

## 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 - اتصال دائم و موقت - که جوشکاری جزء اتصالات دائم به شمار می‌رود.

## واحد یادگیری ۳

### جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار

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 الکتروود روپوش دار، متداول‌ترین روش جوشکاری است؟
- چگونه می‌توان دو قطعه فلزی را با استفاده از جوشکاری قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار به یکدیگر متصل نمود؟
- چه عواملی در کیفیت یک جوش تأثیرگذار هستند؟

جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار 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 الکتروود دستی، انواع جریان‌های جوشکاری، منابع تأمین انرژی، تجهیزات و دستگاه‌های جوشکاری الکتروود دستی ارائه می‌شود، سپس در ادامه تکنیک‌های جوشکاری و روش‌های ساخته‌شده و نیز اتصال دو پلیت به صورت 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 غیر فلزی)، 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.

### انواع فرایند جوشکاری

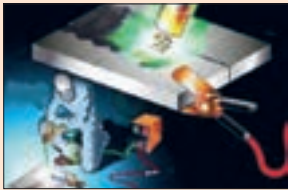
فیلم آموزشی



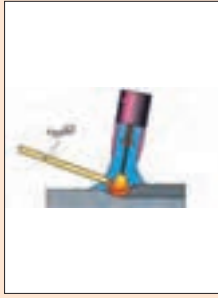
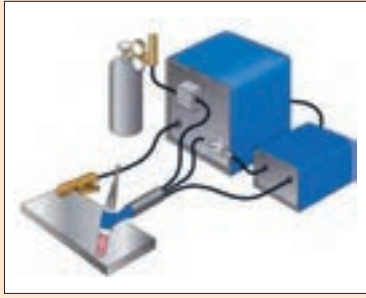
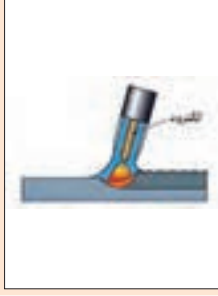

### فرایندهای جوشکاری

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 ۱- انواع جوشکاری براساس نوع انرژی مصرفی

توضیح	شکل	نام	دسته بندی انواع جوشکاری براساس نوع انرژی
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 الکتریکی	
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 شیمیایی	
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 مکانیکی	
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.		انرژی تشعشعی	

جدول ۲- انواع فرایندهای قوس الکتریکی

توضیح	کاربرد	شکل	نام
در این فرایند منبع حرارت، تغذیه کننده حوضچه جوش با هم هستند. کیفیت جوش متوسط می باشد، و دستگاه جوش ارزان تر است.			جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار
در این فرایند منبع حرارت و تغذیه کننده حوضچه جوش، جدا می باشد. کیفیت جوش بالاست الکتروود از جنس تنگستن ذوب نشدنی است.			جوشکاری قوس تنگستنی با گاز (تیگ)
در این فرایند منبع حرارت با تغذیه کننده حوضچه جوش با هم است. کیفیت و سرعت جوش از الکتروود دستی بالاتر است.			جوشکاری قوس فلزی با گاز (میگ مگ)
در این روش قوس الکتریکی در زیر پودر انجام می شود، سرعت جوش بالا و کیفیت جوش نیز بالاتر از روش الکتروود دستی است.			زیر پودری

فرایندهای قوس الکتریکی



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

جدول ۳- مقایسه فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی

توضیح	هزینه تجهیزات	کیفیت جوشکاری	سرعت جوشکاری	تصویر
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.	کم	.....	آهسته	
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 زیرپودری کمتر است، هزینه ابتدایی این روش، از روش قوس الکتروود دستی بیشتر است. ولی از روش زیرپودری، کمتر می‌باشد. کیفیت جوش در این روش از الکتروود دستی بیشتر است.	.....	.....	.....	
فرایند جوشکاری زیرپودری	.....	.....	.....	



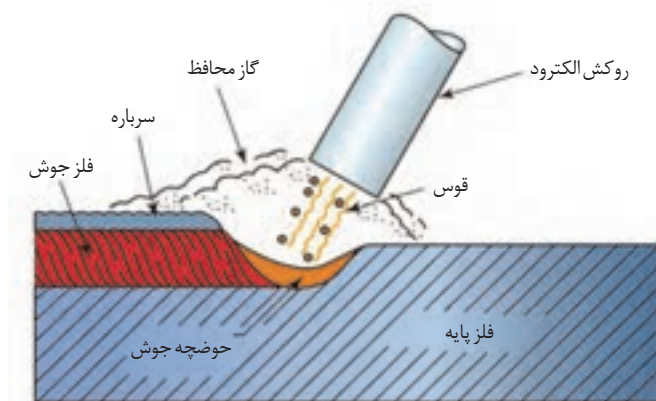
برای جوشکاری محدود در فضای باز و با کمترین هزینه از چه فرایندی استفاده می کنید؟

## آشنایی با جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود دستی (SMAW)

جوشکاری با الکتروود دستی یک فرایند ذوبی است که در آن جریان الکتریکی توسط یک الکتروود فلزی روکش دار حمل می شود، این جریان، قوس الکتریکی تشکیل می دهد که از فاصله هوایی بین الکتروود و قطعه کار عبور می کند. قوس الکتریکی در این ناحیه ایجاد گرما کرده و این گرما باعث ذوب الکتروود و قطعه کار می شود. الکتروود ذوب

شده از میان قوس الکتریکی به حوضچه مذاب روی فلز پایه انتقال می یابد. نوک الکتروود و حوضچه فلز با یک ابر گازی که در نتیجه سوختن روکش الکتروود ایجاد می شود، محافظت می گردد.

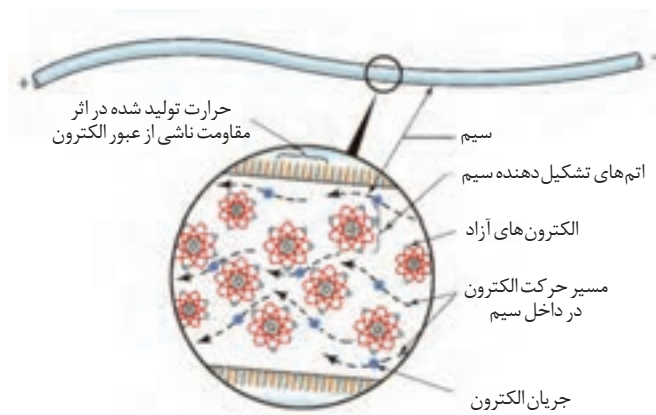
زمانی که قوس الکتریکی قطع می شود، مخلوط فلز پایه و الکتروود مذاب به طور آهسته سرد شده و انجماد صورت می گیرد، و به یک جزء یکپارچه تبدیل می شود. به طور همزمان روکش مذاب شده (مذاب فلاکس) به شکل یک سرباره روی فلز جوش منجمد می شود.



شکل ۱- شماتیک فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود دستی

## جریان جوشکاری (WELDING CURRENT)

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

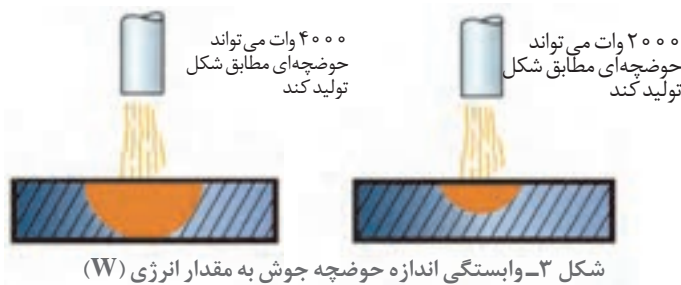


شکل ۲- حرکت الکترون در یک رسانا

از شکاف بین الکتروود 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.

