پودمان ۳

جوشکاری و آهنگری قطعات ماشین‌های کشاورزی

پروفیل‌ها و قطعات فولادی در صنعت امروز و در زندگی انسان‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند و به منظور کاهش وزن و افزایش قابلیت‌های کاربردی در طیف وسیعی از تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی استفاده می‌شوند.
جوشکاری یکی از روش‌های اتصال این قطعات به یکدیگر است که هدف آن اتصال دائمی فلزات آهنی به یکدیگر است؛ به گونه‌ای که خواص اتصال نزدیک به خواص ماده پایه باشد. همان‌طور که آموخته‌اید، دو نوع اتصال وجود دارد ـ اتصال دائم و موقت ـ که جوشکاری جزء اتصالات دائم به شمار می‌رود.

واحد یادگیری ۳

جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار

آیا تا به حال به این موارد اندیشیده‌اید که:

- □ اتصال قطعات فلزی ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی به چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟
- □ انواع فرایند جوشکاری چه کاربردهایی دارند؟
- □ چگونه می‌توان روش مناسب جوشکاری را انتخاب کرد؟
- □ چرا جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روپوش‌دار، متداول‌ترین روش جوشکاری است؟
- □ چگونه می‌توان دو قطعه فلزی را با استفاده از جوشکاری قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار به یکدیگر متصل نمود؟
- □ چه عواملی در کیفیت یک جوش تأثیرگذار هستند؟

جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار یکی از متداول‌ترین روش‌های جوشکاری است که به دلیل هزینه پایین، قابلیت حمل و نقل آسان و انعطاف‌پذیری به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.
این فرایند از لحاظ ضخامت قطعات مورد اتصال نیز بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشد، و در حالت‌های مختلف جوشکاری می‌توان از آن بهره برد.
در این واحد یادگیری، اصول و مفاهیم جوشکاری الکترود دستی، انواع جریان‌های جوشکاری، منابع تأمین انرژی، تجهیزات و دستگاه‌های جوشکاری الکترود دستی ارائه می‌شود، سپس در ادامه تکنیک‌های جوشکاری و روش گرده‌سازی و نیز اتصال دو پلیت به‌صورت اتصال مربعی بیان می‌گردد.

استاندارد عملکرد کار

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود دستگاه جوشکاری را تنظیم و راه‌اندازی نموده و عملیات جوشکاری را بر روی پلیت‌های فولادی و بر اساس نقشه و استاندارد انجام دهند.

آشنایی با جوشکاری و فرایندهای آن

امروزه به منظور اتصال قطعات فلزی به کار رفته در ساختمان تجهیزات کشاورزی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. جوشکاری، یکی از مهم‌ترین روش‌های اتصال در صنعت است که در آن اتصال قطعات (فلزی یا غیرفلزی)، به روش ذوبی یا غیر ذوبی، با به کارگیری یا بدون به کارگیری فشار، با استفاده یا بدون استفاده از ماده پرکننده انجام می‌شود. هدف آن اتصال دائمی مواد، به یکدیگر است؛ به گونه‌ای که خواص اتصال، برابر با خواص ماده پایه باشد. جوش ایده‌آل، جوشی است، که نتوان آن را از قسمت‌های دیگر، تشخیص داد.

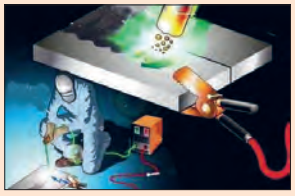
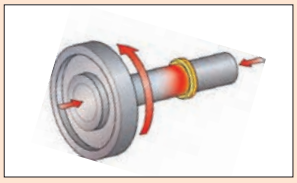
فیلم آموزشی

انواع فرایند جوشکاری

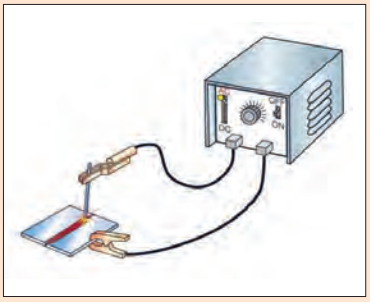
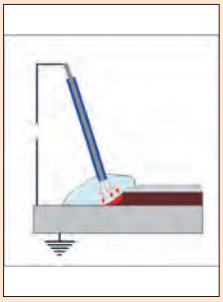
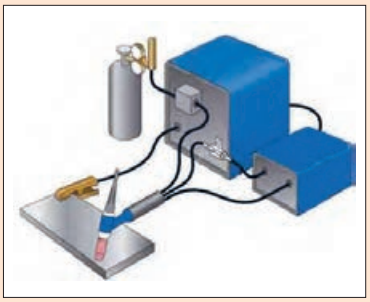
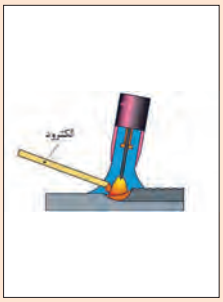
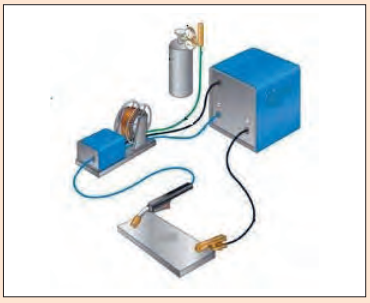
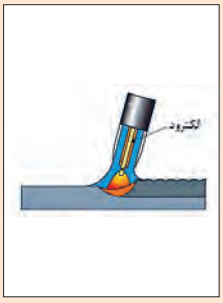
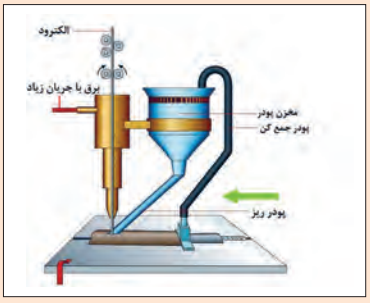
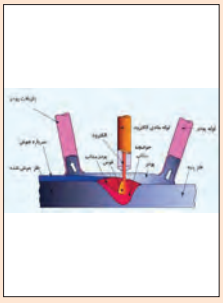
فرایندهای جوشکاری

فرایندهای جوشکاری، براساس نوع انرژی به کار رفته، برای اتصال فلزات، به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. جداول ۱ و ۲ این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ انواع جوشکاری براساس نوع انرژی مصرفی

دسته‌بندی انواع جوشکاری براساس نوع انرژی	نام	شکل	توضیح
	انرژی الکتریکی		جریان الکتریکی را می‌توان توسط ایجاد مقاومت الکتریکی به حرارت تبدیل کرد و توسط حرارت به وجود آمده، قطعات را ذوب کرده و عمل جوشکاری را انجام داد.
	انرژی شیمیایی		با توجه به اینکه برخی از مواد شیمیایی قابلیت اشتعال دارند چنانکه این مواد با اکسیژن مخلوط شوند دمای بالاتری را به وجود می‌آورند. که این دما برای ذوب قطعات فلزی مناسب بوده و می‌توان عمل اتصال را با این حرارت انجام داد.
	انرژی مکانیکی		یکی از روش‌های جوشکاری مکانیکی ایجاد فشار و اصطکاک بین قطعات می‌باشد که منجر به تولید حرارت شده و در نهایت سطح اتصال به حالت خمیری درآمده و قطعات به هم جوش می‌خورند.
	انرژی تشعشعی		یکی از جوشکاری‌های تشعشعی، جوش لیزر می‌باشد. لیزر نور متمرکز می‌باشد و در اثر برخورد آن با اجسام، حرارت تولید شده و به این صورت می‌توان قطعات را به هم جوش داد.

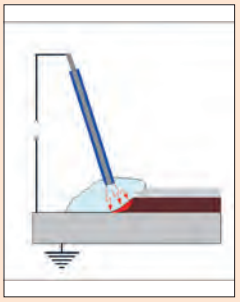
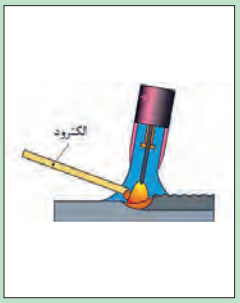
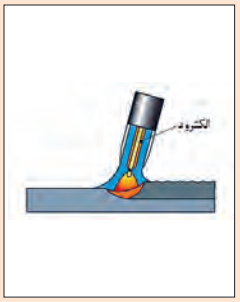
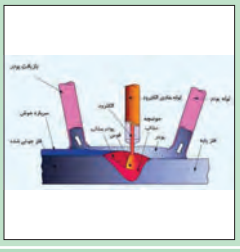
جدول ۲ـ انواع فرایندهای قوس الکتریکی

	نام	شکل	کاربرد	توضیح
فرایندهای قوس الکتریکی	جوشکاری قوسی با الکترود روپوش‌دار			در این فرایند منبع حرارت، تغذیه‌کننده حوضچه جوش با هم هستند. کیفیت جوش متوسط می‌باشد، و دستگاه جوش ارزان‌تر است.
	جوشکاری قوس تنگستنی با گاز (تیگ)			در این فرایند منبع حرارت و تغذیه‌کننده حوضچه جوش، جدا می‌باشد. کیفیت جوش بالاست الکترود از جنس تنگستن ذوب‌نشدنی است.
	جوشکاری قوس فلزی با گاز (میگ‌مگ)			در این فرایند منبع حرارت با تغذیه‌کننده حوضچه جوش با هم است. کیفیت و سرعت جوش از الکترود دستی بالاتر است.
	زیر پودری			در این روش قوس الکتریکی در زیر پودر انجام می‌شود، سرعت جوش بالا و کیفیت جوش نیز بالاتر از روش الکترود دستی است.

گفت‌وگو کنید

با توجه به تصاویر زیر و تعریف جوشکاری، جدول ۳ را تکمیل نمایید.

جدول ۳ــ مقایسه فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی

تصویر	سرعت جوشکاری	کیفیت جوشکاری	هزینه تجهیزات	توضیح
	آهسته	.....	کم	هزینه تجهیزات این فرایند نسبت به روش‌های دیگر قوس الکتریکی کمتر است.سرعت جوشکاری بیشتر از فرایند تیگ و از فرایندهای میگ و زیرپودری کمتر است؛ کیفیت جوش از فرایندهای قوسی دیگر کمتر است.
	.....	.....	.....	کیفیت جوش تیگ به دلیل جدا بودن منبع حرارت از تغذیه‌کننده حوضچه جوش، از کلیه فرایندهای این گروه بیشتر است. .هزینه خرید دستگاه بالا بوده و دارای سرعت آهسته‌ای می‌باشد.
	.....	.....	.....	جوشکاری میگ و مگ دارای سرعت بالایی می‌باشد.ولی سرعت آن با توجه به حجم جوش ایجاد شده از روش زیر پودری کمتر است، هزینه ابتدایی این روش، از روش قوس الکترود دستی بیشتر است. ولی از روش زیرپودری، کمتر می‌باشد. کیفیت جوش در این روش از الکترود دستی بیشتر است.
	.....	.....	.....	فرایند جوشکاری زیرپودری .....

