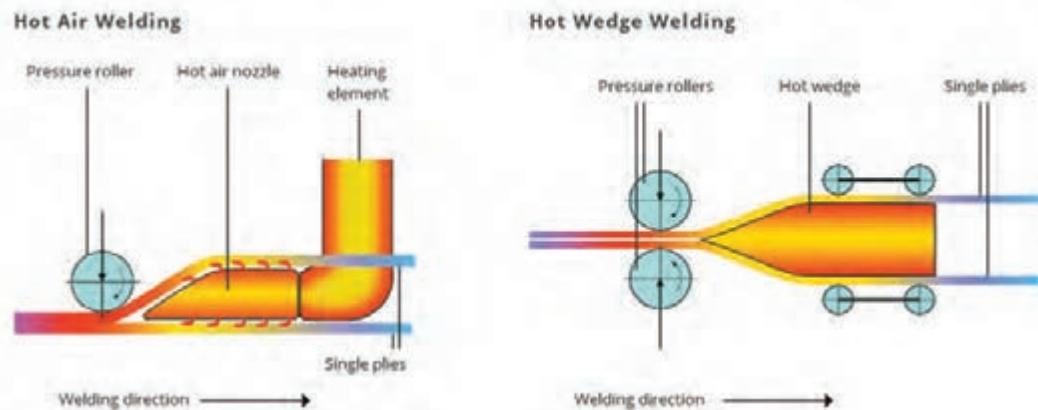
شکل ۱۴ جوشکاری عایق‌های پلاستیکی ژئوممبران (جوش ژئومبران) با طولهای بالای ۱۰۰ متر و عرض ۱۰ متر در گف استخیرهای ذخیره آب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- جوشکاری عایق‌های پلاستیکی (ژئومبران) استخیرهای ذخیره آب

برای اتصال ژئوممبران هم می‌توان از جوشکاری با گوه داغ و هم از جوشکاری با گاز داغ استفاده کرد. شکل ۱۵ جوشکاری ژئوممبران بهوسیله هر دو روش را نشان می‌دهد.

در روش جوشکاری بهوسیله گوه داغ، یک صفحه فلزی داغ بین لبه دو ورقه ژئوممبران قرار گرفته و به طور همزمان آنها را ذوب و سپس با فشار به یکدیگر می‌چسباند. عمل اتصال توسط فشار یک غلتک صورت می‌پذیرد. در روش گاز داغ با دمیدن گاز داغ به ناحیه اتصال لبه‌های اتصال نرم شده و با اعمال فشار به هم می‌چسبند.



شکل ۱۵- جوشکاری ورق‌های پلاستیکی با گوه داغ (سمت راست) و گاز داغ (سمت چپ)

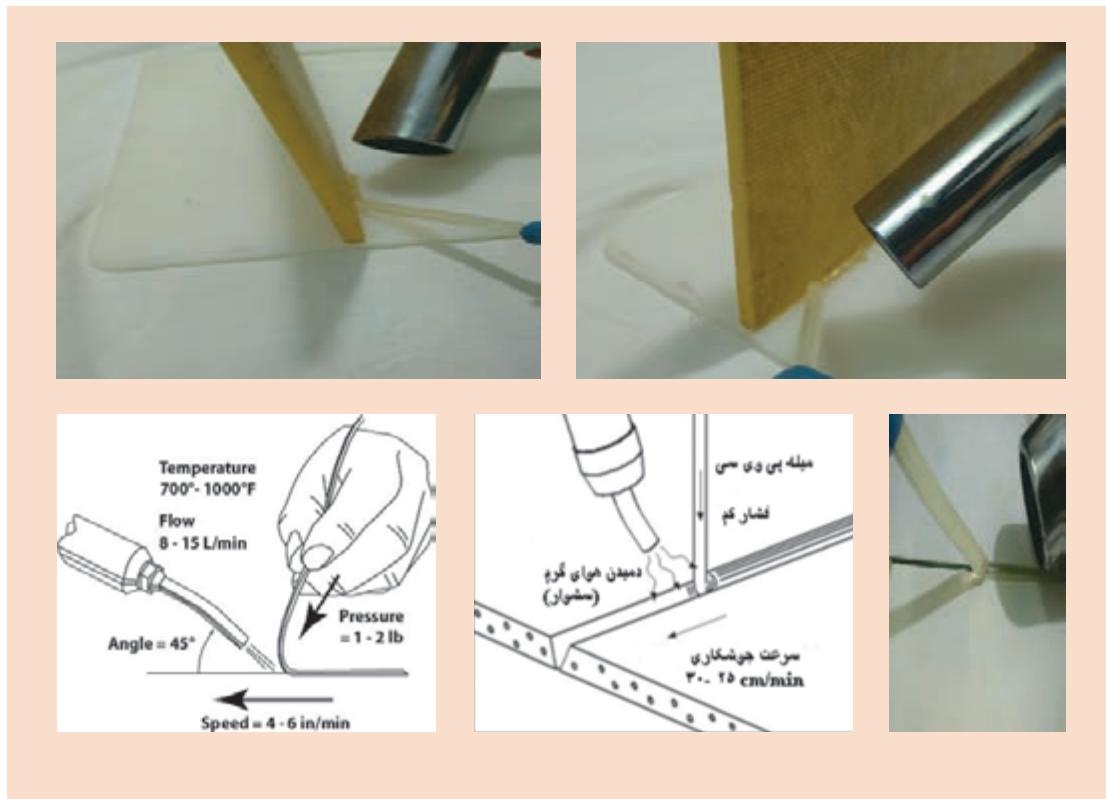
جوشکاری پلیت‌های پلاستیکی با استفاده از ابزار جوشکاری با گاز داغ دستور کار: قبل از شروع کار به وسایل ایمنی شامل دستکش، لباس کار با آستین‌های بلند، ماسک و ... مجهر شوید و در حین کار و تا زمانی که محل جوش سرد نشده دست با قطعات تماس پیدا نکنند.