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.

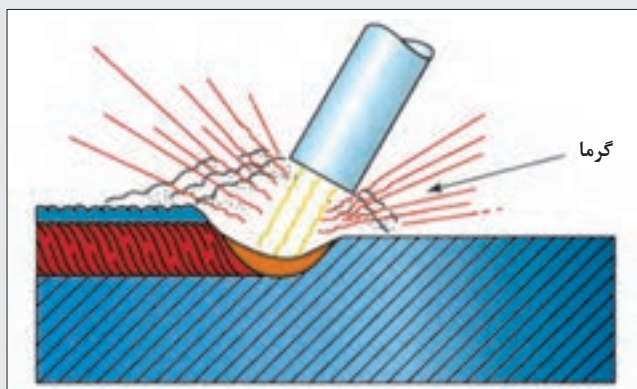
نکته



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.

دمای قوس الکتریکی بیش از  $6000^{\circ}\text{C}$  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 الکتروودها ایجاد می‌شود، می‌باشند. به‌طور مثال زمانی که طول قوس بیشتر می‌شود، مقاومت افزایش می‌یابد، در نتیجه ولتاژ قوس و دما افزایش می‌یابد - طول قوس کوچک‌تر، گرمای قوس کمتری ایجاد می‌کند. در اکثر الکتروودها 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 به صورت تابشی با گازهای داغ تشکیل شده توسط روکش الکتروود هدر می‌رود.

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



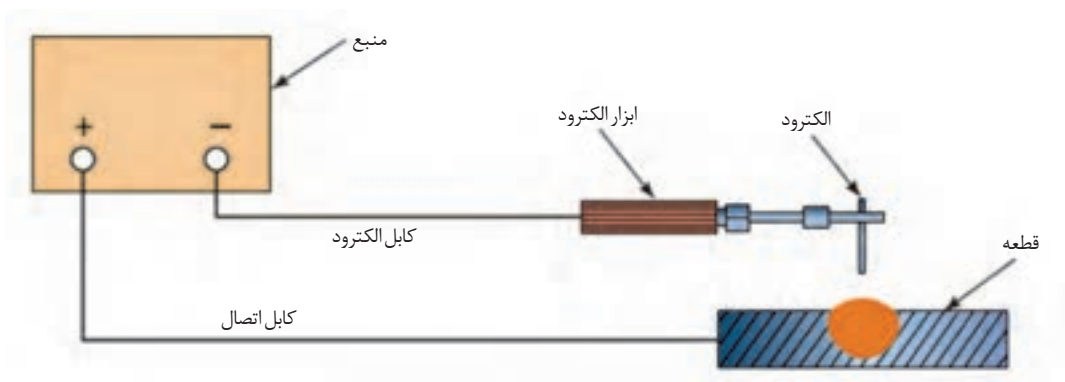
همچنین بخشی از گرما به روش رسانش (هدایت) به قطعه کار هدر می‌رود. به‌طور کلی تقریباً نیمی از کل گرما در تولید یک اتصال هدر می‌رود. باقی مانده گرمای قوس، به‌صورت برابر بین الکتروود و قطعه کار توزیع می‌شود. این توزیع به نوع جریان جوشکاری، پلاریزاسیون (قطبیت) و روکش الکتروود بستگی دارد.

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

## انواع جریان جوشکاری

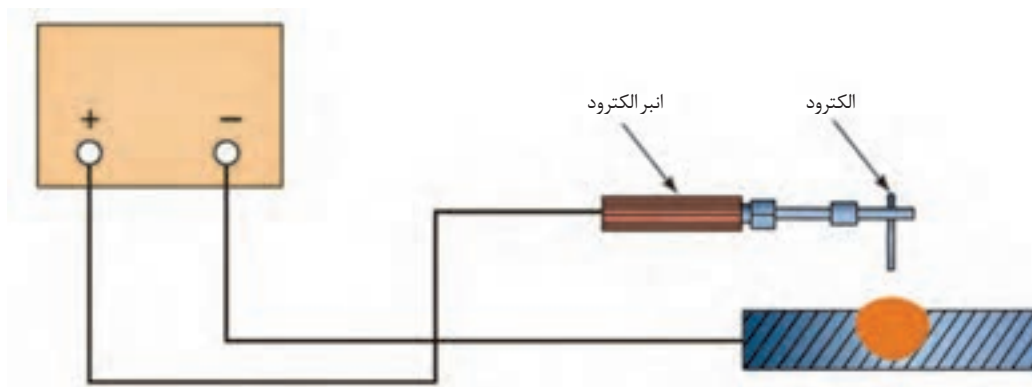
سه نوع جریان برای جوشکاری استفاده می‌شود که شامل:

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



شکل ۵- جریان مستقیم الکتروود منفی (DCEN)

۲- **جریان مستقیم الکتروود مثبت (DCEP):** در این جریان الکتروود به قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی متصل می‌شود (شکل ۶). این جریان قوسی با قدرت نفوذ عمیق تری تولید می‌کند.



شکل ۶- جریان مستقیم الکتروود مثبت (DCEP)



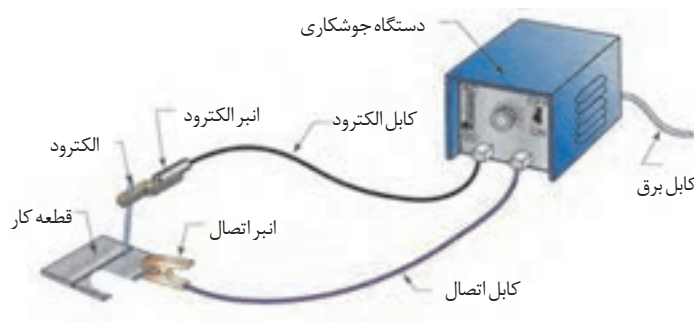
**۳- جریان متناوب (AC):** در این جریان الکترون‌ها در هر ثانیه ۱۰۰ بار جهت خود را تغییر می‌دهند. به عبارت دیگر الکتروود و قطعه کار به صورت متناوب از آند به کاتد تغییر می‌یابند. به قطب مثبت الکتروود آند و قطب منفی الکتروود کاتد می‌گویند.

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

نکته



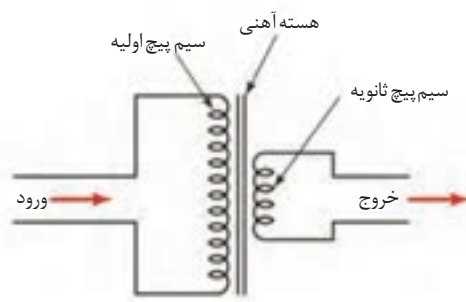
## تجهیزات جوشکاری



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

### ۱- منبع قدرت (دستگاه جوشکاری)

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



شکل ۷- دیاگرام ترانسفورماتور کاهنده

**ترانسفورماتور جوشکاری:** ترانسفورماتور 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 به وسیله دو سیم پیچ که به نام سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه نامیده می‌شوند، استوار می‌باشد. سیم پیچ اولیه دارای تعداد دور بیشتر است در حالی که سیم پیچ ثانویه دارای تعداد دور کمتری می‌باشد (شکل ۷).