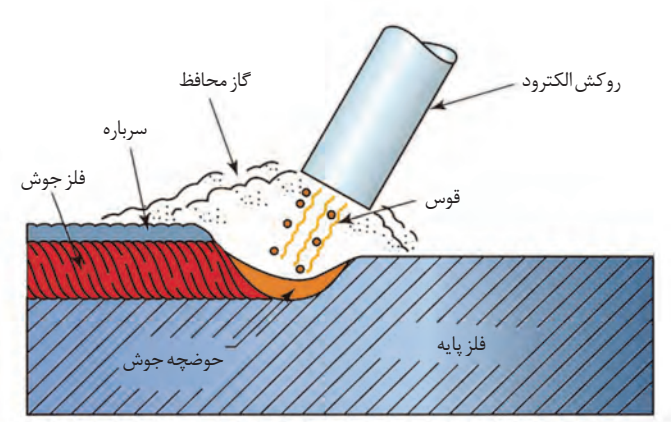
پژوهش کنید

برای جوشکاری محدود در فضای باز و با کمترین هزینه از چه فرایندی استفاده می کنید؟

آشنایی با جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی (SMAW)

جوشکاری با الکترود دستی یک فرایند ذوبی است که در آن جریان الکتریکی توسط یک الکترود فلزی روکش‌دار حمل می‌شود، این جریان، قوس الکتریکی تشکیل می‌دهد که از فاصله هوایی بین الکترود و قطعه کار عبور می کند. قوس الکتریکی در این ناحیه ایجاد گرما کرده و این گرما باعث ذوب الکترود و قطعه کار می‌شود. الکترود ذوب شده از میان قوس الکتریکی به حوضچه مذاب روی فلز پایه انتقال می یابد. نوک الکترود و حوضچه فلز با یک ابر گازی که در نتیجه سوختن روکش الکترود ایجاد می‌شود، محافظت می گردد.

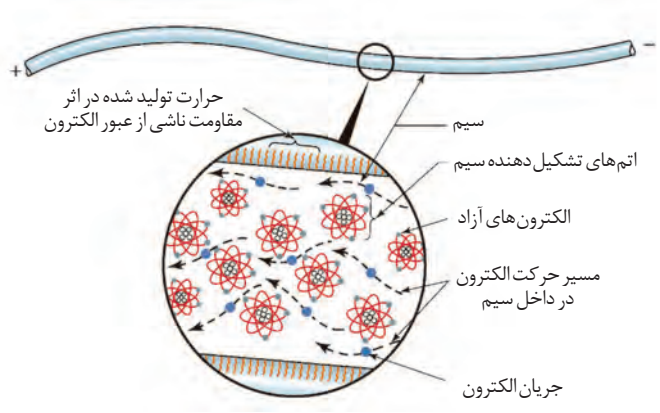
زمانی که قوس الکتریکی قطع می‌شود، مخلوط فلز پایه و الکترود مذاب به‌طور آهسته سرد شده و انجماد صورت می گیرد، و به یک جزء یکپارچه تبدیل می‌شود. به‌طور هم‌زمان روکش مذاب شده (مذاب فلاکس) به شکل یک سرباره روی فلز جوش منجمد می‌شود.



شکل ۱ــ شماتیک فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی

جریان جوشکاری (WELDING CURRENT)

منبع گرما برای جوشکاری قوسی، جریان الکتریکی است. جریان الکتریکی، حاصل حرکت الکترون‌هاست. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در یک رسانا الکترون‌ها از قطب منفی (-) به سمت قطب (+) حرکت می کنند که با مقاومت در برابر حرکت الکترون‌ها، گرما تولید می‌شود. هر چقدر مقاومت بیشتر باشد، گرما تولیدی بیشتر خواهد شد.



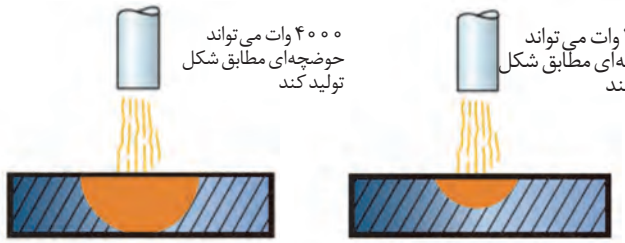
شکل ۲ــ حرکت الکترون در یک رسانا

از شکاف بین الکترود و قطعه کار الکترون‌ها باید پرش کنند، به دلیل مقاومت هوا این مسئله باعث تولید گرما می‌شود. همچنین جریان پیوسته الکترون‌ها از این شکاف باعث ایجاد قوس الکتریکی می‌شود.
ولتاژ (V)، آمپر (A) و وات (W)سه پارامتر تأثیرگذار در جوشکاری هستند. ولتاژ یا ولت برای اندازه‌گیری فشار الکتریکی استفاده می‌شود.

نکته

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

آمپر، یکای اندازه‌گیری شدت جریان است و تعداد کل الکترون‌های در حال حرکت در واحد زمان از واحد سطح مقطع را اندازه‌گیری می‌کند.
وات یکای اندازه‌گیری توان قوس الکتریکی است. مقدار توان تعیین‌کننده پهنا و عمق جوش هستند.

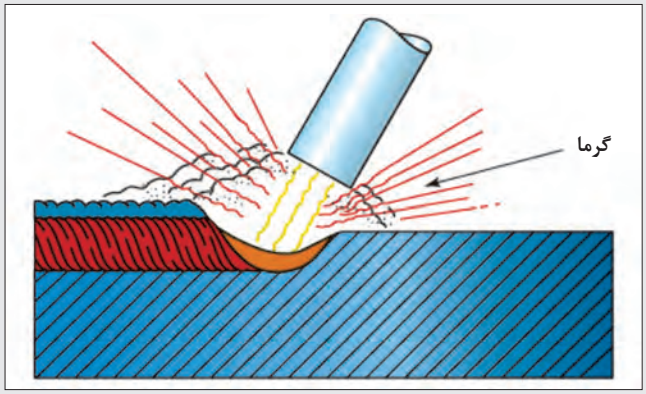


شکل ۳ـ وابستگی اندازه حوضچه جوش به مقدار انرژی (W)

دمای قوس الکتریکی بیش از ۶۰۰۰°C می‌باشد. در حقیقت دما به مقاومت در برابر حرکت جریان الکتریکی وابسته است. عواملی که باعث مقاومت الکتریکی می‌شود شامل طول قوس و ترکیب شیمیایی گازهایی است که در حین سوختن روکش الکترودها ایجاد می‌شود، می‌باشند.
به‌طور مثال زمانی که طول قوس بیشتر می‌شود، مقاومت افزایش می‌یابد، در نتیجه ولتاژ قوس و دما افزایش می‌یابد ـ طول قوس کوچک‌تر، گرمای قوس کمتری ایجاد می‌کند.ـ در اکثر الکترودها موادی وجود دارد که باعث پایداری قوس الکتریکی می‌شود. نقش این پایدارکننده‌ها، کاهش مقاومت الکتریکی است که به موجب آن پایداری قوس افزایش می‌یابد.

نکته

کل گرمای تولید شده در ایجاد اتصال نقش ندارد به خاطر اینکه مقداری از گرما به‌صورت تابشی با گازهای داغ تشکیل شده توسط روکش الکترود هدر می‌رود.



شکل ۴ـ هدر رفتن انرژی در جوش از طریق فرایندهای تابش و هدایت

همچنین بخشی از گرما به روش رسانش (هدایت) به قطعه کار هدر می‌رود. به‌طور کلی تقریباً نیمی از کل گرما در تولید یک اتصال هدر می‌رود. باقی‌مانده گرمای قوس، به‌صورت برابر بین الکترود و قطعه کار توزیع می‌شود. این توزیع به نوع جریان جوشکاری، پلاریزاسیون (قطبیت) و روکش الکترود بستگی دارد.

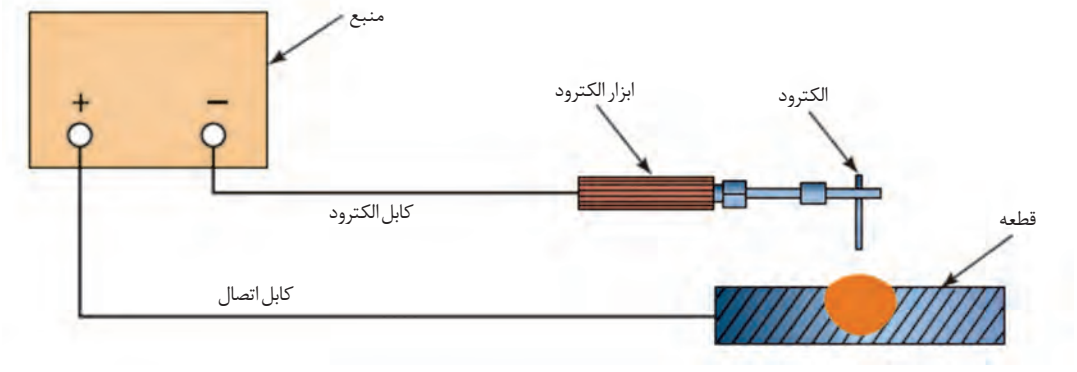
پژوهش کنید

پلاریزاسیون چیست؟ پژوهش کنید، اثر پلاریزاسیون بر هدر رفت گرما چگونه است؟

انواع جریان جوشکاری

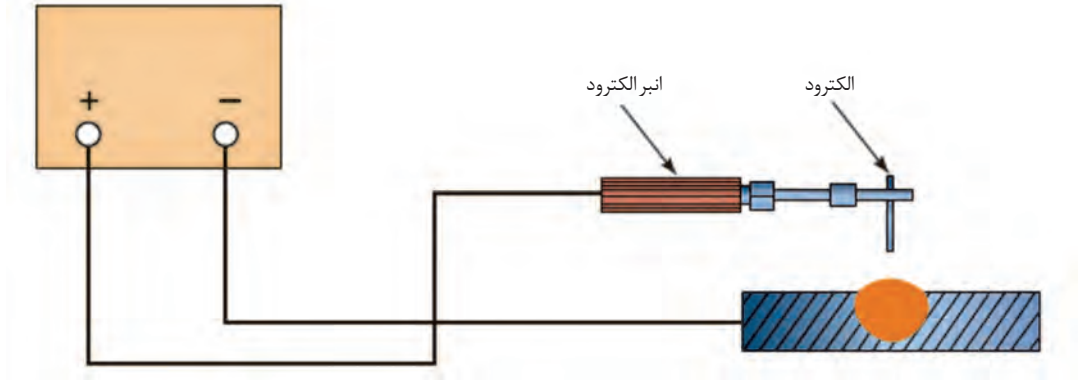
سه نوع جریان برای جوشکاری استفاده می‌شود که شامل:

۱ـ جریان مستقیم الکترود منفی (DCEN): همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است در این جریان الکترود به قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت متصل می‌شود، این جریان سرعت ذوب الکترود را افزایش می‌دهد.



شکل ۵ـ جریان مستقیم الکترود منفی (DCEN)

۲ـ جریان مستقیم الکترود مثبت (DCEP): در این جریان الکترود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی متصل می‌شود (شکل ۶). این جریان قوسی با قدرت نفوذ عمیق‌تری تولید می‌کند.



شکل ۶ـ جریان مستقیم الکترود مثبت (DCEP)

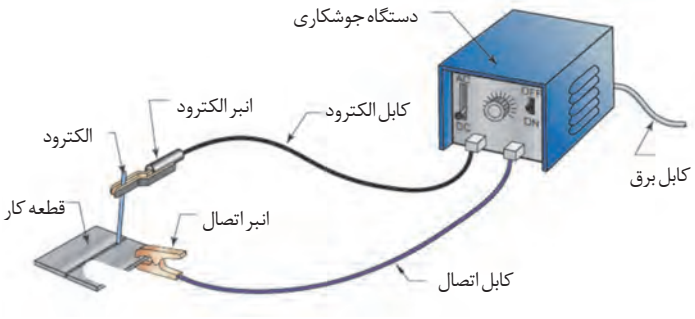
۳ـ جریان متناوب (AC): در این جریان الکترون‌ها در هر ثانیه ۱۰۰ بار جهت خود را تغییر می‌دهند. به عبارت دیگر الکترود و قطعه کار به‌صورت متناوب از آند به کاتد تغییر می‌یابند. به قطب مثبت الکترود آند و قطب منفی الکترود کاتد می‌گویند.