کارگاهی



موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	ابزار جوشکاری با گاز داغ، ابزار برش پلیت‌های پلاستیکی (اره دستی یا برقی و...)
مواد اولیه	پلیت پلاستیکی
مواد مصرفی	مفتول پلاستیکی

پلیت‌های پلاستیکی را مانند تمرین جوشکاری گاز به صورت لب به لب و سپری به هم جوش دهید.



نکته

- ۱ زاویه سیم جوش با سطح قطعه حدوداً عمود باشد و زاویه سشوار گاز گرم حدود ۴۵ درجه باشد.
- ۲ دمای گاز گرم حدود ۳۵۰ الی ۵۰۰ درجه سلسیوس باشد.
- ۳ سرعت جوشکاری حدود ۲۰ الی ۳۰ سانتی متر بر دقیقه باشد.



در انتخاب روش جوشکاری پلاستیک‌ها باید نکات زیر را مد نظر قرار داد:

- ۱ قابلیت به کارگیری روش گرمایشی انتخاب شده با توجه به شرایط محیط و طول خط جوش
- ۲ دسترسی به تجهیزات لازم و ملحقات آنها برای تأمین انرژی
- ۳ سهولت انجام کار و استفاده از تجهیزات برای اپراتور
- ۴ سرعت انجام کار و محدودیت‌های زمانی
- ۵ استانداردهای کاری با توجه به حساسیت قطعه، مصارف قطعه و کیفیت ظاهری
- ۶ ایمنی کار با توجه به تناسب ابزار جوشکاری با محیط کار
- ۷ دمای لازم برای انجام فرایند جوشکاری

جوشکاری لوله‌های پلاستیکی

به تصاویر شکل ۱۶ نگاه کنید.



شکل ۱۶- کاربرد لوله‌های پلاستیکی در صنایع مختلف

امروزه لوله‌های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن به علت مزایای زیادی که دارند به طور گستردگی در شبکه‌های آبرسانی، گاز رسانی و شبکه‌های فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرند.
به نظر شما دلیل به کارگیری لوله‌های پلاستیکی در موارد متنوع چیست؟

مزایای لوله‌های پلاستیکی

- ۱ سبکی و حمل و نقل آسان
- ۲ مقاومت به خوردگی و زنگ زدگی و طول عمر بالا
- ۳ انعطاف‌پذیری و عدم شکست نسبت به نیروهای واردہ در شرایط کاری
- ۴ عدم نیاز به عایق بندی و رنگ زدن و پوشش
- ۵ نصب آسان و سریع و روش‌های متنوع اتصال
- ۶ قیمت پایین و مقرون به صرفه بودن

معایب لوله‌های پلاستیکی

- ۱ مقاومت این لوله‌ها در برابر گرما پایین است.
- ۲ در برابر سرما بسیار حساس و شکننده‌اند.
- ۳ در برابر نور خورشید در محیط‌های باز طول عمرشان پایین است.

جوشکاری لوله‌های پلاستیکی معمولاً به دو صورت الکتروفیوزن Electro Fusion و لب به لب Butt Fusion انجام می‌شود.

انتخاب روش اتصال، بستگی به کاربرد خط لوله، نیازمندی‌ها و امکانات موجود دارد. و معمولاً در شبکه‌های توزیع گاز و در خطوط انتقال آب و فاضلاب استفاده می‌شود. شکل ۱۷ و ۱۸ نحوه جوشکاری و تجهیزات آن را برای هر دو فرایند نشان می‌دهد.



شکل ۱۷- جوشکاری الکتروفیوزن



شکل ۱۸- جوشکاری لب به لب

تفاوت اصلی این دو روش در شیوه گرم کردن محل اتصال است. در روش جوشکاری سر به سر ذوبی، از ابزارهای گرمایی مانند صفحه داغ برای گرم کردن سطح لوله و اتصالات پلی اتیلن استفاده می‌شود ولی در جوش الکتروفیوزن گرما به شکل داخلی و از طریق جریان الکتریکی ایجاد می‌گردد. در لوله‌های پلی اتیلن، استحکام جوش ایجاد شده به روش الکتروفیوزن، بیشتر از جوش ذوبی لب به لب است.

جوشکاری لوله‌های پلاستیکی با ابزار داغ (بوشن داغ)

تحقیق

بر روی لوله‌های پلاستیکی خطوط رنگی در امتداد طول لوله وجود دارد.

۱ کاربرد این خطوط چیست؟

۲ رنگ‌های مختلف نشان‌دهنده چیست؟



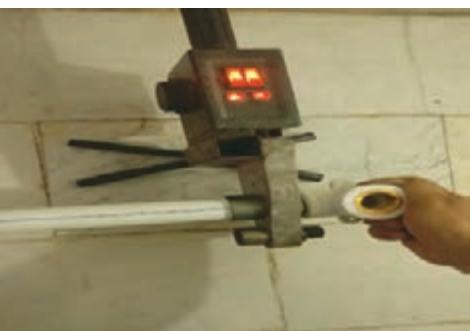
استفاده از ابزار داغ یکی از روش‌های پرکاربرد، ساده و ارزان قیمت برای جوشکاری لوله‌های پلاستیکی در قطرهای پایین می‌باشد. ابزار داغ معمولاً به شکل صفحه یا بوشن می‌باشدند. در جوشکاری با ابزار داغ به شکل بوشن لوله‌هایی که قرار است متصل شوند تا دمای ذوب گرما داده می‌شوند و سپس سر لوله‌ها از صفحه یا ابزار داغ جدا شده و سریعاً به هم فشرده می‌شوند. عمل فشردن تا سرد شدن و انجام کامل ادامه می‌یابد. در این فرایند فشار نباید بیشتر از حد مجاز باشد چون باعث به وجود آمدن پلیسه بیش از حد، کج شدن و انحنا در محل اتصال می‌شود. شکل ۱۹ تجهیزات جوشکاری با بوشن داغ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹- تجهیزات جوشکاری لوله‌های پلاستیکی