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 الکتروودهای مختلف است که ممکن است مطابق شکل (۸)، تنظیم آمپر به صورت 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 به صورت پیوسته از طریق گردش دسته آمپر امکان پذیر است.



شکل ۹- ترانس با مکانیزم تغییر آمپر پیوسته



شکل ۸- ترانس با مکانیزم تغییر آمپر پله‌ای

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

نکته



**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 الکترونیکی به آنها اضافه شده است و در شکل ۱۱ این تجهیزات الکترونیکی در قسمت فوقانی دستگاه نشان داده شده است.



شکل ۱۱- ساختمان داخلی رکتیفایر



شکل ۱۰- رکتیفایر جوشکاری



شکل ۱۲- کلیدهای مختلف برای تنظیم دستگاه جوشکاری

الکتروود جوشکاری باشند که باعث راحتی کار جوشکاری و پایداری قوس می‌شود (شکل ۱۲).

در رکتیفایرها تغییر آمپر به وسیله یک پتانسیومتر با کلید گردشی صورت می‌گیرد و میزان آمپر خروجی دستگاه، به وسیله یک صفحه کوچک نمایش داده می‌شود. همچنین کلید گردشی ممکن است دارای دو محدوده درجه بندی شده باشد (یکی برای جوشکاری SMAW و یک رنج درجه بندی برای جوشکاری GTAW) که می‌تواند توسط جوشکار انتخاب شود. همچنین برخی از رکتیفایرهای جوشکاری ممکن است دارای کلید انتخاب جریان مناسب بر حسب نوع

**اینورتر جوشکاری:** این دستگاه در مقایسه با سایر دستگاه‌های جوشکاری دارای یک رنج آمپر کمتر و سبک تر است، وزن کم آن باعث جابه جایی راحت تر شده است، و همچنین راندمان کار را بسیار بالا برده است. در اینورترها به جای استفاده از سیم پیچ و هسته با وزن بالا از بردهای الکترونیکی با فرکانس بالا استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها فرکانس برق شهر ۵۰ هرتز را به چند کیلو هرتز تبدیل می‌کنند. این قابلیت باعث می‌شود که جرم ۵۰ کیلوگی دستگاه به کمتر از ۵ کیلوگرم کاهش یابد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- اینورتر جوشکاری و اجزای داخلی آن

**مولدهای جریان الکترونیسته 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 گازیلی باشد، موتور جوش نامیده می‌شود.



شکل ۱۵- موتور جوش



شکل ۱۴- دینام جوش



شکل ۱۶- کابل جوشکاری

## ۲- کابل های جوشکاری

کابل هایی که برای جوشکاری به کار می روند باید انعطاف پذیر، عایق خوب و با اندازه مناسب برای کار مورد نظر باشند. در اکثر کابل های جوشکاری از سیم های مسی استاندارد استفاده می شود. برخی از کابل های تولیدی جدید، از جنس سیم های آلومینیوم می باشند.

## ۳- انبر الکتروود (ELECTRODE HOLDERS)

انبر های الکتروود (نگهدارنده الکتروود) جوشکاری باید در نرخ آمپر مناسب طراحی شوند و دارای عایق خوب برای جوشکاری ایمن باشند. معمولاً بر روی انبر الکتروود مقدار ظرفیت آمپر را درج می کنند. فنرها، فک ها، عایق ها، دسته ها و پیچ ها بخش هایی از انبر الکتروود هستند که قابل تعویض می باشند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- انبر الکتروود و قسمت های قابل تعویض آن

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



#### ۴- 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 الکتروود 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 ۱۸- دو نمونه انبر اتصال

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

نکته



#### ۵- الکتروود

از الکتروود جوشکاری برای پر کردن فضای اتصال مابین دو سطح مورد جوشکاری استفاده می‌گردد. الکتروود جوشکاری مفتول فلزی است که دور تا دور آن توسط پوشش فلاکس (Flux Coating) احاطه گردیده است. روکش الکتروود جوشکاری اغلب از آهک، سلولز، اکسید سدیم، خاک رس و یا آزبست تشکیل گردیده است. پوشش فلاکس الکتروود 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 الکتروود مناسب با توجه به شرایط انتخاب شود. در اغلب موارد هر چقدر قطعه کار ضخیم‌تر باشد، جریان و آمپراژ مورد نیاز بیشتر و قطر الکتروود جوشکاری نیز بیشتر خواهد بود.

#### جدول ۴- انواع الکتروود از نظر قطر و کاربرد آنها

شرایط کاربرد	قطر الکتروود (mm)
کوچک‌ترین سایز الکتروود 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.	۲/۵
در بازار الکتروود سه شناخته می‌شود و برای فلزات ۵mm به بالا استفاده می‌شود، آمپر مورد نیاز برای جوشکاری این الکتروود بر روی جعبه آن چاپ شده است.	۳/۲۵
استفاده‌های خاص دارند برای مثال در اسکلت ساختمان استفاده می‌گردند.	۵ و ۴

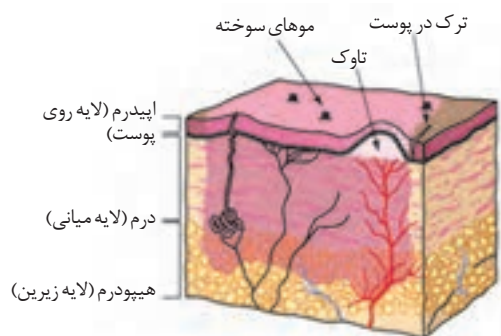
در انتخاب الکتروود علاوه بر قطر باید به ویژگی های آن نیز توجه شود. ویژگی های هر الکتروود با ترکیبی از حروف و اعداد مشخص می شود. به عنوان مثال الکتروود E۶۰۱۳.

### جدول ۵- الکتروودهای کاربردی و ویژگی های آنها

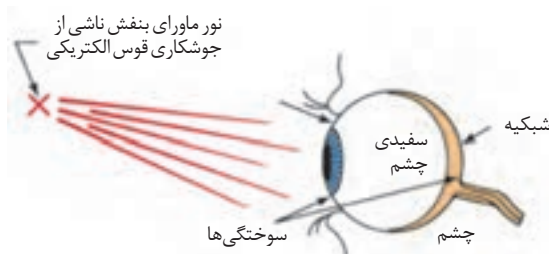
علامت اختصاری	نام	کاربرد
E۶۰۱۳	الکتروود جوشکاری همه کاره	در اکثر کارهای آهنگری مورد استفاده قرار می گیرند.
E۷۰۱۸	الکتروود جوشکاری قلیایی	به رطوبت بسیار حساس است لذا پیش از استفاده باید پیش گرمایش شود، این الکتروود در کشتی سازی و لوله های فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
E۶۰۱۰	الکتروود جوشکاری با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

### ۶- تجهیزات ایمنی

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



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



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



(د) ماسک جوشکاری



(ج) کفش ایمنی



(ب) دستکش چرمی



(الف) پیش بند و دستبند چرمی

شکل ۲۱- تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای جوشکاری



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

مواد مورد نیاز: جعبه چند نمونه الکتروود - انواع دستگاه جوش

### مراحل انجام کار:

- ۱- متناسب با نوع بسته‌های الکتروود موجود در انبار کارگاه جوشکاری چند نمونه از آنها را انتخاب کنید و اطلاعات مندرج روی جعبه الکتروودها مثل: نوع و شدت جریان جوشکاری، قطبیت، وضعیت جوشکاری، شرایط نگهداری و اطلاعات دیگر مذکور روی بسته‌های الکتروود را بررسی نمایید.
- ۲- نمونه‌ای از دستگاه‌های جوشکاری الکتروود 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 ۲۲- روی صفحه کلید دستگاه‌های جوشکاری، کلیدهای متعددی وجود دارد که جوشکار باید به عملکرد آنها مسلط باشد



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

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

## مراحل انجام کار:



۳- اتصال مربوط به سر کابل اتصال را مطابق شکل متصل کنید و آن را به وسیله انبردست یا گیره محکم نمایید.