نکته

تغییر سریع جهت جریان باعث توزیع برابر گرما بین الکترود و قطعه کار می‌شود (یک دوم الکترود و یک دوم قطعه کار).

تجهیزات جوشکاری

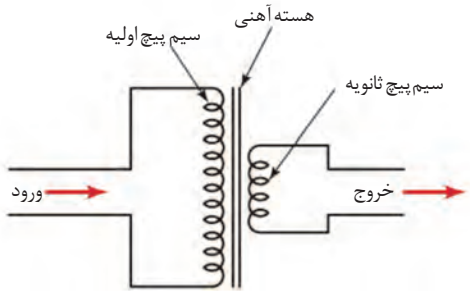
جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی نیاز به تجهیزاتی دارد که می‌بایست قبل از کار آماده شوند.



۱ـ منبع قدرت (دستگاه جوشکاری)

انواع دستگاه جوشکاری شامل ترانسفورماتور، اینورتر، رکتیفایر و مولدهای جریان الکتریسیته می‌باشد.

ترانسفورماتور جوشکاری: ترانسفورماتورها ساده‌ترین دستگاه‌های جوشکاری هستند که وظیفه آنها تبدیل جریان متناوب (AC) با شدت کم ولی ولتاژ زیاد به جریان الکتریکی با شدت بالا ولی ولتاژ پایین می‌باشد. اساس کار ترانس جوشکاری به‌وسیله دو سیم پیچ که به نام سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه نامیده می‌شوند، استوار می‌باشد. سیم پیچ اولیه دارای تعداد دور بیشتر است درحالی‌که سیم پیچ ثانویه دارای تعداد دور کمتری می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷ـ دیاگرام ترانسفورماتور کاهنده

بدین ترتیب ترانس جوشکاری، برق مناسب فرایندهای جوشکاری را که دارای شدت جریان بالا ولی ولتاژ پایین است، مهیا می‌کند.

هر دستگاه ترانسفورماتور جوشکاری دارای یک سیستم تنظیم آمپر مناسب برای استفاده از الکترودهای مختلف است که ممکن است مطابق شکل (۸)، تنظیم آمپر به‌صورت پله‌ای باشد که با جابه‌جا کردن فیش کابل، آمپرهای

متفاوتی مطابق با آنچه سازنده تدارک دیده در اختیار جوشکار قرار می‌گیرد. تغییر آمپر در بعضی از دستگاه‌های ترانسفورماتور ممکن است با جابه‌جا کردن هسته فرعی درون هسته اصلی مطابق آنچه که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، انجام پذیرد که در این صورت با گردش دسته، تغییر آمپر انجام می‌گیرد و نشانه مخصوص در مقابل اعداد، میزان آمپر خروجی دستگاه را نشان می‌دهد.
این روش تغییر آمپر از روش پله‌ای مطلوب‌تر است زیرا تنظیم آمپر به‌صورت پیوسته از طریق گردش دسته آمپر امکان‌پذیر است.

شکل ۸ــ ترانس با مکانیزم تغییر آمپر پله‌ای

شکل ۹ــ ترانس با مکانیزم تغییر آمپر پیوسته

نکته

ظرفیت ترانسفورماتورهای جوشکاری متناسب با حداکثر آمپر تعیین می‌شود مثل: ترانسفورماتور ۵۰۰ آمپر، ۲۵۰ آمپر و یا ۱۴۰ آمپری و غیره.

رکتیفایر جوشکاری: به مبدل‌هایی که جریان متناوب ۳۸۰ یا ۲۲۰ ولت ورودی را به جریان مستقیم (DC) مناسب برای جوشکاری تبدیل می‌کند، رکتیفایر جوشکاری می‌گویند.
رکتیفایرها به‌طور معمول با جریان برق سه فاز کار می‌کنند. در حقیقت رکتیفایرهای جوشکاری همان دستگاه‌های ترانسفورماتور هستند که یک سیستم یکسوکننده جریان الکتریسیته به آنها اضافه شده است و در شکل ۱۱ این تجهیزات الکترونیکی در قسمت فوقانی دستگاه نشان داده شده است.

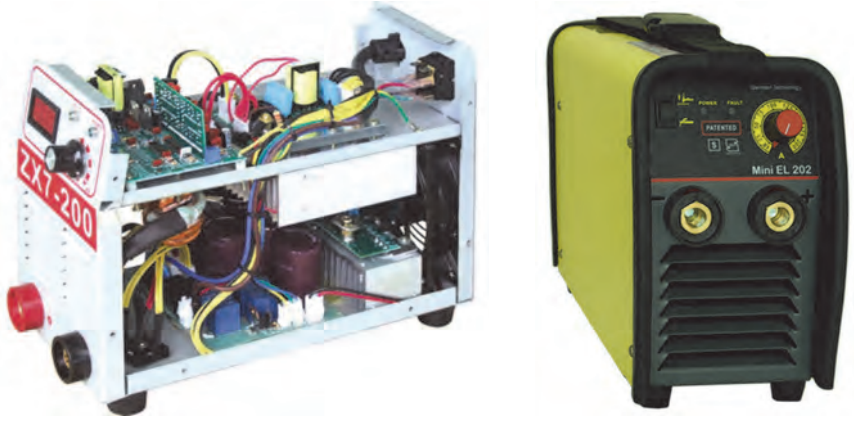
شکل ۱۰ــ رکتیفایر جوشکاری

شکل ۱۱ــ ساختمان داخلی رکتیفایر

شکل ۱۲ــ کلیدهای مختلف برای تنظیم دستگاه جوشکاری

در رکتیفایرها تغییر آمپر به‌وسیله یک پتانسیومتر با کلید گردشی صورت می‌گیرد و میزان آمپر خروجی دستگاه، به‌وسیله یک صفحه کوچک نمایش داده می‌شود. همچنین کلید گردشی ممکن است دارای دو محدوده درجه‌بندی شده باشد (یکی برای جوشکاری SMAW و یک رنج درجه‌بندی برای جوشکاری GTAW) که می‌تواند توسط جوشکار انتخاب شود.
همچنین برخی از رکتیفایرهای جوشکاری ممکن است دارای کلید انتخاب جریان مناسب بر حسب نوع الکترود جوشکاری باشند که باعث راحتی کار جوشکاری و پایداری قوس می‌شود (شکل ۱۲).

اینورترجوشکاری: این دستگاه در مقایسه با سایر دستگاه‌های جوشکاری دارای یک رنج آمپر کمتر و سبک‌تر است، وزن کم آن باعث جابه‌جایی راحت‌تر شده است، و همچنین راندمان کار را بسیار بالا برده است. در اینورتورها به‌جای استفاده از سیم‌پیچ و هسته با وزن بالا از بردهای الکترونیکی با فرکانس بالا استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها فرکانس برق شهر ۵۰ هرتز را به چند کیلو هرتز تبدیل می‌کنند. این قابلیت باعث می‌شود که جرم ۵۰ کیلویی دستگاه به کمتر از ۵ کیلوگرم کاهش یابد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ــ اینورتر جوشکاری و اجزای داخلی آن

مولدهای جریان الکتریسیته در جوشکاری: ترانسفورماتورها، رکتیفایرها و اینورترها هر سه مبدل جریان هستند که از برق متناوب شهر تغذیه نموده و جریان AC یا DC مناسب برای ایجاد و پایداری قوس جوشکاری را تأمین می‌کنند ولی گاهی دستگاه‌های جوشکاری خود مولد جریان جوشکاری هستند.
دینام جوشکاری یک مولد جریان مستقیم است و از یک موتور که ژنراتور مولد جریان مستقیم را به گردش در می‌آورد، تشکیل شده است. اگر موتور محرکه دینام از نوع الکتریکی باشد دینام جوش کارگاهی نامیده می‌شود و اگر بنزینی یا گازوییلی باشد، موتور جوش نامیده می‌شود.

شکل ۱۴ــ دینام جوش

شکل ۱۵ــ موتور جوش

۲ــ کابل‌های جوشکاری

شکل ۱۶ــ کابل جوشکاری

کابل‌هایی که برای جوشکاری به‌کار می‌روند باید انعطاف‌پذیر، عایق خوب و با اندازه مناسب برای کار مورد نظر باشند. در اکثر کابل‌های جوشکاری از سیم‌های مسی استاندارد استفاده می‌شود. برخی از کابل‌های تولیدی جدید، از جنس سیم‌های آلومینیوم می‌باشند.

۳ــ انبر الکترود (ELECTRODE HOLDERS)

انبرهای الکترود (نگهدارنده الکترود) جوشکاری باید در نرخ آمپر مناسب طراحی شوند و دارای عایق خوب برای جوشکاری ایمن باشند. معمولاً بر روی انبر الکترود مقدار ظرفیت آمپر را درج می‌کنند. فنرها، فک‌ها، عایق‌ها، دسته‌ها و پیچ‌ها بخش‌هایی از انبر الکترود هستند که قابل تعویض می‌باشند (شکل ۱۷).

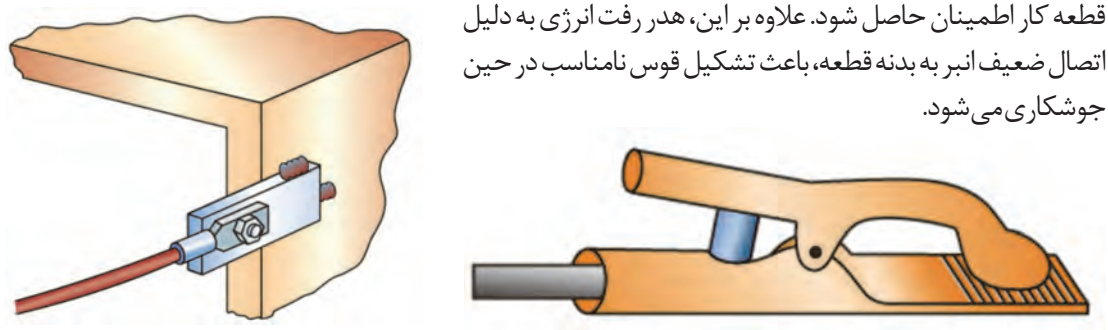
شکل ۱۷ــ انبر الکترود و قسمت‌های قابل تعویض آن

ایمنی

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

۴ـ انبر اتصال (WORK CLAMPS)

اندازه انبر اتصال باید به درستی بر اساس آمپر انتخاب شود و همچنین باید هنگام جوشکاری بر روی قطعات مورد اتصال سفت و محکم باشد. تأثیر گرما بر روی انبر اتصال مانند انبر الکترود است و موجب هدر رفت انرژی می‌شود، قابل توجه است که این هدر رفت اغلب توسط اپراتورها نادیده گرفته می‌شود. اتصال باید به دقت بررسی شود تا از تماس انبر با قطعه کار اطمینان حاصل شود. علاوه بر این، هدر رفت انرژی به دلیل اتصال ضعیف انبر به بدنه قطعه، باعث تشکیل قوس نامناسب در حین جوشکاری می‌شود.



شکل ۱۸ـ دو نمونه انبر اتصال

نکته

در مواقعی که قطعه کار حین جوشکاری جابه‌جا می‌شود، از انبر اتصال آج دار استفاده کنید.