جدول ۶ مراحل جوشکاری لوله‌های پلاستیکی با ابزار داغ (بوشن داغ) را نشان می‌دهد.

جدول ۶- مراحل جوشکاری لوله‌های پلاستیکی با ابزار داغ (بوشن داغ)

	<p>مرحله اول: آماده‌سازی ۱- باید دقیق شود که اتو به دمای لازم برای جوشکاری برسد که معمولاً در اتوهای جدید، رسیدن به دمای لازم با روشن شدن چراغ مشخص می‌شود. ۲- برش لوله‌ها با قیچی مخصوص و اره انجام می‌شود.</p>
	<p>مرحله دوم: قرار دادن لوله و اتصال در ابزار داغ باید دقیق شود که لوله و اتصال زمان زیادی درون اتو قرار نگیرد، چون باعث تغییر شکل لوله و اتصال می‌شود.</p>
	<p>مرحله سوم: فشار لوله و اتصال بعد از جدا شدن از اتو باید در کوتاه‌ترین زمان به هم وصل شوند.</p>
	<p>مرحله چهارم: نگهداری چون لوله در محل اتصال داغ شده نرم است برای جلوگیری از کج شدن اتصال این کار انجام می‌شود.</p>

پارامترهای مهم در جوشکاری لوله‌های پلاستیکی



دلایل بروز عیب در اتصالات جوشی لوله‌های پلاستیکی

- ۱ آلودگی سطوح لوله‌ها به گرد و خاک، روغن و گریس و دیگر ناخالصی‌ها
- ۲ جوشکاری ناقص به علت ذوب شدن سطحی
- ۳ کیفیت پایین جنس و ساختار لوله‌ها
- ۴ عدم محافظت از محیط، عدم کنترل دما و عدم جلوگیری از تغییرات دمایی

کار
کارگاهی

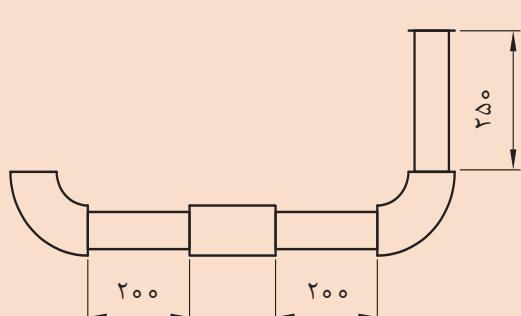


جوشکاری لوله‌های پلاستیکی با استفاده از ابزار داغ (بوشن داغ)

دستور کار: قبل از شروع کار ابتدا ایمنی را رعایت کنید و حتماً تجهیزات ایمنی شامل دستکش، لباس کار با آستین‌های بلند، ماسک و ... تهیه کنید و سپس تمرین را انجام دهید. مواظب باشید در حین کار و

تا زمانی که محل جوش سرد نشده قطعات با دست تماس پیدا نکنند. مواظب باشید در حین کار و تا زمانی که اتو داغ است سیم برق اتو به قسمت داغ آن برخورد نکند.

نقشه کار: سایز لوله و اتصالات ۱۶ یا ۲۵ و اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر می‌باشد.



موارد مورد نیاز	توضیحات
تجهیزات فنی	اتوی لوله، قیچی مخصوص برش لوله، متر فلزی
مواد اولیه	لوله پلاستیکی، زانویی یک عدد، بوشن یک عدد، سه راهی یک عدد

مراحل انجام کار

مرحله اول: لوله های پلاستیکی را طبق نقشه و اندازه به وسیله قیچی برش بزنید.

مرحله دوم: اتو را روشن کرده دمای اتو را بین ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه سلسیوس تنظیم کنید و منتظر

بمانید تا اتو به دمای موردنظر برسد. (ثابت ماندن دما در اتوها به صورت اتومات انجام می شود).

مرحله سوم: لوله ها را به بوشن متصل نموده و همگام با ذوب شدن لوله و اتصال به آرامی فشار دهید تا

به صورت کامل درون بوشن قرار گیرد. سپس حدود ۵ ثانیه بدون فشار نگه دارید.

مرحله چهارم: لوله و اتصال را با کمی پیچش از اتو جدا کرده و در کوتاه ترین زمان ممکن به هم متصل

نموده و به آرامی فشار دهید تا به اندازه ای که لوله ذوب شده درون اتصال (مادگی) قرار بگیرد. سپس تا

سرد شدن محل اتصال آنها را صاف و هم راستا نگه دارید.

بر روی لوله ها خطی رنگی قرار دارد که از آن می توانید برای صاف بودن اتصال و لوله استفاده کنید.

پرسش کلاسی



اندازه لوله به همراه اتصال قبل از جوشکاری و بعد از جوشکاری به صورت دقیق چند میلی متر تغییر می کند.

ارزشیابی عملکرد

۱ لوله و اتصال بعد از تمام شدن جوشکاری کاملاً صاف و هم راستا و هم محور باشد.