۲- پیچ و مهره‌های روی انبر اتصال را که محل اتصال کابل می‌باشد، باز کنید



۱- اجزا و متعلقات مربوط به انبر اتصال را از انبار تحویل بگیرید.



۶- انبر الکتروگیر و مجموعه کابل و اتصالات مرتبط با آن را از انبار تحویل بگیرید



۵- 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).



۴- کابل اتصال را به انبر اتصال متصل نمایید و آن را محکم کنید.



۹- فیش‌های کابل انبر الکتروگیر و کابل اتصال را به قطب‌های مثبت و منفی دستگاه متصل نمایید (توجه کنید اتصال محکم شود).



۸- مجموعه انبر الکتروگیر و انبر اتصال آماده اتصال به دستگاه جوشکاری می‌باشد.



۷- کابل انبر الکتروگیر را با استفاده از اتصالات رابط به انبر الکتروگیر متصل و محکم نمایید.





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



۱۱- الکتروود را در دهانه انبر الکتروود گیر قرار دهید (دقت کنید قرار گرفتن الکتروود به صورت صحیح و به اندازه مناسب انجام شود).



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

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

ایمنی



فعالیت کارگاهی



### برقراری قوس الکتربیکی و خال جوش زدن

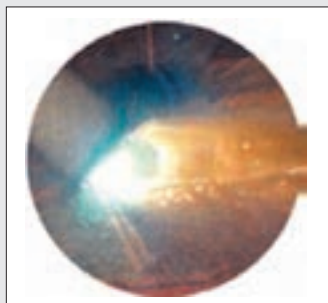


شکل ۲۳- نحوه الکتروود در حین خال جوش زدن

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

#### مراحل انجام کار:

- ۱- تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.
- ۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
- ۳- الکتروود را نزدیک پلیت قرار دهید، سپس الکتروود را بر روی پلیت آرام بکشید، به عبارتی دیگر بر روی آن خراش ایجاد کنید (شکل ۲۳). زمانی که قوس ایجاد شد، به آرامی الکتروود را بلند کنید تا به یک طول قوس مطلوب برسید، سپس به آرامی الکتروود را به سمت جلو حرکت دهید تا مهره جوش و یا گرده جوش ایجاد شده طولی تر شود.



شکل ۲۴- برقراری قوس



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



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

شکل ۲۵- برقراری قوس با الکتروودی که روکش آن کنده شده (عدم برقرار قوس پایدار)

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

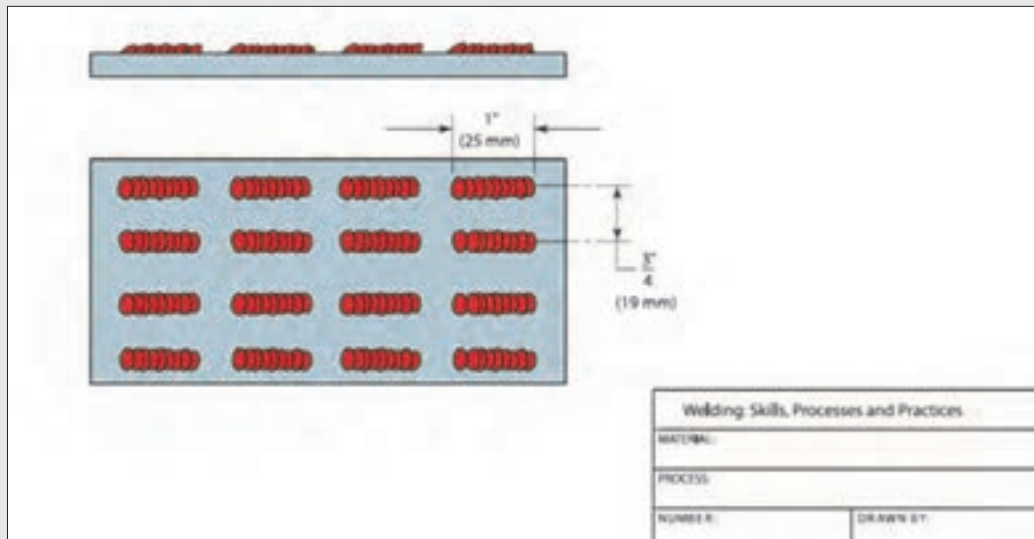
## ایجاد خط جوش



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

### مراحل انجام کار:

- ۱- 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.
- ۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
- ۳- الکتروود را نزدیک پلیت قرار دهید، سپس الکتروود را بر روی پلیت آرام بکشید، به عبارتی دیگر بر روی آن خراش ایجاد کنید. زمانی که قوس ایجاد شد، به آرامی الکتروود را بلند کنید تا به یک طول قوس مطلوب برسید، سپس به آرامی الکتروود را به سمت جلو حرکت دهید تا مهره جوش و یا گرده جوش ایجاد شده طولی تر شود (نقشه شماره ۱).



نقشه شماره ۱

- ۴- پس از پایان کار، دستگاه جوش را خاموش و محدوده‌ای که مشغول به کار بودید را تمیز کنید.  
۵- 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 به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

### الف) آمپر جوش

هر الکتروود باید در یک آمپر (شدت جریان) مشخص به کار گرفته شود.

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

الکتروود اندازه	طبقه‌بندی					
	E۶۰۱۰	E۶۰۱۱	E۶۰۱۲	E۶۰۱۳	E۷۰۱۶	E۷۰۱۸
۳/۳ in . (۲/۴ mm)	۱۱۰-۷۰	۱۰۵-۷۵	۸۵-۴۰	۹۰-۴۰	۷۰-۵۰	۴۰-۸۰
۸/۱ in . (۳/۲ mm)	۱۶۵-۹۰	۱۵۰-۱۰۰	۱۲۰-۷۰	۱۳۰-۷۵	۱۲۵-۸۵	۱۳۰-۷۰
۳/۵ in . (۴ mm)	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 الکتروود بر روی سطح پلیت می‌باشد. جوشکاری با آمپر پایین ممکن است به دلیل اینکه حوضچه مذاب جوش به اندازه کافی جریان پیدا نکرده و در نتیجه فلاکس هم واکنش خوبی نداشته است دارای ناخالصی (سربراره) یا گاز شود همچنین این جریان بسیار پایین ممکن است موجب عدم نفوذ در عمق قطعه کار شود.

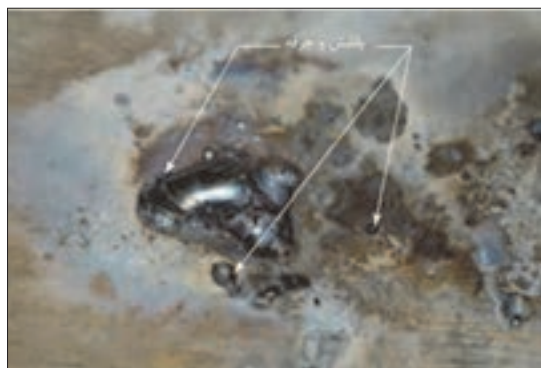
زمانی که جریان افزایش می‌یابد، سیم (مغز الکتروود) به دلیل مقاومت الکتریکی داغ می‌شود این پیش گرمایی سیم موجب می‌شود که برخی از مواد شیمیایی داخل پوشش الکتروود زودتر بسوزند. ازدست دادن بالانس عناصر شیمیایی الکتروود موجب ناپایداری قوس می‌شود.