۵ـ الکترود

از الکترود جوشکاری برای پرکردن فضای اتصال مابین دو سطح مورد جوشکاری استفاده می‌گردد. الکترود جوشکاری مفتول فلزی است که دور تا دور آن توسط پوشش فلاکس (Flux Coating) احاطه گردیده است. روکش الکترود جوشکاری اغلب از آهک، سلولز، اکسید سدیم، خاک رس و یا آزبست تشکیل گردیده است.

پوشش فلاکس الکترود کمک زیادی به ثبات قوس الکتریکی در فرایند جوشکاری می‌کند. همچنین ضمن عمل به عنوان عایق جهت ایجاد گاز محافظ (Gaseous Shield) و شکل‌گیری سرباره (Slag) شناور بر روی سطح جوش برای افزایش مدت زمان خنک شدن جوش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قبل از اقدام به جوشکاری باید الکترود مناسب با توجه به شرایط انتخاب شود. در اغلب موارد هرچقدر قطعه کار ضخیم‌تر باشد، جریان و آمپراژ مورد نیاز بیشتر و قطر الکترود جوشکاری نیز بیشتر خواهد بود.

جدول ۴ـ انواع الکترود از نظر قطر و کاربرد آنها

قطر الکترود (mm)	شرایط کاربرد
۲/۵	کوچک‌ترین سایز الکترود جوشکاری می‌باشد که معمولاً با آمپر ۶۰ تا ۹۰ جوشکاری می‌شود و برای جوش لوله گاز و آب خانگی (فشار پایین) و جوشکاری آهن‌های ۲ و ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود.
۳/۲۵	در بازار الکترود سه شناخته می‌شود و برای فلزات ۵mm به بالا استفاده می‌شود، آمپر مورد نیاز برای جوشکاری این الکترود بر روی جعبه آن چاپ شده است.
۴ و ۵	استفاده‌های خاص دارند برای مثال در اسکلت ساختمان استفاده می‌گردند.

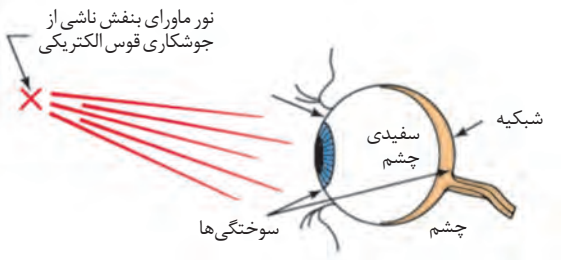
در انتخاب الکترود علاوه بر قطر باید به ویژگی‌های آن نیز توجه شود. ویژگی‌های هر الکترود با ترکیبی از حروف و اعداد مشخص می‌شود. به عنوان مثال الکترود E۶۰۱۳.

جدول ۵ــ الکترودهای کاربردی و ویژگی‌های آنها

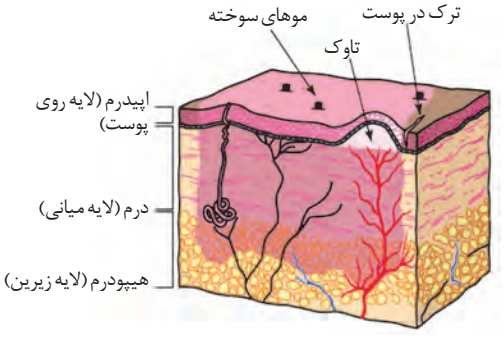
علامت اختصاری	نام	کاربرد
E۶۰۱۳	الکترودجوشکاری همه کاره	در اکثر کارهای آهنگری مورد استفاده قرار می گیرند.
E۷۰۱۸	الکترودجوشکاری قلیایی	به رطوبت بسیار حساس است لذا پیش از استفاده باید پیش گرمایش شود، این الکترود در کشتی‌سازی و لوله‌های فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
E۶۰۱۰	الکترود جوشکاری با قوس نفوذی	در لوله‌های فشار بالا و مخازن تحت فشار استفاده می‌شود.

۶ــ تجهیزات ایمنی

حرارت و تشعشع ناشی از جوشکاری می‌تواند موجب صدمه به چشم و پوست جوشکار گردد لذا در هنگام جوشکاری باید از تجهیزات ایمنی مناسب استفاده نمود.



شکل ۱۹ــ تأثیر اشعه ماوراء بنفش ناشی از جوشکاری بر چشم



شکل ۲۰ــ تشعشع و حرارت ناشی از جوشکاری می تواند منجر به سوختگی درجه یک، دو و حتی سه شود.

الف) پیش‌بند و دستبند چرمی

ب) دستکش چرمی

ج) کفش ایمنی

د) ماسک جوشکاری

شکل ۲۱ــ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری

فعالیت‌کارگاهی

آشنایی با نکات فنی مندرج بر روی جعبه الکترودهای جوشکاری و دستگاه جوشکاری

مواد مورد نیاز: جعبه چند نمونه الکترود ـ انواع دستگاه جوش

مراحل انجام کار:

۱ـ متناسب با نوع بسته‌های الکترود موجود در انبار کارگاه جوشکاری چند نمونه از آنها را انتخاب کنید و اطلاعات مندرج روی جعبه الکترودها مثل: نوع و شدت جریان جوشکاری، قطبیت، وضعیت جوشکاری، شرایط نگهداری و اطلاعات دیگر مذکور روی بسته‌های الکترود را بررسی نمایید.

۲ـ نمونه‌ای از دستگاه‌های جوشکاری الکترود دستی موجود در کارگاه جوشکاری را انتخاب کنید و در خصوص کلیدها و نمایشگرهای موجود روی دستگاه و مشخصات فنی مربوط به آن بررسی و نتیجه را گزارش نمایید.

(در صورت امکان و در دسترس بودن از کاتالوگ و کتابچه راهنمای دستگاه‌ها کمک بگیرید).

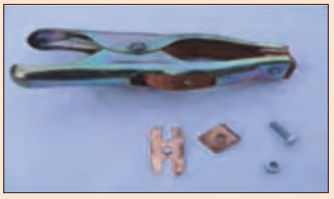
شکل ۲۲ـ روی صفحه کلیه دستگاه‌های جوشکاری، کلیدهای متعددی وجود دارد که جوشکار باید به عملکرد آنها مسلط باشد

فعالیت‌کارگاهی

آماده‌سازی و اتصال انبرهای جوشکاری به قطعه کار یا میز کار و دستگاه

مواد مورد نیاز: انبر اتصال، انبر الکترود، دستگاه جوش، جعبه ابزار عمومی مکانیک

مراحل انجام کار:

		
۱ـ اجزا و متعلقات مربوط به انبر اتصال را از انبار تحویل بگیرید.	۲ـ پیچ و مهره‌های روی انبر اتصال را که محل اتصال کابل می‌باشد، باز کنید.	۳ـ اتصال مربوط به سر کابل اتصال را مطابق شکل متصل کنید و آن را به‌وسیله انبردست یا گیره محکم نمایید.
۴ـ کابل اتصال را به انبر اتصال متصل نمایید و آن را محکم کنید.	۵ـ اکنون مجموعه انبر اتصال آماده اتصال به قطعه کار و یا میز جوشکاری می‌باشد. (دقت کنید قبل از اتصال انبر سطح اتصال را تمیز کنید تا اتصال به خوبی صورت پذیرد).	۶ـ انبر الکترودگیر و مجموعه کابل و اتصالات مرتبط با آن را از انبار تحویل بگیرید.
۷ـ کابل انبر الکترودگیر را با استفاده از اتصالات رابط به انبر الکترود گیر متصل و محکم نمایید.	۸ـ مجموعه انبر الکترودگیر و انبر اتصال آماده اتصال به دستگاه جوشکاری می‌باشد.	۹ـ فیش‌های کابل انبر الکترودگیر و کابل اتصال را به قطب‌های مثبت و منفی دستگاه متصل نمایید (توجه کنید اتصال محکم شود).

۱۰ـ ابزار اتصال را به میز کار یا قطعه کار متصل کنید.

۱۱ـ الکترود را در دهانه انبر الکترود گیر قرار دهید (دقت کنید قرار گرفتن الکترود به‌صورت صحیح و به‌اندازه مناسب انجام شود).

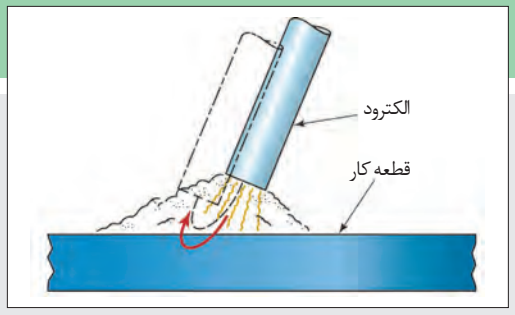
۱۲ـ پس از کنترل موارد ایمنی می‌توانید نسبت به برقراری قوس اقدام نمایید و پایداری قوس را تمرین کنید.

ایمنی

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

فعالیت کارگاهی

برقراری قوس الکتریکی و خال جوش زدن



شکل ۲۳ـ نحوه الکترود در حین خال جوش زدن

مواد مورد نیاز: الکترود ۳/۲۵، پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر

مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳ـ الکترود را نزدیک پلیت قرار دهید، سپس الکترود را بر روی پلیت آرام بکشید، به عبارتی دیگر بر روی آن خراش ایجاد کنید (شکل ۲۳). زمانی که قوس ایجاد شد، به آرامی الکترود را بلند کنید تا به یک طول قوس مطلوب برسید، سپس به آرامی الکترود را به سمت جلو حرکت دهید تا مهره جوش و یا گرده جوش ایجاد شده طویل‌تر شود.

شکل ۲۴ـ بر قراری قوس

نکته

توجه داشته باشید در برخی مواقع به دلیل نزدیک کردن زیاد الکترود به سطح قطعه، الکترود به آن می‌چسبد، در این شرایط، سریعاً انبر الکترود را فشار دهید تا الکترود از آن خارج شود و سپس الکترود را از سطح قطعه جدا کنید.

ایمنی

به الکترود بدون دستکش دست نزنید چون هنوز داغ است. اگر فلاکس (پوشش) در قسمت انتهایی الکترود جدا شده، الکترود را تعویض کنید چون با الکترودی که روکش آن جدا شده نمی‌توان قوس برقرار کرد بعداً قسمت بدون روکش را بریده و مجدداً از آن استفاده کنید.

شکل ۲۵ـ برقراری قوس با الکترودی که روکش آن کنده شده (عدم برقرار قوس پایدار)

۴ـ پس از پایان کار، دستگاه جوش را خاموش و محدوده‌ای که مشغول به کار بودید را تمیز کنید.
۵ـ فلزات دور ریز را در محفظه‌ای که مخصوص جمع‌آوری آنهاست قرار دهید.