۲ طول اتصال بعد از جوشکاری برابر اندازه نقشه باشد.

آزمایش



دو سر لوله را مطابق شکل ۲۰ به صورت لب به لب ذوب کرده و بدون استفاده از بوشن به هم جوش دهید و استحکام آن را با اتصالی که با استفاده از بوشن به هم جوش خورده است مقایسه کنید و نتایج را در جدول ۷ ثبت کنید



شکل ۲۰- سمت راست) جوشکاری لوله بدون بوشن - سمت چپ) جوشکاری لوله با استفاده از بوشن

جدول ۷- مقایسه اتصال لوله ها با بوشن و بدون بوشن

اتصال با بوشن	اتصال بدون بوشن	
		راحتی مونتاژ و سرهم کردن
		استحکام
		صافی و هم راستا بودن

تعمیر مصنوعات پلاستیکی آسیب دیده

به تصاویر شکل ۲۱ نگاه کنید اگر هر یک از اتفاقات زیر برای شما بیفتد چه می‌کنید؟



شکل ۲۱- تصاویر قطعات پلاستیکی آسیب دیده

آیا همیشه تعمیر قطعات بهترین کار است؟

شما کدام قطعه را تعمیر و کدام را تعمیر می‌کنید؟

در برخی از مواقع قطعات دارای شرایطی هستند که تعمیر آنها مقرن به صرفه‌تر از تعمیر آنها می‌باشد و ممکن است این شرایط همیشه به خاطر گران بودن آن قطعه نباشد. شرایطی از جمله نایاب بودن قطعه یا حتی طولانی بودن پروسه تعمیر ایجاب می‌کند که آن قطعه تعمیر شود. همچنین باید در نظر داشت که یک ورق یا قطعه پلاستیکی که درست تعمیر شده است از لحاظ استحکام تفاوتی با قطعه آسیب دیده ندارد و با پرداخت مناسب می‌تواند، تا حدودی از لحاظ ظاهری هم مانند قبل باشد.

جوشکاری علاوه بر اینکه در تولید مصنوعات پلاستیکی به کار می‌رود در تعمیر قطعات آسیب دیده نیز چاره‌ساز است.

شکل ۲۲ جوشکاری تعمیری برخی از قطعات آسیب دیده پلاستیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲- جوشکاری تعمیری قطعات پلاستیکی

آسیب‌هایی مثل شکستگی، ترک، سوراخ، گسیختگی و اعوجاج را می‌توان به راحتی به کمک جوشکاری تعمیر کرد و قطعه‌ای مشابه با خواص اولیه به دست آورده. شکل ۲۳ نمونه‌هایی از قطعات پلاستیکی آسیب دیده قبل و بعد از تعمیر را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳- نمونه‌هایی از جوش تعمیری قبل و بعد از جوشکاری

مراحل انجام تعمیر به کمک جوشکاری

- ۱ آماده سازی سطوح که شامل تمیزکاری و پخ زدن است.
- ۲ تراز کردن لبه‌های اتصال
- ۳ جوشکاری با سرعت مناسب
- ۴ سنگ‌زنی، سنباده‌زنی و پرداخت قطعه

در جوشکاری تعمیری قسمتی که قرار است تعمیر شود، باید کاملاً در دسترس باشد تا تعمیرکار بتواند با تسلط کامل کار خود را انجام دهد.

نکته

طولانی شدن عملیات سنگ‌زنی در تمامی مراحل کار باعث بالا رفتن بیش از حد دمای محل اتصال می‌شود که ممکن است باعث تغییر شکل قطعه شود.



۱ آماده‌سازی لبه‌های قطعات پلاستیکی قبل از جوشکاری

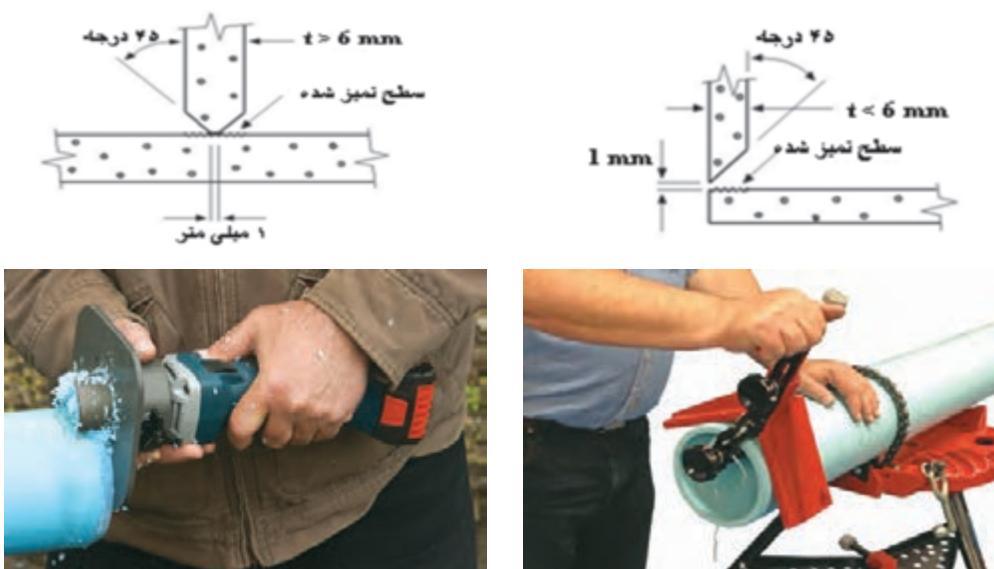
این مرحله شامل پخ زدن و تمیزکاری است. آماده‌سازی سطوح در تمام فرایندهای جوشکاری پلاستیک برای دستیابی به یک جوش با کیفیت باید به درستی انجام شود چون در غیر این صورت منجر به شکست و تخریب جوش می‌شود.