شکل ۲۷- جوشکاری با آمپر بسیار بالا



شکل ۲۶- جوشکاری با آمپر بسیار پایین



شکل ۲۸- پاشش سخت شده بر روی فلز پایه

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. به دلیل بالا بودن دمای جرقه‌ها، هنگام برخورد با سطح قطعه به آن می‌چسبند و پس از سرد شدن، به راحتی نمی‌توان آنها را از سطح فلز جدا کرد (شکل ۲۸).

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

فعالیت‌کارگاهی



مواد مورد نیاز: الکتروودهایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر دو پلیت فولادی یکی با ضخامت ۶ میلی‌متر و دیگری با ضخامت ۱۳ میلی‌متر (ضخیم)

#### مراحل انجام کار:

۱- 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.

۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳- **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.

۴- **حالت دوم:** الکتروود 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.

۵- دو حالت (پلیت) را از لحاظ عرض جوش، اندازه حوضچه، پاشش، سهولت در برداشتن سرباره و نفوذ بررسی کنید. همچنین مقدار الکتروود 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 الکتروود

اندازه الکتروود با مقدار گرما وارد شده به قطعه رابطه مستقیمی دارد. انتخاب اندازه صحیح الکتروود جوشکاری برای یک جوش به مهارت جوشکار، ضخامت فلز مورد جوشکاری و اندازه فلز بستگی دارد. استفاده از الکتروودهایی با قطر کمتر نیاز به مهارت کمتری نسبت به الکتروودهای با قطر بزرگ دارد. اگر برای اتصال قطعات کوچک و نازک از الکتروود با قطر بزرگ استفاده شود، باعث گرم شدن بیش از حد آن می‌شود و ممکن است به قطعه آسیب وارد شود. به طور 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).

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

شکل ۲۹- تأثیر گرما وارد شده به قطعه بر روی شکل حوضچه جوش

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

برای رفع مشکلات ناشی از گرمای بیش از حد، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

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

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

فعالیت کارگاهی



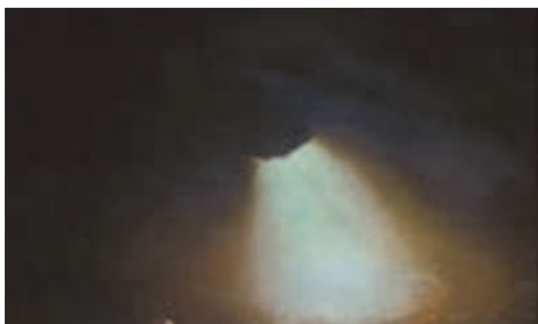
مواد مورد نیاز: الکتروود هایی با قطر ۳/۲۵ میلی‌متر سه پلیت فولادی با ضخامت های متفاوت: پلیت اول ۳ میلی‌متر پلیت دوم ۵ میلی‌متر پلیت سوم ۶ میلی‌متر

#### مراحل انجام کار:

- ۱- 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.
- ۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
- ۳- **حالت اول:** ابتدا بر روی پلیت‌ها به صورت 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.
- ۴- **حالت دوم:** در این مرحله جوشکاری در شرایطی متفاوت از مرحله اول انجام شود، به طوری که آمپر مشابه به حالت قبلی، سرعت پیشروی و طول قوس را تغییر دهید و یک جوش اضافی به روی پلیت‌ها ایجاد کنید، سپس ظاهر جوش، پهنای مه‌ره جوش و... را با هم مقایسه کنید.
- ۵- **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.
- ۶- نتیجه را در قالب یک گزارش ارائه دهید.



شکل ۳۰- جوشکاری با طول قوس بسیار کم



شکل ۳۱- جوشکاری با طول قوس بسیار زیاد

### ج طول قوس (ARC LENGTH)

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

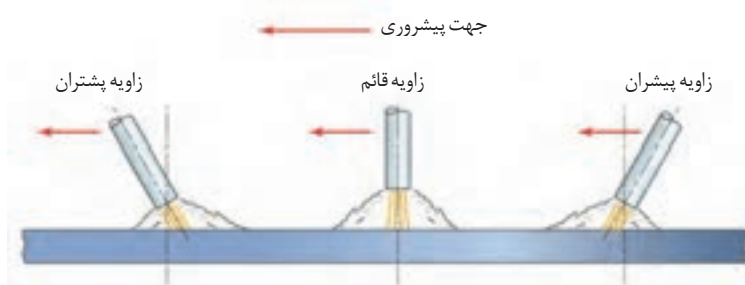
زمانی که طول قوس کم می‌شود فاصله انتقال قطره مذاب کاهش یافته در نتیجه الکتروود به قطعه کار می‌چسبد (شکل ۳۰).

جوش‌هایی که در نتیجه طول قوس بلند ایجاد می‌شوند، بسیار باریک، محدب و برجسته می‌باشند (شکل ۳۱). فاکتورهای مؤثر بر طول قوس؛ نوع الکتروود، طرح اتصال، ضخامت فلز و جریان جوشکاری می‌باشند.

به دلیل 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 با حداقل ناخالصی سرباره‌ای ایجاد کند. بهترین طول قوس مورد نیاز در جوشکاری وقتی که از الکتروود با قطر ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود ۳ میلی‌متر است اما این فاصله متغیر است. هنگامی که شرایط جوشکاری تغییر می‌کند طول قوس نیز باید تغییر کند.

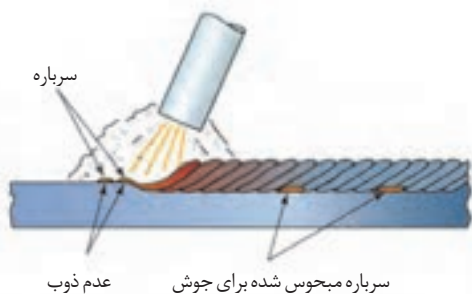
### د زاویه الکتروود (ELECTRODE ANGLE)