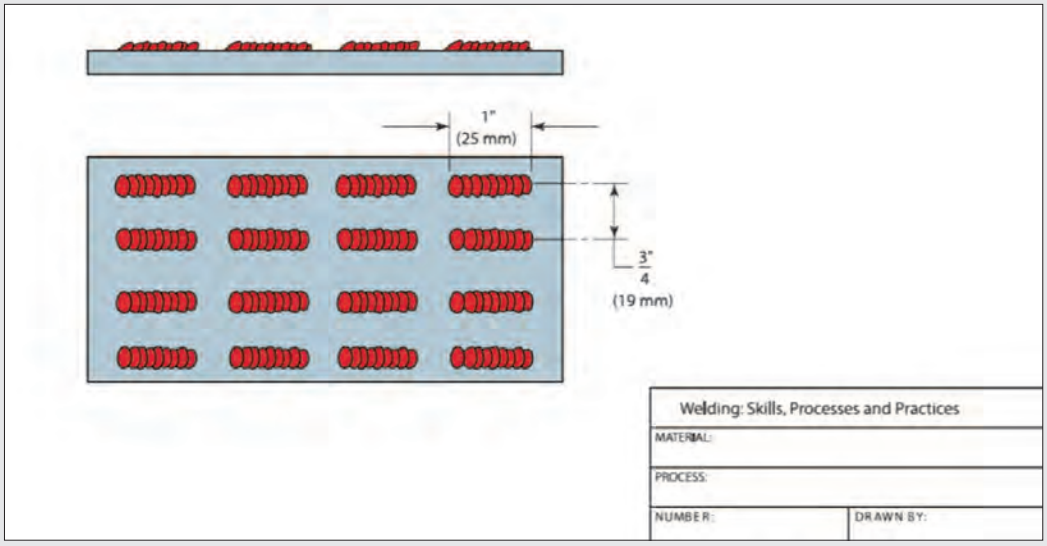
فعالیت کارگاهی

ایجاد خط جوش

مواد مورد نیاز: الکترود ۳/۲۵، پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر

مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.
۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
۳ـ الکترود را نزدیک پلیت قرار دهید، سپس الکترود را بر روی پلیت آرام بکشید، به‌عبارتی دیگر بر روی آن خراش ایجاد کنید. زمانی که قوس ایجاد شد، به‌آرامی الکترود را بلند کنید تا به یک طول قوس مطلوب برسید، سپس به آرامی الکترود را به سمت جلو حرکت دهید تا مهره جوش و یا گرده جوش ایجاد شده طویل تر شود (نقشه شماره ۱).



نقشه شماره ۱

۴ـ پس از پایان کار، دستگاه جوش را خاموش و محدوده‌ای که مشغول به‌کار بودید را تمیز کنید.
۵ـ فلزات دور ریز را در محفظه‌ای که مخصوص جمع‌آوری آنهاست قرار دهید.

عوامل مؤثر بر کیفیت جوش

مهم‌ترین عواملی را که روی کیفیت جوش تأثیرگذار هستند را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

الف) آمپر جوش

هر الکترود باید در یک آمپر (شدت جریان) مشخص به‌کار گرفته شود.

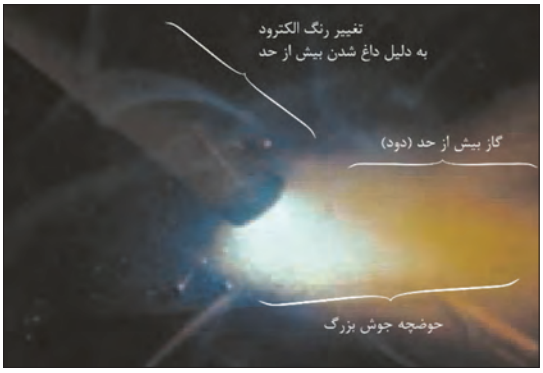
جدول ۶ـ رنج آمپر برای الکترودهای جوشکاری متداول در فرایند الکترود دستی

الکترود	طبقه‌بندی					
اندازه	E۶۰۱۰	E۶۰۱۱	E۶۰۱۲	E۶۰۱۳	E۷۰۱۶	E۷۰۱۸
۳۲/۳in .(۲/۴mm)	۱۱۰_۷۰	۱۰۵_۷۵	۸۵_۴۰	۹۰_۴۰	۷۰_۵۰	۴۰_۸۰
۸/۱in .(۳/۲mm)	۱۶۵_۹۰	۱۵۰_۱۰۰	۱۲۰_۷۰	۱۳۰_۷۵	۱۲۵_۸۵	۱۳۰_۷۰
۳۲/۵in .(۴mm)	۲۲۰_۱۲۵	۱۹۰_۱۴۰	۱۶۰_۱۳۰	۲۰۰_۱۲۰	۱۶۰_۱۳۰	۱۶۵_۱۱۰

جوشکاری با جریان بسیار پایین‌تر از آنچه در جدول ۶ آمده است سبب ذوب ناقص و ناپایداری قوس می‌شود. در این حالت طول قوس کوتاه و نتیجه آن اتصال کوتاه و چسبیدن الکترود بر روی سطح پلیت می‌باشد. جوشکاری با آمپر پایین ممکن است به‌دلیل اینکه حوضچه مذاب جوش به اندازه کافی جریان پیدا نکرده و در نتیجه فلاکس هم واکنش خوبی نداشته است دارای ناخالصی (سرباره) یا گاز شود همچنین این جریان بسیار پایین ممکن است موجب عدم نفوذ در عمق قطعه کار شود.

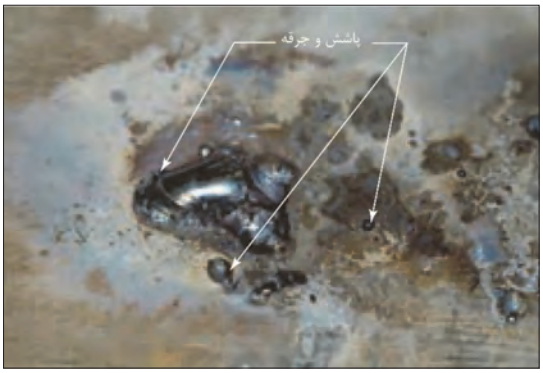
زمانی که جریان افزایش می‌یابد، سیم (مغز الکترود) به‌دلیل مقاومت الکتریکی داغ می‌شود این پیش گرمایی سیم موجب می‌شود که برخی از مواد شیمیایی داخل پوشش الکترود زودتر بسوزند. ازدست دادن بالانس عناصر شیمیایی الکترود موجب ناپایداری قوس می‌شود.

شکل ۲۶ـ جوشکاری با آمپر بسیار پایین



شکل ۲۷ـ جوشکاری با آمپر بسیار بالا

با افزایش، آمپر طول قوس افزایش می‌یابد و افزایش طول قوس باعث پاشش جرقه بیش از حد می‌شود. جوشی که در نتیجه آمپر بالا ایجاد شود یک سطح صاف و پهنی خواهد داشت، و همچنین نفوذ آن عمیق‌تر خواهد بود. به‌دلیل بالا بودن دمای جرقه‌ها، هنگام برخورد با سطح قطعه به آن می چسبند و پس از سرد شدن، به راحتی نمی‌توان آنها را از سطح فلز جدا کرد (شکل ۲۸).



شکل ۲۸ـ پاشش سخت شده بر روی فلز پایه

فعالیت کارگاهی

بررسی تأثیر افزایش و کاهش شدت جریان بر روی جوش (مهره جوش، گرده جوش، کیفیت جوش)

مواد مورد نیاز: الکترود هایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر دو پلیت فولادی یکی با ضخامت۶ میلی‌متر و دیگری با ضخامت ۱۳ میلی‌متر (ضخیم)

مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

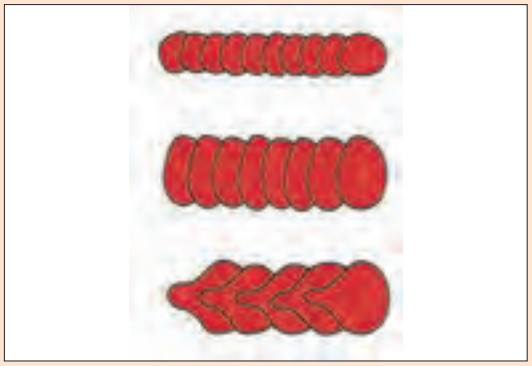
۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
۳ـ حالت اول: دستگاه جوشکاری را روی آمپر ۹۰ تنظیم کنید سپس قوس را برقرار کنید و در حدود ۲۵ میلی‌متر جوشکاری کنید. سپس شدت جریان را به اندازه ۱۰ آمپر افزایش دهید، قوس را برقرار کنید و در حدود ۲۵ میلی‌متر دیگر جوشکاری کنید، و همین فرایند تا بالاترین آمپر دستگاه جوشکاری خود ادامه دهید.
۴ـ حالت دوم: الکترود را عوض کنید و دستگاه جوشکاری را دوباره بر روی ۹۰ آمپر تنظیم کنید و در حدود ۲۵ میلی‌متر بر روی پلیت جوشکاری کنید، شدت جریان را به مقدار ۱۰ آمپر کاهش دهید، این فرایند را تا کمترین آمپر تکرار کنید.
۵ـ دو حالت (پلیت) را از از لحاظ عرض جوش، اندازه حوضچه، پاشش، سهولت در برداشتن سرباره و نفوذ بررسی کنید. همچنین مقدار الکترود باقی مانده را در دو حالت مقایسه کنید، و در قالب یک گزارش ارائه دهید.

توجه

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

ب) اندازه الکترود

اندازه الکترود با مقدار گرمای وارد شده به قطعه رابطه مستقیمی دارد. انتخاب اندازه صحیح الکترود جوشکاری برای یک جوش به مهارت جوشکار، ضخامت فلز مورد جوشکاری و اندازه فلز بستگی دارد.
استفاده از الکترودهایی با قطر کمتر نیاز به مهارت کمتری نسبت به الکترودهای با قطر بزرگ دارد. اگر برای اتصال قطعات کوچک و نازک از الکترود با قطر بزرگ استفاده شود، باعث گرم شدن بیش از حد آن می‌شود و ممکن است به قطعه آسیب وارد شود. به‌طور کلی برای تعیین اینکه آیا دمای گرده جوش یا گرمای وارده شده به قطعه زیاد است یا نه، باید به شکل انتهای جوش‌ها توجه کرد (شکل ۲۹).

شکل حوضچه جوش	مقدار حرارت وارد شده به قطعه
	خیلی پایین صحیح خیلی بالا

شکل ۲۹ـ تأثیر گرمای وارد شده به قطعه بر روی شکل حوضچه جوش

موج‌های گرد و یکنواخت نشان می‌دهد که جوش به‌صورت یکنواخت سرد شده است و گرما بیش از حد نبوده است اگر موج به‌صورت نقطه‌ای ایجاد شود، بیانگر این است که فرایند سرد شدن جوش بسیار آهسته بوده و گرمای وارد شده به قطعه بسیار زیاد بوده است. گرمای بیش از حد باعث سوختگی جوش می‌شود و هنگامی که سوختگی جوش اتفاق می‌افتد تعمیر آن سخت است.

برای رفع مشکلات ناشی از گرمای بیش از حد، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:
۱ـ کاهش آمپر
۲ـ استفاده از طول قوس کوتاه
۳ـ به‌کارگیری قطعه بزرگ‌تر
۴ـ به‌کارگیری الکترود با قطر کمتر

فعالیت کارگاهی

بررسی تأثیر ضخامت قطعه‌کار، جریان، طول قوس و سرعت پیشروی بر روی جوش (مهره جوش، گرده جوش، کیفیت جوش)

مواد مورد نیاز: الکترود هایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر سه پلیت فولادی با ضخامت های متفاوت: پلیت اول ۳ میلی‌متر پلیت دوم ۵ میلی‌متر پلیت سوم ۶ میلی‌متر

مراحل انجام کار:
۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.
۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
۳ـ حالت اول: ابتدا بر روی پلیت‌ها به‌صورت زنجیره‌ای جوشکاری کنید. جوشکاری در شرایط آمپر، سرعت پیشروی و طول قوس ثابت در هر سه پلیت انجام شود. در انتها این ۳ پلیت را از لحاظ ظاهر و پهنای مهره جوش مقایسه کنید.
۴ـ حالت دوم: در این مرحله جوشکاری در شرایطی متفاوت از مرحله اول انجام شود، به‌طوری که آمپر مشابه به حالت قبلی، سرعت پیشروی و طول قوس را تغییر دهید و یک جوش اضافی به روی پلیت‌ها ایجاد کنید، سپس ظاهر جوش، پهنای مهره جوش و.... را با هم مقایسه کنید.
۵ـ حالت سوم: در این مرحله، طول قوس و سرعت پیشروی همانند مرحله اول باشد اما آمپر را تغییر دهید (آمپر را کاهش دهید) و یک جوش اضافی روی پلیت ایجاد کنید و سپس پهنای مهره جوش (گرده جوش) را از لحاظ ظاهری مقایسه کنید.
۶ـ نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.