پخ زدن قطعات پلاستیکی قبل از جوشکاری: در بعضی از فرایندهای جوشکاری پلاستیک مانند جوشکاری با ابزار داغ و جوشکاری با گاز داغ نیاز به آماده سازی و پخ زدن لبه‌های اتصال با توجه به ضخامت قطعه کار می‌باشد. در صورتی که ضخامت قطعات کار به اندازه‌ای باشد که نیاز به استفاده از مواد پرکننده باشد لبه‌های اتصال پخ زده می‌شود.

پخ زدن قطعات پلاستیکی مانند پخ زدن قطعات فلزی است. به این ترتیب که هر چه ضخامت قطعه کار بیشتر باشد، باید زاویه پخ را افزایش داد تا دسترنسی به ریشه جوش بهتر و نفوذ جوش بیشتر شود. اما از طرفی هرچه زاویه پخ بیشتر باشد زمان جوشکاری و میزان مواد مصرفی بیشتر می‌شود که معایبی نظیر اعوجاج قطعه و افزایش هزینه را دارد. بنابراین زاویه پخ باید متناسب با ضخامت قطعه باشد. در ضخامت‌های بالا پخ با زاویه ۴۵ درجه با عمق ۷۵٪ ضخامت قطعه کار ایجاد می‌شود.

پخ زدن قطعات به وسیله رنده‌کردن، فرزکاری، اره کردن و سوهان کاری انجام می‌شود. شکل ۲۴ عملیات پخ زدن لوله‌های پلاستیکی را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که پخ مناسب می‌تواند نیاز به تمیزکاری قطعات را از بین ببرد.

حتماً در حین پخ زدن با رنده یا فرز از ماسک محافظ استفاده شود.



شکل ۲۴- پخ زدن قطعات پلاستیکی برای جوشکاری

شکل پخ در قطعات پلاستیکی شبیه قطعات فلزی است. فقط با این تفاوت که در همه فرایندهای جوشکاری پلاستیک نیاز به پخ زدن قطعات نیست.

تمیز کاری سطوح اتصالات پلاستیکی:

مرحله بعد از آماده سازی قطعات پلاستیکی تمیز کاری سطح اتصال

جوش است که در شکل ۲۵ آن را مشاهده می کنید.

یکی از دلایل اصلی و ادادگی یا تخریب اتصالات، آلودگی سطوح جوش حین جوشکاری می باشد. این آلودگی ها شامل گرد و خاک، روغن و دیگر ناخالصی ها می باشد. سطوح اتصال در جوشکاری باید از آثار کلیه آلودگی ها مثل



شکل ۲۵- تمیز کاری قبل از جوشکاری

گریس، روغن، سایر هیدروکربن ها، گرد و خاک، رنگ و دیگر آلودگی ها تمیز شود. برای تمیز کاری سطوح از حلal ها و مواد شوینده صنعتی استفاده نمی شود چون اغلب حلal ها موجب حل شدن یا نرم شدن قطعات ترمومپلاستیکی شده و موجب ضعیف شدن محل اتصال و اطراف آن می شود.

برای پاک کردن آلودگی ها بهتر است ابتدا از یک صابون و آب ولرم استفاده شود سپس برای پاک سازی سطوح از روغن و گریس از پاک کننده مک (بوتانون یا متیل اتیل کتن) که حلal قوی چربی ها است استفاده شود. این ماده بسیار فرار بوده و باعث نرمی پلاستیک ها نمی شود.



شکل ۲۶- آماده سازی سطوح پلاستیکی قبل از جوشکاری

برای تمیز کردن سطوح جوشکاری و سر لوله های پلاستیکی می توان با استفاده از یک پارچه تمیز با الكل خلوص بالا دو سر لوله ها را تمیز کرد و پس از آن دقیق شود سطوح حتی با دست هم تماس نداشته و آلوده نشود.

شکل ۲۶ آماده سازی سطوح پلاستیکی قبل از جوشکاری را نشان می دهد.

از دیگر آلودگی هایی که باید زدوده شود رنگ و پوشش قطعه است. رنگ و سطوح جرم گرفته به راحتی با استفاده از یک چرخ ساینده استاندارد (دیسک از جنس شن و ماسه) تمیز می شوند. اما چون ساختار

پلاستیک نرم است و به راحتی ساییده و برداشته می شود باید دقیق شود که سطح قطعه زیاد برداشته نشود تا اتصال آسیب نبیند. عمل تمیز کاری سطح را می توان با استفاده از تیغه تیز و برس سیمی تمیز نیز انجام داد. شکل ۲۷ تمیز کاری سپر خودرو را نشان می دهد.