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

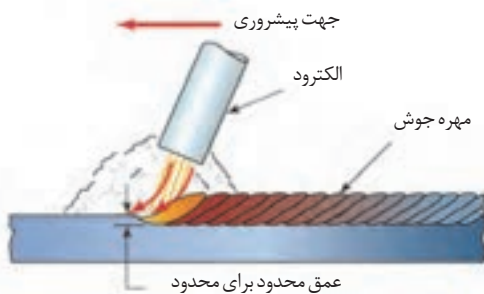


شکل ۳۲- جهت پیشروی و زاویه الکتروود

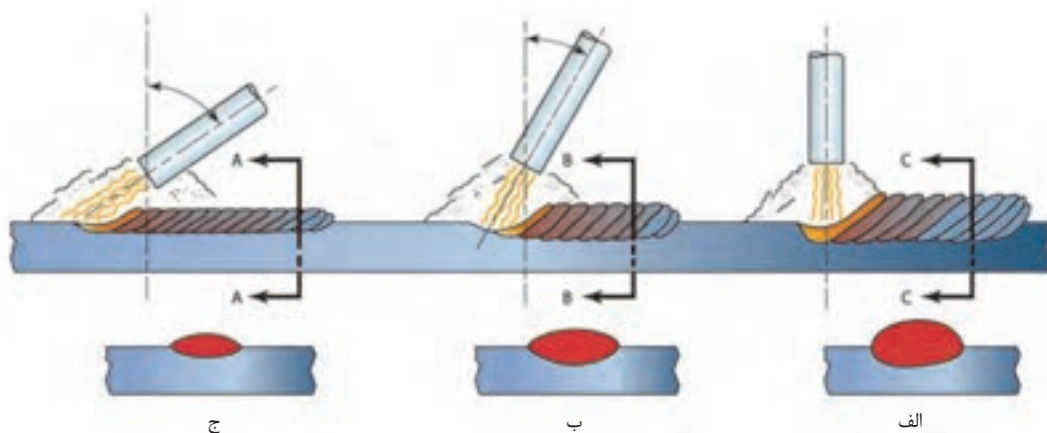
**– زاویه پیشروی پیشران:** همان طور که در شکل های ۳۳ و ۳۴ می بینید، این زاویه، فلز مذاب و سرباره را به سمت جلو کرده جوش هدایت می کند در نتیجه قبل از اینکه سطح فلز پایه ذوب شود، فلز پرکننده و سرباره سرد می شود. این سرد شدن، از ذوب شدن و آمیخته شدن فلزات با یکدیگر (فلز پایه و فلز پرکننده) جلوگیری می کند و سبب می شود مقداری ناخالصی سرباره ای روی جوش باقی بماند. به طور کلی از زاویه پیشران در جایی که می خواهیم نفوذ را کاهش دهیم یا از ریزش فلز مذاب حین جوشکاری عمودی جلوگیری کنیم، استفاده می کنیم.



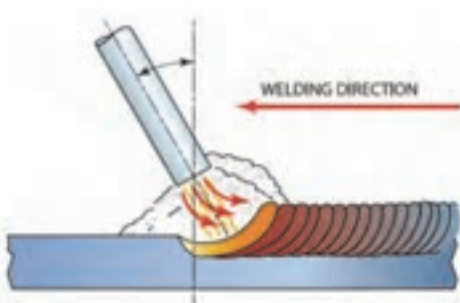
شکل ۳۴- ناخالصی سرباره در جوش



شکل ۳۳- زاویه پیشران



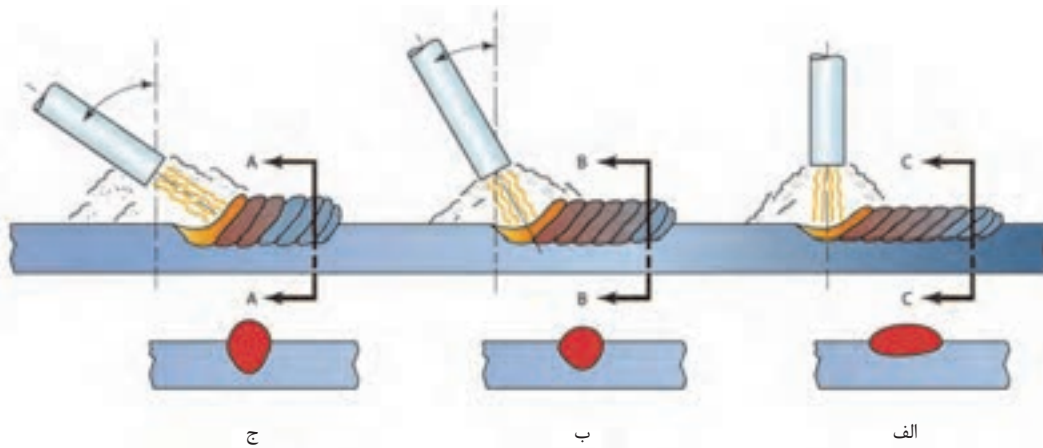
شکل ۳۵- تأثیر زاویه پیشران روی تشکیل مهیره جوش (گرده جوش)، پهنا و نفوذ جوش، با افزایش زاویه به سمت زاویه ۹۰ درجه افزایش می یابد



شکل ۳۶- زاویه پشتران

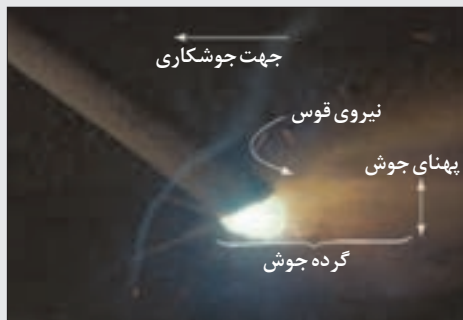
**– زاویه پشتران:** همان طور که در شکل ۳۶ می بینید، جوشکاری با این زاویه موجب می شود که فلز مذاب به سمت عقب (پشت حوضچه مذاب) هدایت شود. در حالی که فلز ذوب شده به پشت حوضچه هدایت می شود، قوس الکتریکی مقدار بیشتری از فلز مذاب را ذوب می کند. با افزایش زاویه پشتران، نفوذ عمیق تر و جوش تقویت می شود (شکل ۳۷).



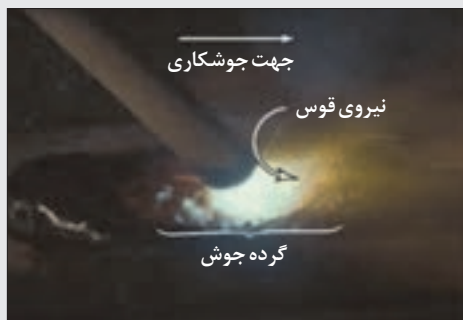


شکل ۳۷- تأثیر زاویه پشتران روی مقدار گرده جوش تشکیل شده، پهنا، نفوذ، سطح (در سطح A-A به دلیل زاویه پیشران بزرگ تر گرده جوش بیشتر ایجاد شده است)

### بررسی تأثیر تغییرات زاویه الکتروود بر روی جوش



شکل ۳۸- جوشکاری با زاویه پشتران



شکل ۳۹- جوشکاری با زاویه پیشران

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

#### مراحل انجام کار:

۱- 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.

۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

۳- جوشکاری را با زاویه پشتران زیاد شروع کنید، در حدود ۲۵ میلی‌متر جوشکاری کنید. طوری جوشکاری کنید که حوضچه جوش را با چشم ببینید، به آرامی زاویه الکتروود افزایش دهید، و تغییرات را بروی جوش مشاهده کنید (شکل ۳۸).

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

۵- جوشکاری را با تغییر زاویه الکتروود به پیشران ادامه دهید.