ج) طول قوس (ARC LENGTH)

طول قوس به فاصله‌ای گفته می‌شود که الکترون‌ها باید از نوک الکترود تا سطح پلیت پرش کنند. همان گونه که جوش پیشرفت می کند و ادامه می یابد الکترود کوتاه‌تر می‌شود یا به‌عبارتی دیگر مصرف می‌شود. برای ثابت نگهداشتن طول قوس باید الکترود به‌طور پیوسته به سمت پلیت، پایین آورده شود. پایدار نگه داشتن طول قوس بسیار مهم است، و تغییر بزرگ در طول قوس تأثیر منفی برروی جوش خواهد داشت.

زمانی که طول قوس کم می‌شود فاصله انتقال قطره مذاب کاهش یافته در نتیجه الکترود به قطعه کار می‌چسبد (شکل ۳۰).

جوش‌هایی که در نتیجه طول قوس بلند ایجاد می‌شوند، بسیار باریک، محدب و برجسته می‌باشند (شکل ۳۱).

فاکتورهای مؤثر بر طول قوس؛ نوع الکترود، طرح اتصال، ضخامت فلز و جریان جوشکاری می‌باشند.

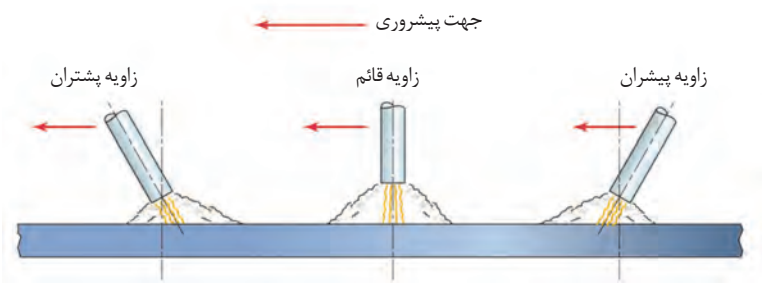
شکل ۳۰ــ جوشکاری با طول قوس بسیار کم

شکل ۳۱ــ جوشکاری با طول قوس بسیار زیاد

به‌دلیل اینکه قوس‌های کوتاه، گرما و نفوذ کمتری ایجاد می‌کنند، برای جوشکاری فلزات نازک‌تر و یا اتصال نازک به ضخیم بسیار مناسب هستند. آمپر بالا برای پایدار کردن قوس کوتاه نیاز است تا یک ذوب خوب باحداقل ناخالصی سرباره‌ای ایجاد کند. بهترین طول قوس مورد نیاز در جوشکاری وقتی که از الکترود با قطر ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود۳ میلی‌متر است اما این فاصله متغیر است. هنگامی که شرایط جوشکاری تغییر می‌کند طول قوس نیز باید تغییر کند.

د) زاویه الکترود (ELECTRODE ANGLE)

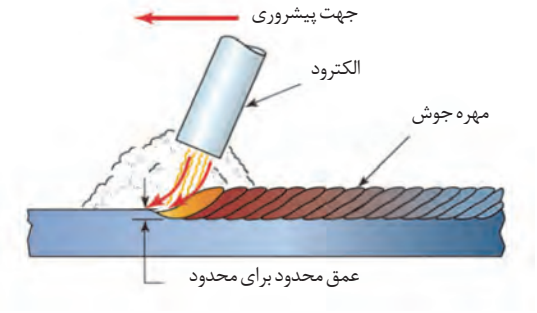
به زاویه بین الکترود و سطح فلز مورد اتصال، زاویه الکترود گفته می‌شود. این زاویه متأثر از جهت پیشروی الکترود (جهت جوشکاری)می‌باشد.براین‌اساس زاویه الکترود را به دو صورت زاویه پیشران و زاویه پشتران تقسیم می‌کنند(شکل ۳۲).



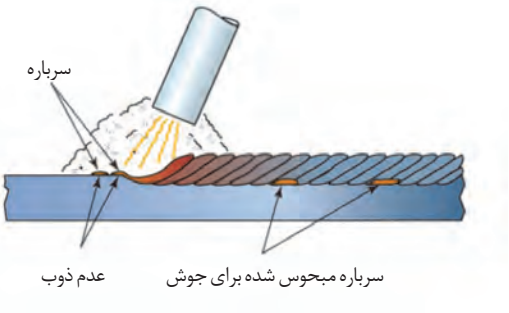
شکل ۳۲ــ جهت پیشروی و زاویه الکترود

ـ زاویه پیشروی پیشران: همان‌طور که در شکل‌های ۳۳ و ۳۴ می‌بینید، این زاویه، فلز مذاب و سرباره را به سمت جلو گرده جوش هدایت می‌کند در نتیجه قبل از اینکه سطح فلز پایه ذوب شود، فلز پرکننده و سرباره سرد می‌شود. این سرد شدن، از ذوب شدن و آمیخته شدن فلزات با یکدیگر (فلز پایه و فلز پرکننده) جلوگیری می‌کند و سبب می‌شود مقداری ناخالصی سرباره‌ای روی جوش باقی بماند.

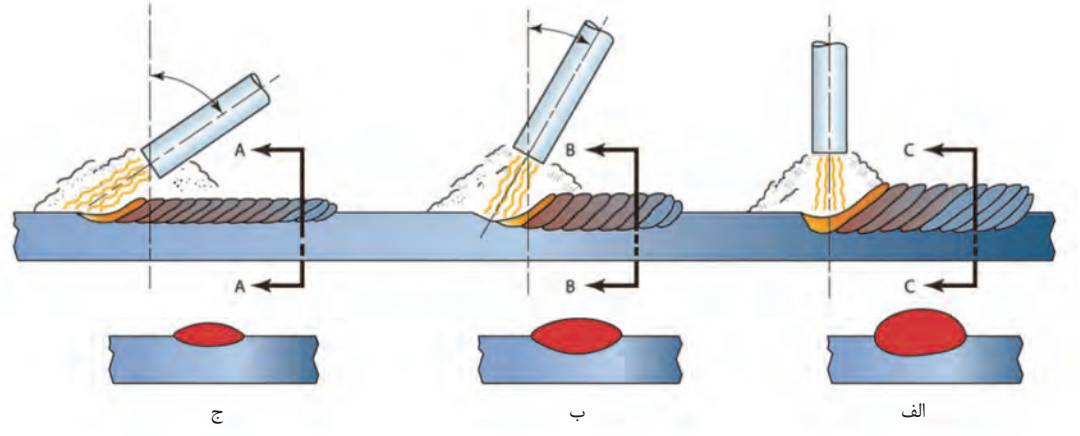
به‌طور کلی از زاویه پیشران در جایی که می‌خواهیم نفوذ را کاهش دهیم یا از ریزش فلز مذاب حین جوشکاری عمودی جلوگیری کنیم، استفاده می‌کنیم.



شکل ۳۳ـ زاویه پیشران

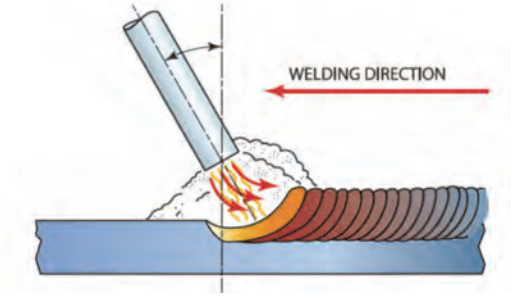


شکل ۳۴ـ ناخالصی سرباره در جوش

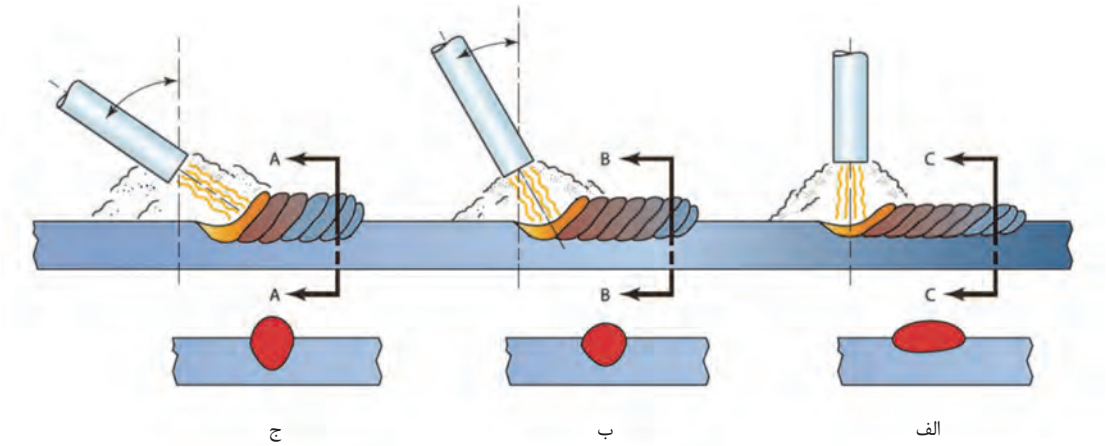


شکل ۳۵ـ تأثیر زاویه پیشران روی تشکیل مهره جوش (گرده جوش)، پهنا و نفوذ جوش، با افزایش زاویه به سمت زاویه ۹۰ درجه افزایش می‌یابد

ـ زاویه پشتران: همان‌طور که در شکل ۳۶ می‌بینید، جوشکاری با این زاویه موجب می‌شود که فلز مذاب به سمت عقب (پشت حوضچه مذاب) هدایت شود. درحالی‌که فلز ذوب شده به پشت حوضچه هدایت می‌شود، قوس الکتریکی مقدار بیشتری از فلز مذاب را ذوب می‌کند. با افزایش زاویه پشتران، نفوذ عمیق‌تر و جوش تقویت می‌شود (شکل ۳۷).



شکل ۳۶ـ زاویه پشتران



شکل ۳۷ـ تأثیر زاویه پشتران روی مقدار گرده جوش تشکیل شده، پهنا، نفوذ، سطح (در سطح A ـ A به‌دلیل زاویه پیشران بزرگ‌تر گرده جوش بیشتر ایجاد شده است)

فعالیت کارگاهی

بررسی تأثیر تغییرات زاویه الکترود بر روی جوش

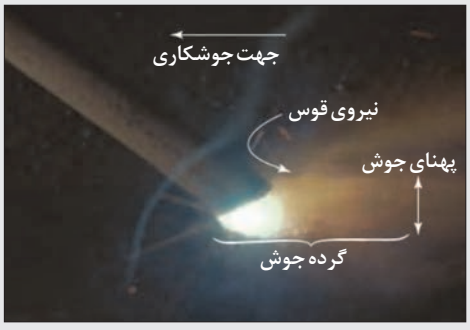
مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر
پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر

مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳ـ جوشکاری را با زاویه پشتران زیاد شروع کنید، در حدود ۲۵ میلی‌متر جوشکاری کنید. طوری جوشکاری کنید که حوضچه جوش را با چشم ببینید، به‌آرامی زاویه الکترود افزایش دهید، و تغییرات را برروی جوش مشاهده کنید (شکل ۳۸).