شکل ۲۷- تمیز کاری سپر خودرو

۱ تراز کردن لبه‌های اتصال

هم‌تراز کردن لبه‌های درز اتصال به گونه‌ای که هر دو افقی قرار گیرند در این مرحله ممکن است از یک نوار فویل آلومینیومی به صورت کمریندی در پشت درز اتصال برای موقعیت‌دهی موقت قطعات کنار هم استفاده شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸ - هم‌تراز کردن قطعه به کمک فویل آلومینیومی

۲ جوشکاری با سرعت مناسب

بهتر است جوشکاری در طولی بیشتر از طول آسیب دیده انجام شود. این امر منجر به تقویت قطعه آسیب دیده می‌شود. با روشن کردن ابزار جوشکاری و رسیدن به دمای عمومی جوشکاری تعمیری که حدود 350°C است فرایند تعمیر انجام می‌شود. اگر از فویل نگهدارنده استفاده نشود مرحله نخست خال جوش زنی است. جوشکاری با سرعت بالا انجام می‌شود و برای هر بار تکرار آن در یک درز اتصال به پاس قبلی سی دقیقه فرصت سرد شدن می‌دهیم. گاهی در تعمیر برخی از قطعات پلاستیکی مثل سپر خودروها برای افزایش استحکام و تقویت کار از توری‌های فلزی هنگام جوشکاری استفاده می‌شود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹ - استفاده از توری فلزی در تعمیر قطعات پلاستیکی

۳ سنگ زنی، سنباده زنی و پرداخت قطعه

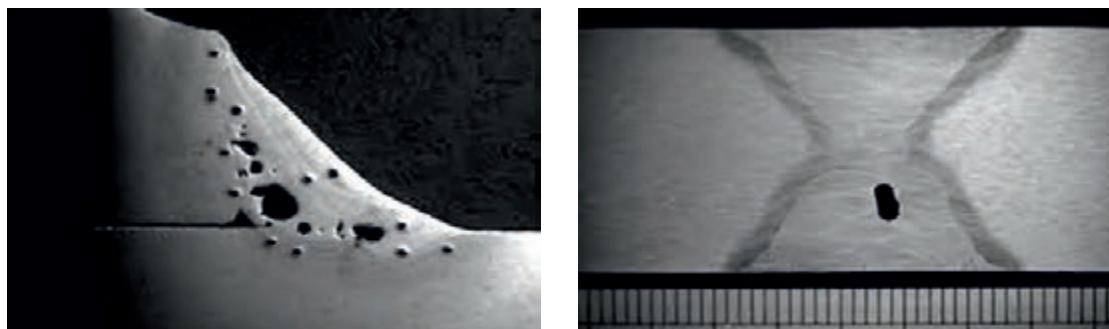
بهمنظور رسیدن به شمايل اوليه قطعه، عملیات پرداخت نهایی انجام می‌شود (شکل ۳۰).



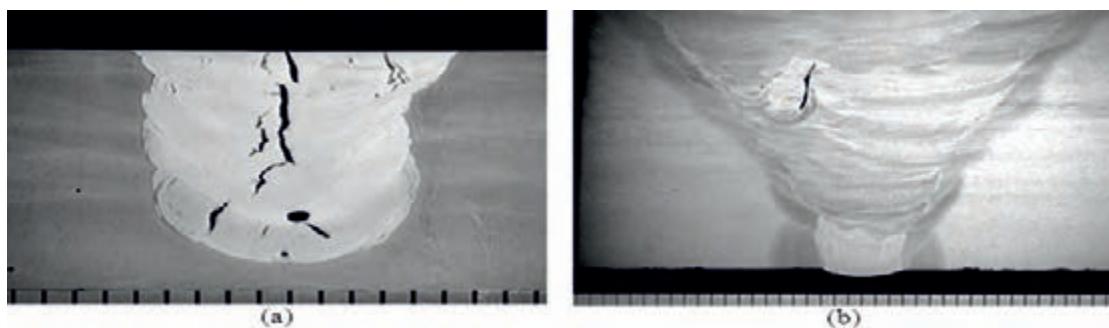
شکل ۳۰ - پولیش قطعه کار پس از تعمیر

عيوب جوش قطعات پلاستيكي

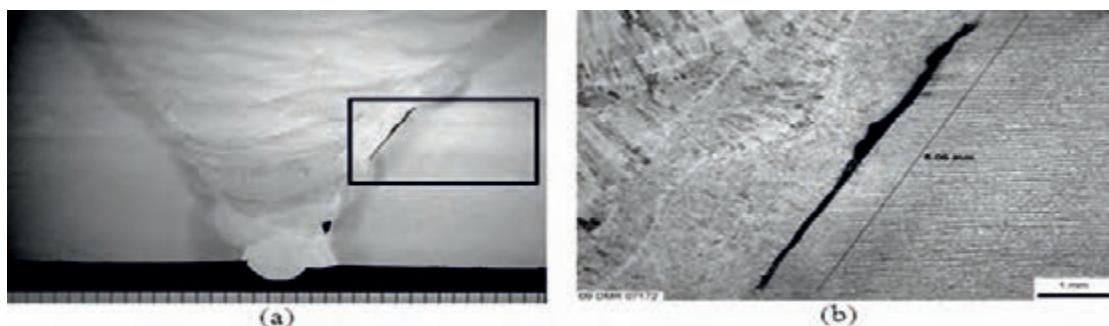
همانند فلزات در جوشکاري پلاستيکها نيز احتمال به وجود آمدن عيب وجود دارد که در بعضی مواقع با توجه به نوع و اندازه عيب و حساسيت قطعه کار باعث رد شدن اتصال می شود اما در بعضی از مواقع اين عيوب قابل تعمير می باشد که در قسمت جوشکاري تعميري به آن پرداخته شد.
باید توجه داشت که احتمال به وجود آمدن عيوب در روش های جوشکاري دستی بيشتر است. درشكلي هاي ۳۱ تا ۳۳ عيوب رايج در جوشکاري پلاستيکها را مشاهده مي کنيد.



شکل ۳۱- مک و تخلخل در جوشکاري قطعات پلاستيكي



شکل ۳۲- ترک های داخلی درون جوش



شکل ۳۳- عدم ذوب در جوش قطعات پلاستيكي

در جدول ۸ برخی از عیوب مهم، دلیل و راه حل رفع آنها آورده شده است.