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



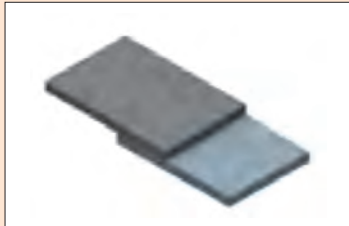
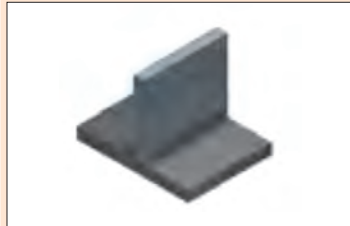

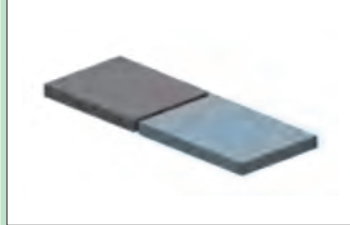
در طول جوشکاری، شما باید قوس و سرعت پیشروی را ثابت نگهدارید

۷- در پایان نتایج را تحلیل کنید و به صورت 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 ۶- انواع طرح اتصال

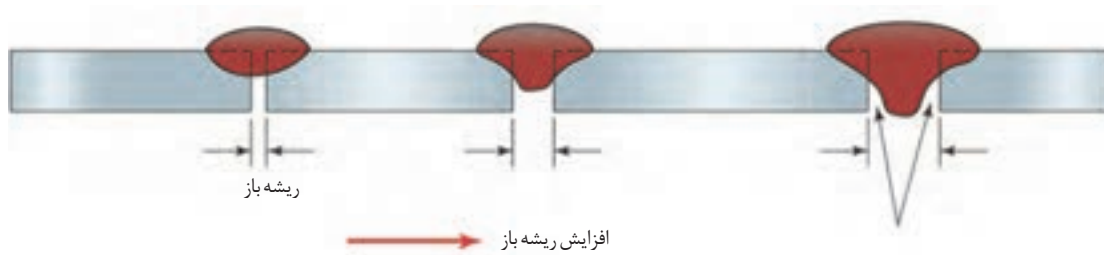
شکل	نام اتصال	شکل	نام اتصال
	اتصال لبه روی هم		اتصال T شکل سپری
	اتصال زاویه خارجی گوشه		اتصال لب به لب



شکل ۴- مقطع باید کوچک و یکنواخت باشد تا تأثیری بر جوش نهایی نداشته باشد

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

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 ۴۱- اثر ریشه باز بر روی نفوذ جوش

## تکنیک‌های جوشکاری (ELECTRODE MANIPULATION)

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

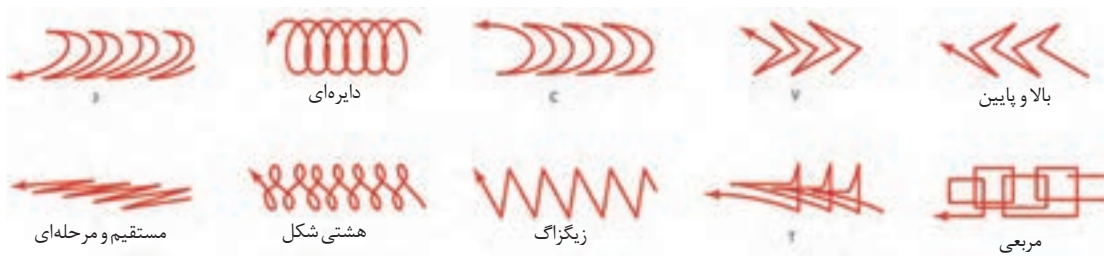


شکل ۴۳- در حرکت مستقیم الکترود نمی‌تواند به خوبی فلز پایه را ذوب کند و در جوش رسوب نماید



شکل ۴۲- در تکنیک‌های جوشکاری الکترود به آرامی به سمت جلو می‌رود و دوباره به حوضچه جوش بر می‌گردد

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 ۴۴- انواع الگوهای حرکتی موجی شکل



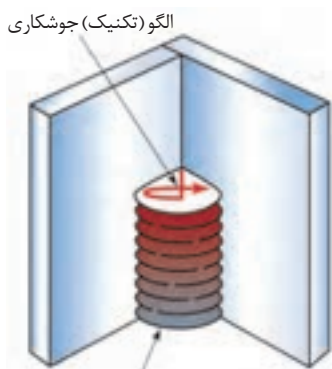
شکل ۴۵- الگوی دایره‌ای شکل

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



شکل ۴۶- الگوی J شکل اجازه می‌دهد تا گرما روی قطعه ضخیم‌تر متمرکز شود جهت انتقال حرارت از جوش به فلز پایه

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



شکل ۴۷- الگوی T معکوس جوش پر شده در حالت عمودی

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



شکل ۴۸- شلف (مهره‌های بزرگ)

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).

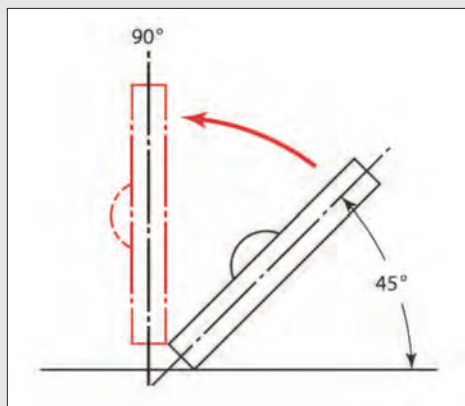
### گرده‌سازی و ایجاد خط جوش در وضعیت‌های مختلف



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

#### مراحل انجام کار:

- ۱- 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.
- ۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
- ۳- پلیت را در وضعیت افقی قرار دهید.
- ۴- جوشکاری را از انتهای پلیت شروع کرده و یک خط جوش مستقیم در طول کل پلیت ایجاد کنید.
- ۵- در حین جوشکاری به حوضچه جوش نگاه کنید (از ماسک و کلاه جوشکاری استفاده کنید).
- ۶- پلیت را سرد کنید، سپس بررسی کنید آیا عیبی در آن مشاهده می‌کنید؟
- ۷- پلیت را در زاویه ۴۵ درجه (شکل ۴۹) قرار دهید و مراحل ۳ تا ۵ را تکرار کنید.

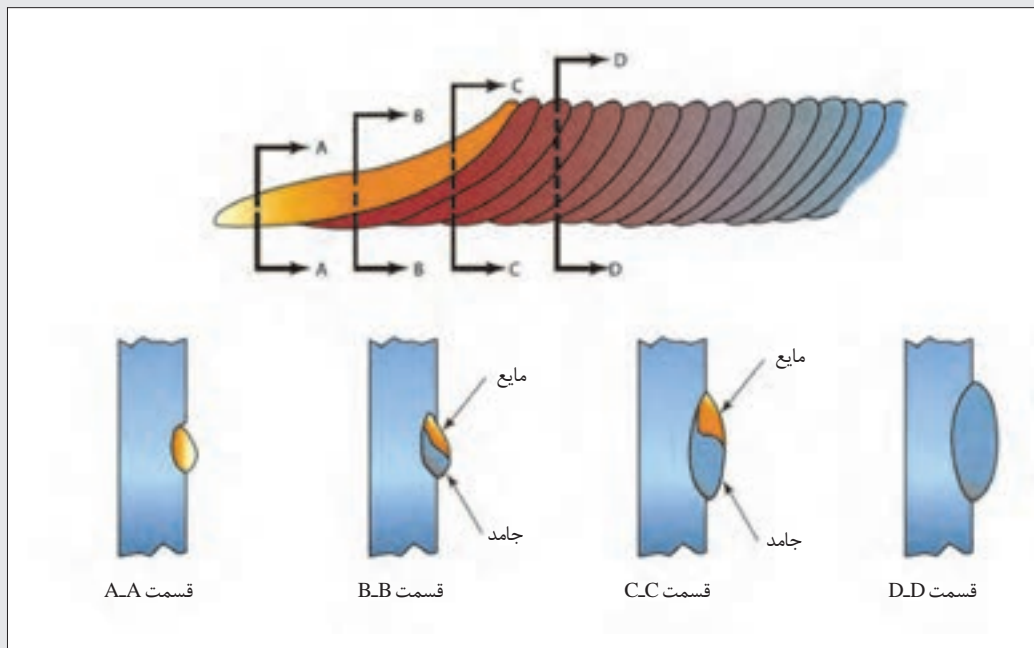


شکل ۴۹- تغییر زاویه پلیت همزمان با افزایش مهارت

۸- 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.