شکل ۳۸ـ جوشکاری با زاویه پشتران

شکل ۳۹ـ جوشکاری با زاویه پیشران

۴ـ هنگامی که زاویه به ۹۰ درجه رسید، یک جوش در حدود ۲۵ میلی‌متر ایجاد کنید.

۵ـ جوشکاری را با تغییر زاویه الکترود به پیشران ادامه دهید.

۶ـ به حوضچه جوش در نقاطی که در شکل ۳۹ آمده است نگاه کنید.

توجه

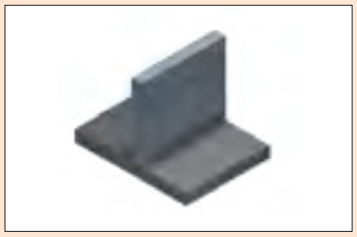
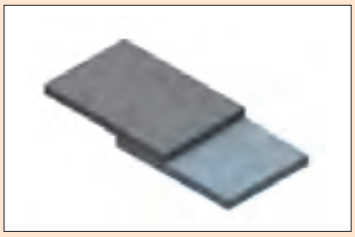
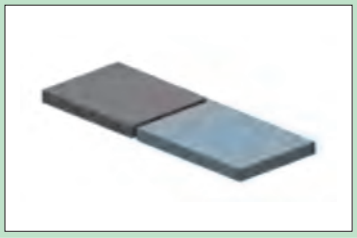
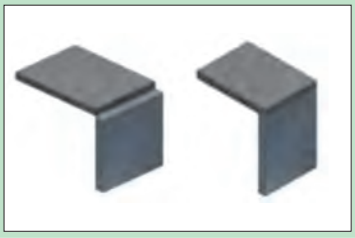
در طول جوشکاری، شما باید قوس و سرعت پیشروی را ثابت نگهدارید

۷ـ در پایان نتایج را تحلیل کنید و به‌صورت یک گزارش ارائه دهید.

انواع طرح اتصال

تنوع قرارگیری قطعات نسبت به هم و شرایط کاری مختلف، طرح‌های اتصال متفاوتی را الزام می‌دارد که در جدول ۷ با آنها آشنا می‌شوید.

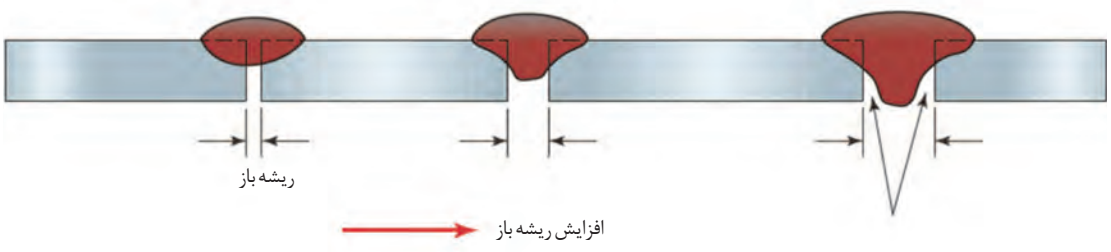
جدول ۶ـ انواع طرح اتصال

نام اتصال	شکل	نام اتصال	شکل
اتصال T شکل سپری		اتصال لبه روی هم	
اتصال لب‌به‌لب		اتصال زاویه خارجی گوشه	

با توجه به اینکه در زمینه تعمیرات تجهیزات کشاورزی بیشتر اتصال لب‌به‌لب مورد استفاده قرار می‌گیرد در این کتاب تنها به این روش پرداخته می‌شود.
همان‌طور که در شکل ۴۰ می‌بینید دو پلیت به‌وسیله جوش لب‌به‌لب به یکدیگر متصل شده‌اند.

شکل ۴۰ـ مقطع باید کوچک و یکنواخت باشد تا تأثیری بر جوش نهایی نداشته باشد

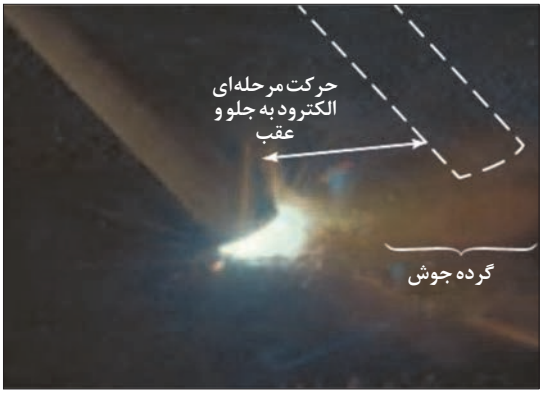
به فاصله بین دو پلیت (Tack Weld)، ریشه باز یا شکاف ریشه گفته می‌شود. تغییر در اندازه ریشه باز تأثیر بر نفوذ جوش می‌گذارد. با افزایش فاصله بین دو قطعه، مقدار نفوذ نیز افزایش می‌یابد. مقدار ریشه باز برای اکثر اتصالات بین ۰ تا ۳ میلی‌متر می‌باشد. ریشه باز بسیار بزرگ باعث سوختگی در ریشه می‌شود (شکل ۴۱).



شکل ۴۱ــ اثر ریشه باز بر روی نفوذ جوش

تکنیک‌های جوشکاری (ELECTRODE MANIPULATION)

نحوه حرکت الکترود در حین جوشکاری اصطلاحاً تکنیک جوشکاری نامیده می‌شود.



شکل ۴۲ــ در تکنیک های جوشکاری الکترود به آرامی به سمت جلو می‌رود و دوباره به حوضچه جوش بر می‌گردد

شکل ۴۳ــ در حرکت مستقیم الکترود نمی تواندبه خوبی فلز پایه را ذوب کند و در جوش رسوب نماید

جابه‌جایی و حرکت موجی شکل الکترود می‌تواند مشخصه‌هایی مانند نفوذ، پاشنه جوش، عرض جوش، تخلخل، سوختگی کناره جوش، روی هم افتادگی و ناخالصی سرباره را کنترل کند. نوع الگوی حرکتی برای هر جوش به جوشکار بستگی دارد و براساس تجربه فرد انتخاب می‌شود. به هر حال، برخی از الگوها برای بعضی از وضعیت‌های جوشکاری مناسب و مفید می‌باشد. الگوهای بسیاری برای جوشکاری وجود دارد که جوشکاران می‌توانند از آن استفاده کنند (شکل ۴۴).

شکل ۴۴ـ انواع الگوهای حرکتی موجی شکل

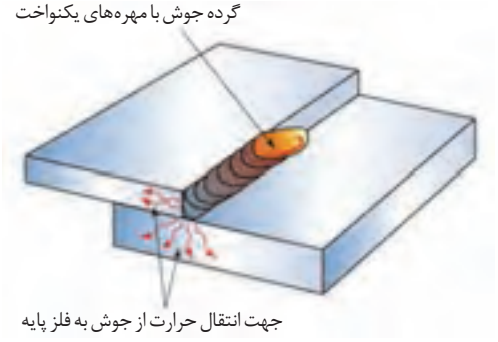
تکنیک دایره‌ای اغلب برای جوشکاری در حالت تخت برای اتصال لب‌به‌لب و سپری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این الگو برای گرده‌سازی و پوشش‌دهی استفاده می‌کنند.

جوشکاری با این الگو باعث ایجاد گرده جوش پهن با نفوذ سطحی می‌شود

جوشکاری با این الگو باعث ایجاد گرده جوش باریک با عمق نفوذ بالا می‌شود

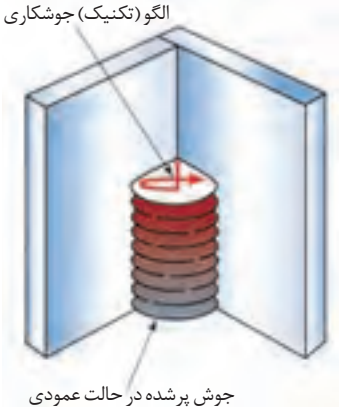
شکل ۴۵ـ الگوی دایره‌ای شکل

با افزایش پهنای دایره‌ها می‌توان گرده‌ای پهن‌تر و نیز با نفوذ بالاتر ایجاد کرد (شکل ۴۵). الگوی دایره‌ای برای جوشکاری وضعیت تخت به‌خصوص برای پر کردن اتصالاتی که دارای فاصله بزرگ (گپ بین دو قطعه) هستند استفاده می‌شود. تکنیک J برای اتصالات لب روی هم به‌خصوص در حالت عمودی بسیار خوب جواب می‌دهد از دیگر ویژگی‌های این تکنیک این است که باعث می‌شود که گرما روی پلیت ضخیم‌تر متمرکز شود (شکل ۴۶).



شکل ۴۶ـ الگوی J شکل اجازه می‌دهد تا گرما روی قطعه ضخیم‌تر متمرکز شود

الگوی T برای جوش‌های گوشه و همچنین برای جوش‌های شیاری با نفوذ عمیق کاربرد دارد.



شکل ۴۷ـ الگوی T معکوس

الگوهای هشت شکل و زیگزاگ در وضعیت‌های تخت و عمودی، برای پالس‌های پوششی استفاده می‌شود. استفاده از این الگوها سبب تشکیل شلف (مهره‌های بزرگ) برای محافظت از حوضچه جوش می‌شود (شکل ۴۸).

شکل ۴۸ـ شلف (مهره‌های بزرگ)

فعالیت کارگاهی

گرده‌سازی و ایجاد خط جوش در وضعیت های مختلف

مواد مورد نیاز: الکترود هایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر و طول ۱۵۲ میلی‌متر

مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳ـ پلیت را در وضعیت افقی قرار دهید.

۴ـ جوشکاری را از انتهای پلیت شروع کرده و یک خط جوش مستقیم در طول کل پلیت ایجاد کنید.

۵ـ در حین جوشکاری به حوضچه جوش نگاه کنید (از ماسک و کلاه جوشکاری استفاده کنید).

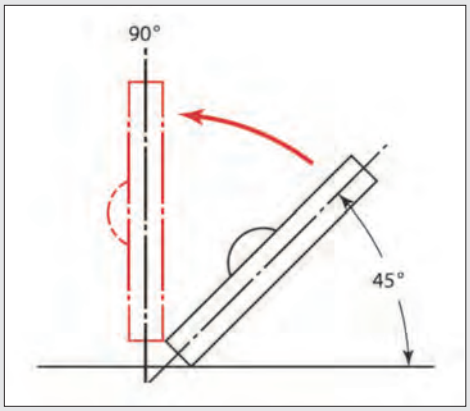
۶ـ پلیت را سرد کنید، سپس بررسی کنید آیا عیبی در آن مشاهده می کنید؟

۷ـ پلیت را در زوایه ۴۵ درجه (شکل ۴۹) قرار دهید و مراحل ۳ تا ۵ را تکرار کنید.