جدول ۸ - برخی از عیوب مهم، علت ایجاد و راه حل رفع آنها

راه حل	دلیل	عیوب
<ul style="list-style-type: none"> - تمیز کاری متناسب با جنس قطعه - تنفس زدایی (با کنترل سرد شدن، کاهش نیروی نگهدارنده و ...) - انتخاب مناسب مفتول - استفاده از گاز محافظ متناسب با جنس قطعه 	<ul style="list-style-type: none"> - آلوده بودن سطح اتصال - انتخاب مفتول نامناسب - اکسید شدن درز جوش 	ترک در جوش
<ul style="list-style-type: none"> - استفاده از مفتول پلاستیکی بی کیفیت - حرکت مناسب دست - سرعت مناسب جوشکاری 	<ul style="list-style-type: none"> - استفاده از مفتول پلاستیکی بی کیفیت - کم و زیاد شدن گرما و همگن نبودن گرمادهی هنگام جوشکاری - سرعت بالای جوشکاری 	تخلخل در جوش
<ul style="list-style-type: none"> - تنظیم سرعت جوشکاری با توجه به نوع جوش - تکنیک استاندارد جوشکاری متناسب با نوع جوش - استفاده از ابزار خارج از دستورالعمل - انتخاب سیم جوش از نظر ابعادی برابر دستورالعمل 	<ul style="list-style-type: none"> - سرعت غیراستاندارد جوشکاری - روش غیراستاندارد جوشکاری - استفاده از ابزار خارج از دستورالعمل - نازک یا ضخیم بودن سیم جوش نسبت به درز اتصال 	ذوب ناقص
<ul style="list-style-type: none"> - تنظیم دقیق سرعت و دمای جوشکاری - چیدمان صحیح قطعات - کنترل سرعت سرد شدن - کاهش تعداد پاس‌های جوشکاری و انتخاب قطر سیم جوش مناسب 	<ul style="list-style-type: none"> - گرمای بیش از حد در محل اتصال - جفت کردن نامناسب قطعات - سریع سرد شدن جوش - زیاد شدن تعداد پاس‌های جوش 	تابیدگی و اعوجاج قطعات جوشکاری شده
<ul style="list-style-type: none"> - سرعت مناسب جوشکاری - تکنیک مناسب و حرکت مناسب دست - پیش گرمایی قطعه 	<ul style="list-style-type: none"> - سرعت پایین جوشکاری که باعث افزایش دما در جوش می‌شود - گرمادهی نامناسب به جوش - سرد بودن قطعه 	کیفیت پایین جوش و سوختن جوش

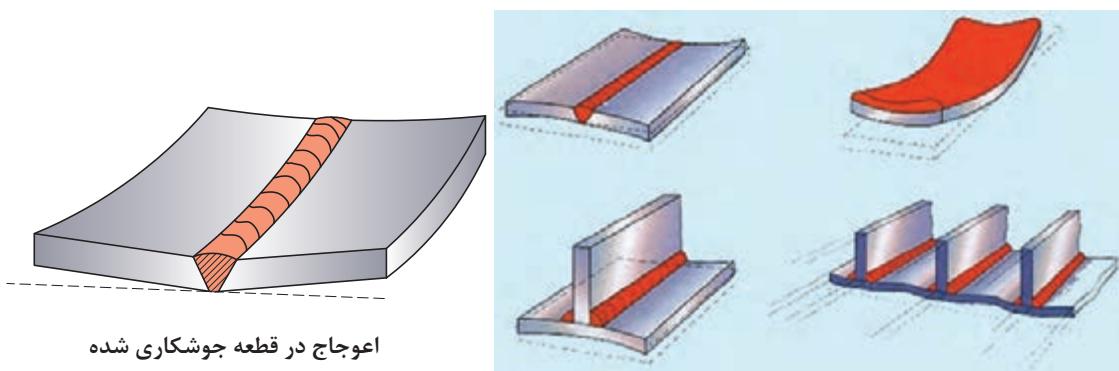
اعوجاج اتصالات جوشکاری شده

هنگامی که گرما به صورت موضعی به قطعه کار اعمال شود، باعث انبساط قطعه در آن نقطه از قطعه می‌شود. این انبساط موضعی باعث ایجاد تنش در قطعه شده و منجر به تاب برداشتن و اعوجاج قطعه می‌شود. در اثر گرم شدن موضعی، قطعه در ناحیه گرمادیده تمایل دارد منبسط شود اما سایر نواحی آن که دمای پایین‌تری دارند نه تنها میلی به انبساط نداشته بلکه در برابر انبساط ناحیه گرمادیده نیز مقاومت می‌کند و همین امر باعث ایجاد تنش در قطعه کار می‌شود.

باید توجه داشت گرمای جوشکاری نیز به صورت موضعی به قطعات وارد می‌شود و اگر قطعه آزاد باشد تنش‌های ایجاد شده در اثر جوشکاری باعث اعوجاج و تاب برداشتن قطعه می‌شود.

یکی از دلایل مهم اعوجاج و جا ماندن تنش‌ها در قطعات پلاستیکی جوشکاری شده چرخه گرم و سرد شدن سریع قطعات است که باعث اعوجاج در قطعه می‌شود.

شکل ۳۴ اعوجاج در قطعات جوشکاری شده را نشان می‌دهد. معمولاً در فرایندهای جوشکاری دستی قطعات مانند جوشکاری با گاز داغ و گوه داغ که گرما بیشتر به صورت موضوعی به قطعات وارد می‌شود، اعوجاج در قطعات بیشتر است.