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

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



شکل ۵۰- نحوه حرکت دست در ایجاد خط جوش

## جوشکاری اتصال لب به لب در وضعیت تخت

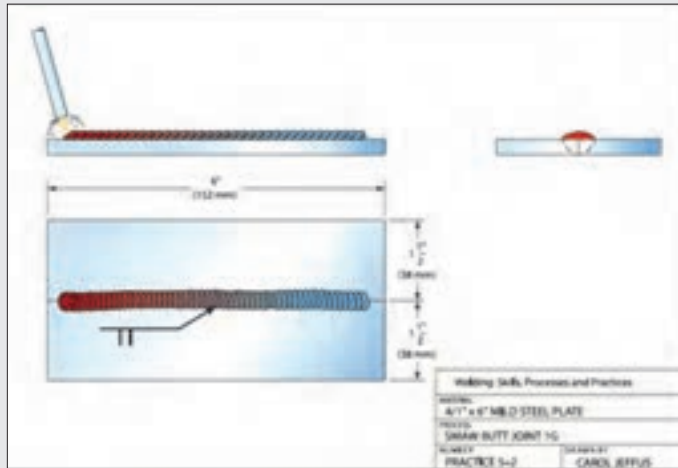
فعالیت کارگاهی



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

### مراحل انجام کار:

- ۱- تجهیزات ایمنی مورد نیاز برای کار جوشکاری که شامل ماسک یا کلاه جوشکاری، محافظ چشم و گوش، دستکش جوشکاری، لباس کار مناسب و پیش بند چرمی است را تهیه کنید و سپس تمرین مربوطه را انجام دهید.
- ۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.
- ۳- ابتدا دو پلیت را با جوش مقطعی یا خال جوش بر روی میز جوشکاری به یکدیگر به صورت جزئی متصل کنید. قوس را در دو انتهای پلیت قوس برقرار کنید و یک حوضچه جوش بین دو پلیت تشکیل دهید، الکتروود را در حوضچه نگه دارید تا اتصال برقرار شود.
- ۴- بعد از ایجاد یک پل ارتباطی بین دو پلیت به واسطه خال جوش زدن، الکتروود را به صورت موجی شکل در طول اتصال و مطابق نقشه شماره ۲ حرکت دهید تا کل طول ۱۵۲ میلی متر پلیت را جوشکاری کنید. توجه داشته باشید که حین جوشکاری نباید با سرعت الکتروود را در عرض اتصال حرکت دهید، در این صورت سرباره



نقشه شماره ۲

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

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

نکته



شکل ۵۱- عیب ایجاد شده در اثر حرکت سریع الکتروود در عرض جوش

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

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

### جوشکاری اتصال لب‌به‌لب در وضعیت عمودی

فعالیت‌کارگاهی



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

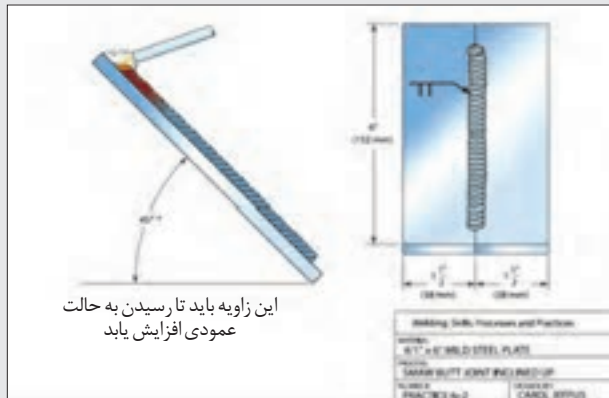
## مراحل انجام کار:

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

۲- دستگاه جوشکاری را آماده و تنظیم کنید.

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

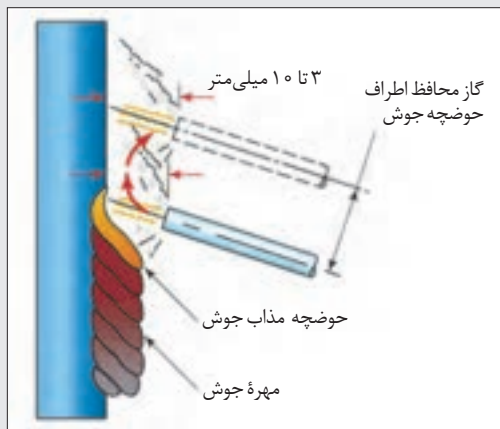
۴- جوشکاری برای ایجاد اتصال لب به لب در حالت زاویه ۴۵ درجه را با استفاده از الگوهای C و J و مطابق با نقشه شماره ۳، از انتهای لبه پایینی پلیت شروع کنید.



این زاویه باید تا رسیدن به حالت عمودی افزایش یابد

نقشه شماره ۳

همان طور که در شکل ۵۲ نشان داده شده، هنگامی که الکتروود به سمت بالای جوش حرکت می کند،



شکل ۵۲- تکنیک حرکت دست در حالت عمودی

طول قوس به آرامی افزایش می یابد که نتیجه آن ثابت ماندن نرخ رسوب فلز مذاب در ناحیه اتصال می باشد، بنابراین هنگامی که الکتروود را مجدد به سمت جوش بر می گردانید، 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 پلیت ها 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.

نکته



۵- پلیت را سرد کنید، سپس به آن نگاه کنید آیا عیبی در آن مشاهده می کنید؟ این کار را (گرده سازی و ایجاد خط جوش) آن قدر تکرار کنید تا مهارت در جوشکاری دو پلیت به صورت لب به لب در وضعیت عمودی را کسب کنید.

۶- در انتهای کار، محدوده ای که در آن در حال کار بوده اید را تمیز کنید و ته مانده های الکتروود و پلیت های جوشکاری شده را در محفظه ای که برای بازیابی در نظر گرفته شده، قرار دهید.



## ارزشیابی نهایی شایستگی جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش‌دار

**شرح کار:** آماده کردن تجهیزات جوشکاری برق شامل ترانس جوش، اتصال کابل‌های جوشکاری، اتصال انبرهای جوشکاری، آماده کردن سطح قطعات کار، انتخاب الکتروود 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 الکتروود دستی برابر WPS  
**شاخص‌ها:** اتصال صحیح تجهیزات، هم‌راستایی، میزان بودن فاصله قطعات، هم‌سطح بودن دو قطعه، تنظیم شدن جریان برابر جدول، انتخاب الکتروود برابر WPS رنگ شعله، زاویه درست، خال جوش هم اندازه، ذوب کامل خال جوش‌ها، جوش با مهره‌های منظم و گرده یکنواخت، ذوب کامل الکتروود و قطعات کار، ایجاد جوش بدون عیب، کنترل ابعاد اندازه‌ها برابر نقشه

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:** کارگاه جوشکاری الکتروود دستی استاندارد با تهویه و نور کافی مجهز به سیستم سرمایشی و گرمایشی  
**ابزار و تجهیزات:** دستگاه جوشکاری، برق، پلیت‌های فولادی، کمان اره، گیره رومیزی، انبر انتقال قطعات، الکتروود 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 جوش زدن	۱	
۴	گرده‌سازی	۲	
۵	کنترل نهایی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: استفاده از لوازم ایمنی کار فردی - رعایت ایمنی در هنگام کار با دستگاه جوشکاری - توجه به نکات زیست‌محیطی		۲
	میانگین نمرات		*

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