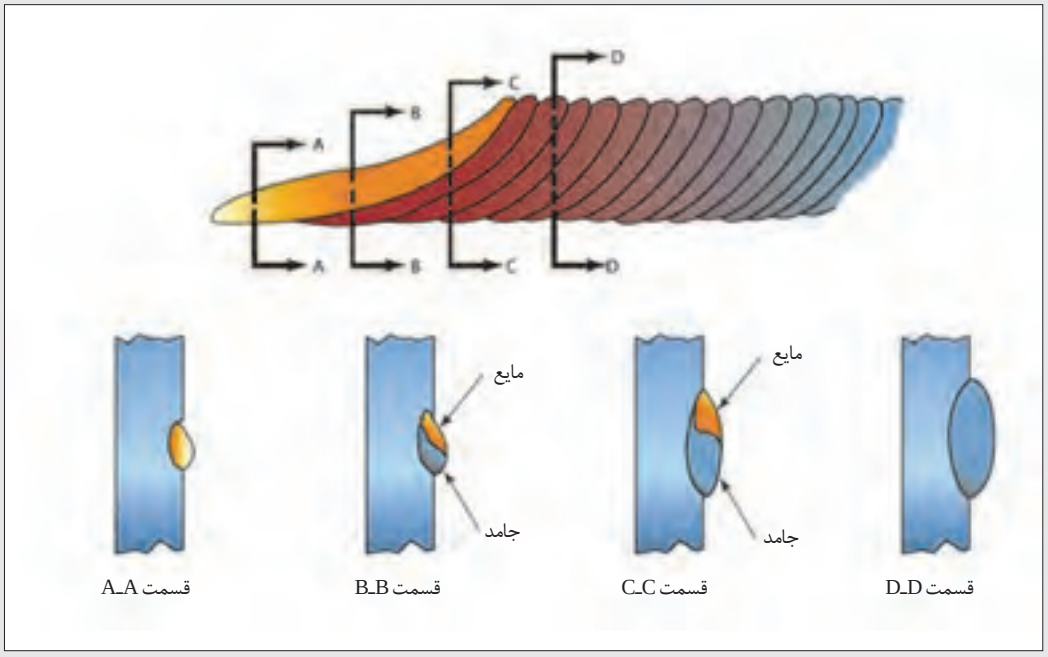
۸ـ پلیت را در وضعیت عمودی قرار دهید و گرده‌سازی و ایجاد خط جوش را انجام دهید. استفاده از الگوی J شکل در این حالت بسیار مناسب می‌باشد.

۹ـ این کار را (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) آن‌قدر ادامه دهید تا مهارت کافی در ایجاد خط جوش کسب کنید.

۱۰ـ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکترود و پلیت‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیابی در نظر گرفته شده، قرار دهید.



شکل ۴۹ـ تغییر زاویه پلیت همزمان با افزایش مهارت



شکل ۵۰ـ نحوه حرکت دست در ایجاد خط جوش

فعالیت کارگاهی

جوشکاری اتصال لب به لب در وضعیت تخت

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر دو پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر و طول ۱۵۲ میلی‌متر

مراحل انجام کار:

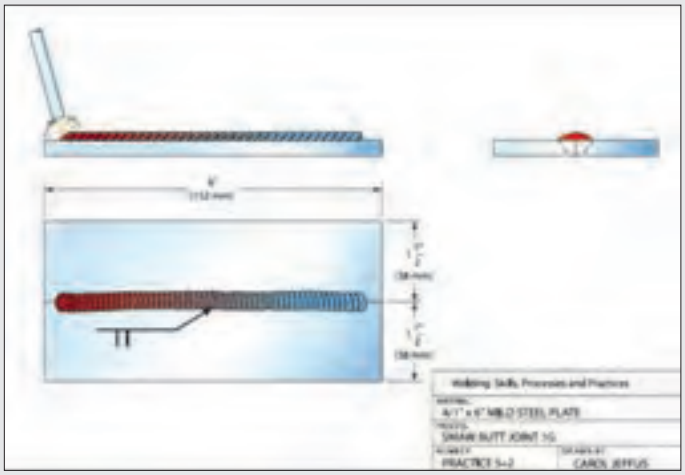
۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳ـ ابتدا دو پلیت را با جوش مقطعی یا خال جوش بر روی میز جوشکاری به یکدیگر به‌صورت جزئی متصل کنید. قوس را در دو انتهای پلیت قوس برقرار کنید و یک حوضچه جوش بین دو پلیت تشکیل دهید، الکترود را در حوضچه نگه‌دارید تا اتصال برقرار شود.

۴ـ بعد از ایجاد یک پل ارتباطی بین دو پلیت به واسطه خال جوش زدن، الکترود را به‌صورت موجی شکل در طول اتصال و مطابق نقشه شماره ۲ حرکت دهید تا کل طول ۱۵۲ میلی‌متر پلیت را جوشکاری کنید. توجه داشته باشید که حین جوشکاری نباید با سرعت الکترود را در عرض اتصال حرکت دهید، در این صورت سرباره

در داخل جوش محبوس خواهد شد و عیب ناخالصی ایجاد خواهد شد (شکل ۵۱).



نقشه شماره ۲

نکته

معمولاً در این نوع اتصالات نیازی به نفوذ کامل نمی‌باشد. توجه داشته باشید که اگر نیاز به نفوذ عمیق بود، دو راه وجود دارد، ۱ـ افزایش فاصله بین پلیت ۲ـ آماده‌سازی لبه‌ها که اصطلاحاً پخ‌سازی می‌نامند، یعنی لبه پلیت را زاویه بدهیم.

۵ـ پلیت را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) آن‌قدر تکرار کنید تا مهارت در جوشکاری دو پلیت به‌صورت لب‌به‌لب در وضعیت تخت را کسب کنید.

۶ـ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکترود و پلیت‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیابی در نظر گرفته شده، قرار دهید.

شکل ۵۱ـ عیب ایجاد شده در اثر حرکت سریع الکترود در عرض جوش

فعالیت کارگاهی

جوشکاری اتصال لب‌به‌لب در وضعیت عمودی

مواد مورد نیاز: الکترودهایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر، دو پلیت فولادی با ضخامت ۶ میلی‌متر و طول ۱۵۲ میلی‌متر

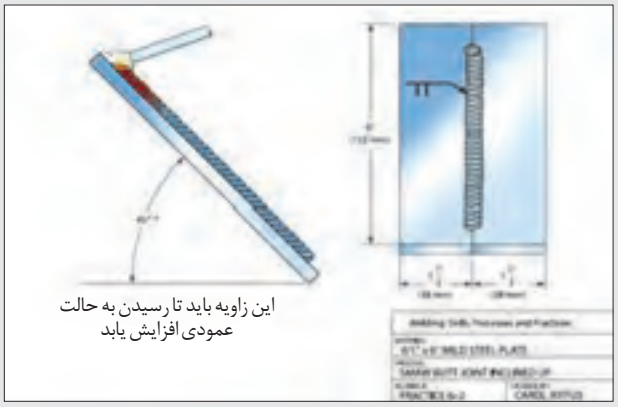
مراحل انجام کار:

۱ـ تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش‌بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.

۲ـ دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳ـ انتهای دو پلیت را در ناحیه اتصال خال جوش بزنید تا بهم متصل شوند.

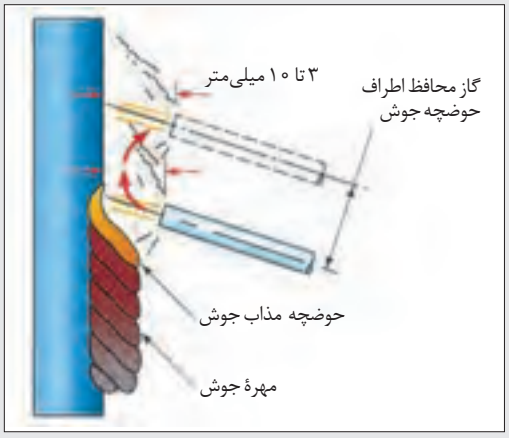
۴ـ جوشکاری برای ایجاد اتصال لب‌به‌لب در حالت زاویه ۴۵ درجه را با استفاده از الگوهای C و J و مطابق با نقشه شماره ۳، از انتهای لبه پایینی پلیت شروع کنید.



نقشه شماره ۳

نکته

همان‌طور که در شکل ۵۲ نشان داده شده، هنگامی که الکترود به سمت بالای جوش حرکت می‌کند، طول قوس به آرامی افزایش می‌یابد که نتیجه آن ثابت ماندن نرخ رسوب فلز مذاب در ناحیه اتصال می‌باشد، بنابراین هنگامی که الکترود را مجدد به سمت جوش بر می‌گردانید، باید طول قوس را کاهش دهید تا فلز مذاب رسوب کند. توجه داشته باشید که جوشکاری در حالت عمودی کمی دشوار است، از این رو برای افزایش مهارت خود باید پلیت‌ها را در زاویه ۴۵ درجه قرار دهید، و در صورت کسب مهارت در این وضعیت زاویه قرارگیری پلیت را افزایش دهید تا به وضعیت عمودی برسید، و در نهایت تمرین را در وضعیت عمودی ادامه دهید.



شکل ۵۲ـ تکنیک حرکت دست در حالت عمودی

۵ـ پلیت را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟ این کار را (گرده‌سازی و ایجاد خط جوش) آن‌قدر تکرار کنید تا مهارت در جوشکاری دو پلیت به‌صورت لب‌به‌لب در وضعیت عمودی را کسب کنید.

۶ـ در انتهای کار، محدوده‌ای که در آن در حال کار بوده‌اید را تمیز کنید و ته‌مانده‌های الکترود و پلیت‌های جوشکاری شده را در محفظه‌ای که برای بازیابی در نظر گرفته شده، قرار دهید.

ارزشیابی نهایی شایستگی جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار

شرح کار: آماده‌کردن تجهیزات جوشکاری برق شامل ترانس جوش، اتصال کابل‌های جوشکاری، اتصال انبرهای جوشکاری، آماده‌کردن سطح قطعات کار، انتخاب الکترود مناسب، تنظیم آمپر، برقراری قوس الکتریکی، ایجاد خط جوش و گرده‌سازی در تمام وضعیت‌ها با توجه به شرایط جوشکاری، تمیز کردن سطح جوش، بررسی کیفیت جوش

استاندارد عملکرد: جوشکاری خطی و یا اتصال دو صفحه با طرح اتصال مربعی با تکنیک خطی یا نوسانی با به‌کارگیری دستگاه جوش الکترود دستی برابر WPS

شاخص‌ها: اتصال صحیح تجهیزات، هم‌راستایی، میزان بودن فاصله قطعات، هم‌سطح بودن دو قطعه، تنظیم شدن جریان برابر جدول، انتخاب الکترود برابر WPS رنگ شعله، زاویه درست، خال جوش هم اندازه، ذوب کامل خال جوش‌ها، جوش با مهره‌های منظم و گرده یکنواخت، ذوب کامل الکترود و قطعات کار، ایجاد جوش بدون عیب، کنترل ابعاد اندازه‌ها برابر نقشه

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه جوشکاری الکترود دستی استاندارد با تهویه و نور کافی مجهز به سیستم سرمایشی و گرمایشی

ابزار و تجهیزات: دستگاه جوشکاری، برق، پلیت‌های فولادی، کمان اره، گیره رومیزی، انبر انتقال قطعات، الکترود E۶۰۱۳ و لوازم جانبی ایمنی فردی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی تجهیزات	۱	
۲	آماده‌سازی قطعات کار	۱	
۳	خال جوش‌زدن	۱	
۴	گرده‌سازی	۲	
۵	کنترل نهایی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: استفاده از لوازم ایمنی کار فردی ـ رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه جوشکاری ـ توجه به نکات زیست محیطی		۲	
میانگین نمرات			*

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