شکل ۳۴- اعوجاج در قطعات جوشکاری شده

با پیش‌گرما و پس‌گرما قطعه کار و کنترل دمای محیط جوشکاری می‌توان از سریع سردشدن قطعه جلوگیری کرد و مانع از اعوجاج قطعه شد.

قرینه‌نبودن پخ در اتصالات باعث توزیع نامناسب گرما در محل اتصال شده و باعث اعوجاج در جوشکاری می‌شود. همچنین کاهش سرعت جوشکاری باعث رسیدن گرمای زیادی در محل اتصال یا همان افزون گرمایی over heating در قطعه می‌شود. بنابراین باید در اجرای جوشکاری به گونه‌ای از امکانات استفاده شود که موجب افزایش سرعت جوشکاری شود تا گرمای کمتری به قطعه برسد.

پژوهش

آیا می‌توان از تکنیک‌های جلوگیری از اعوجاج و رفع اعوجاج جوشکاری فلزات در جوشکاری پلاستیک‌ها استفاده کرد؟



اصول ایمنی در جوشکاری پلاستیک‌ها

- ۱ در جوشکاری پلاستیک‌ها پرتوهای مضر مانند جوشکاری فلزات وجود ندارند و نیاز به استفاده از ماسک جوشکاری نیست.
- ۲ پلاستیک‌ها در صورت گرماییدن تا دماهای بالا تولید گازهای سمی می‌کنند که باید هنگام جوشکاری آنها در فضای بسته از ماسک تنفسی استفاده شود و از طرفی چون اکثراً قابل اشتعال هستند باید تهویه مناسب انجام شود.
- ۳ پلاستیک‌ها هنگامی که ذوب می‌شوند بسیار چسبنده هستند و در صورتی که با دست برخورد کنند به دست می‌چسبند. دقیق شود در صورت چسبیدن مذاب پلاستیک به دست سعی بر جدا کردن آنها نکنید، بلکه سریعاً آن را با آب سرد کنید، چون در صورت سرد شدن راحت‌تر جدا می‌شوند (شکل ۳۵).



شکل ۳۵ - جدا کردن پلاستیک ذوب شده از انگشتان دست و خطر چسبیدن مجدد آن

- ۴ در هنگام پخت زدن به وسیله سنگ فرز حتماً از عینک و ماسک محافظ استفاده کنید.
- ۵ در جوشکاری با ابزار داغ احتمال برخورد دست با ابزار داغ و سطوح پلاستیکی ذوب شده وجود دارد بنابراین حتماً از لباس کار آستین بلند و دستکش مناسب استفاده کنید.
- ۶ هرگز ابزار داغ را در محیط مرطوب و نمدار به کار نبرید زیرا احتمال شوک الکتریکی وجود دارد.
- ۷ هنگام گرم بودن اتو دقیق شود که کابل برق دستگاه با قسمت‌های داغ دستگاه برخورد نکند زیرا باعث سوختن روکش سیم دستگاه و برق گرفتگی می‌شود.
- ۸ در هنگام تمیزکاری سطوح پلاستیکی با مک (mek) باید دقیق زیادی شود چون بخارات این ماده به شدت قابل اشتعال است. بنابراین باید از تهویه مناسب استفاده کرد.

شرح کار:

- آماده سازی
- جوشکاری به روش های مختلف
- کنترل نهایی

استاندارد عملکرد:

شاخص ها:

- جوشکاری دو قطعه پلاستیکی با گاز داغ برابر دستورالعمل
- جوشکاری دو قطعه پلاستیکی با گوه داغ برابر دستورالعمل
- جوشکاری دو لوله پلاستیکی با ابزار داغ برابر دستورالعمل

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

یک کارگاه استاندارد با نور و فضا و تهویه کافی

شرایط:

ابزار و تجهیزات: تجهیزات گاز داغ - تجهیزات گوه داغ - تجهیزات ابزار داغ لوله (اتو)

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی	۱	
۲	جوشکاری	۲	
۳	کنترل نهایی	۱	
شاخص های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:			
*	میانگین نمرات		

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

دانلود سوالات آزمون

راهنمای کامل آزمون

۱- برنامه درسی درس اتصال مواد فلزی و غیرفلزی، رشته صنایع فلزی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۴.

۲- برنامه درسی اتصال ویژه مواد فلزی و غیرفلزی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۵.

3- Jeffus, Larry. Weldin and Metal Fabrication. Cengage Learning. 2012.

4 Bohnart, Edward R. Welding Principles and Practice. McGraw - Hill Education. 2018.

5- Troughton, Michael J. Handbook of plastics joining: a practical guide. William Andrew, 2008.



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

اسمی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب اتصال ویژه مواد فلزی و غیرفلزی رشته صنایع فلزی - کد ۲۱۲۴۱۰

ردیف	نام و نام خانوادگی	ردیف	استان محل خدمت	نام و نام خانوادگی	ردیف	استان محل خدمت
۱	حجت‌الله پیرعلی	البرز		سیدصادق میری	۸	کهگیلویه و بویراحمد
۲	حمید بختیاری	مرکزی		قاسم شکوهی‌راد	۹	شهرستان‌های تهران
۳	سیروس هدایتی	اردبیل		پویا بصیر	۱۰	کهگیلویه و بویراحمد
۴	حسین رحیمی‌فر	خوزستان		محمد رضا محمدیان	۱۱	آذربایجان شرقی
۵	حسن مهدی‌زاده	کرمان		وحید شعبانی	۱۲	قزوین
۶	محمد‌مهدی نیک‌منش	فارس		حسین نوروزی	۱۳	خراسان رضوی
۷	آزاد رحیمی	آذربایجان غربی		دانیال کیانپور	۱۴	خمینی شهر

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



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

