

# شناخت تکنولوژی جوشکاری و روش‌های متداول آن

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
دسته بندی فرآیندهای جوشکاری از نظر ذوبی و غیرذوبی روش‌های متداول جوشکاری مورد استفاده در صنایع دسته بندی فرآیندهای جوشکاری از نظر منابع تامین کننده انرژی نقاط قوت و ضعف روش‌های متداول جوشکاری مورد استفاده در صنایع نمایش فیلم در رابطه با فرآیندهای جوشکاری	نظری	۵
	عملی	-

- ۱ فرآیندهای جوشکاری را دسته بندی کند.
- ۲ ویژگی‌های اصلی فرآیندهای جوشکاری ذوبی و غیرذوبی را بیان کند.
- ۳ منابع تامین کننده انرژی را در فرآیندهای متداول جوشکاری بیان نماید.
- ۴ نقاط قوت و ضعف یا مزیت‌ها و محدودیت‌های فرآیندهای متداول جوشکاری را توضیح دهد.
- ۵ فرآیندهای رایج جوشکاری قوسی در صنعت را نام ببرد.
- ۶ ابزار و تجهیزات مورد استفاده در فرآیندهای متداول جوشکاری را معرفی کند.
- ۷ ویژگی‌های مهم فرآیندهای جوشکاری قوسی متداول را بیان کند.

## نمونه سؤالات پیش آزمون

۱- جوشکاری جزء کدام نوع اتصالات قرار دارد؟

- ☐ الف) موقت      ☐ ب) دائم  
☐ ج) بستگی به نوع فرآیند دارد.      ☐ د) هیچ کدام

۲- علت اینکه سطوح تماس دو قطعه قبل از جوشکاری باید عاری از اکسید و زنگ باشد چیست؟

- ☐ الف) جریان برق عبور کند.      ☐ ب) فلز ذوب شود.  
☐ ج) ناخالصی در جوش ایجاد نگردد.      ☐ د) فلز جوش براق باشد.

۳- در فرآیندهای جوشکاری برای ذوب کردن لبه‌های قطعه کار از چه نوع انرژی می‌توان استفاده کرد؟

- ☐ الف) گاز سوختی      ☐ ب) قوس الکتریکی  
☐ ج) اشعه لیزر      ☐ د) تمام موارد

۴- آیا برای اتصال فلزات غیر هم‌جنس می‌توان از فرآیندهای جوشکاری استفاده کرد؟

- ☐ الف) بلی      ☐ ب) خیر

۵- چه چیزی باعث اتصال و پیوستگی قطعات در جوشکاری می‌شود؟ (شرح در سه سطر)

۶- نام دو فرآیند جوشکاری را بنویسید؟

- ۱-      ۲-

۷- برای جوشکاری ذوبی از چه انرژی‌هایی می‌توان استفاده کرد؟

- ۱-      ۲-      ۳-      ۴-

۸- چرا کابل‌هایی که به دستگاه جوشکاری اتصال می‌دهیم، قطور هستند؟ (جواب در یک سطر)

۹- چرا در جوشکاری قوسی، از ماسک مخصوص استفاده می‌شود؟ (جواب در یک سطر)

۱۰- چرا در جوشکاری، محافظت از حوضچه مذاب لازم است؟ (جواب در دو سطر)

۱۱- آیا در جوشکاری می‌توان هم از جریان متناوب و هم از جریان مستقیم استفاده کرد؟

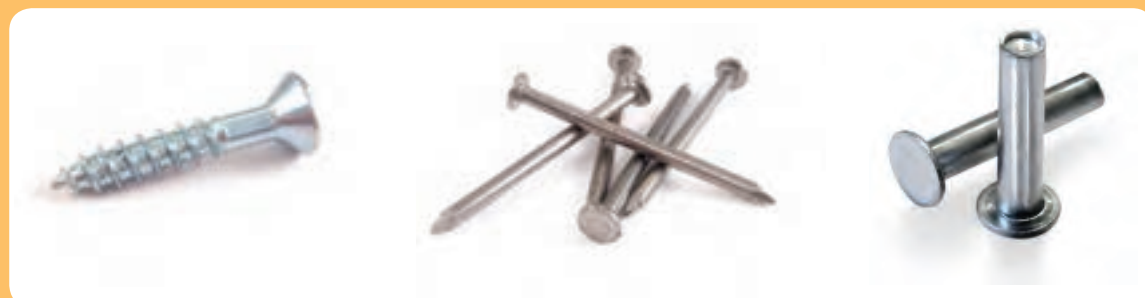
☐ ب) خیر

☐ الف) بلی

## ۲-۱ مقدمه

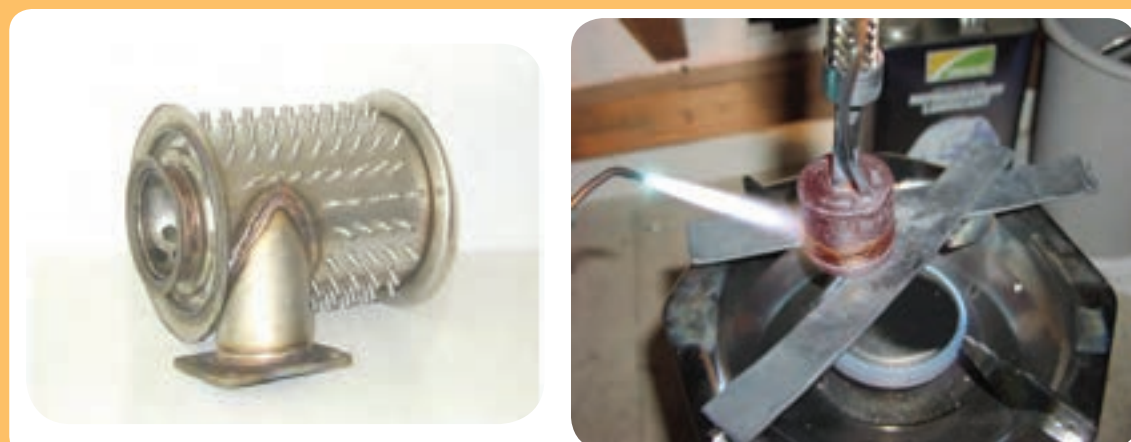
فرآیندهای اتصال مواد صنعتی (فلزی، پلیمری و سرامیکی) را می‌توان مطابق شکل (۲-۱) به دو دسته اصلی تقسیم کرد.

شکل (۲-۱)



الف) اتصال موقت - مثل: چسب، میخ، پرچ و پیچ

شکل (۲-۱)



ب) اتصال دائم - مثل: جوشکاری و لحیم‌کاری

تقسیم بندی کلی روش‌های متداول اتصال در مواد صنعتی

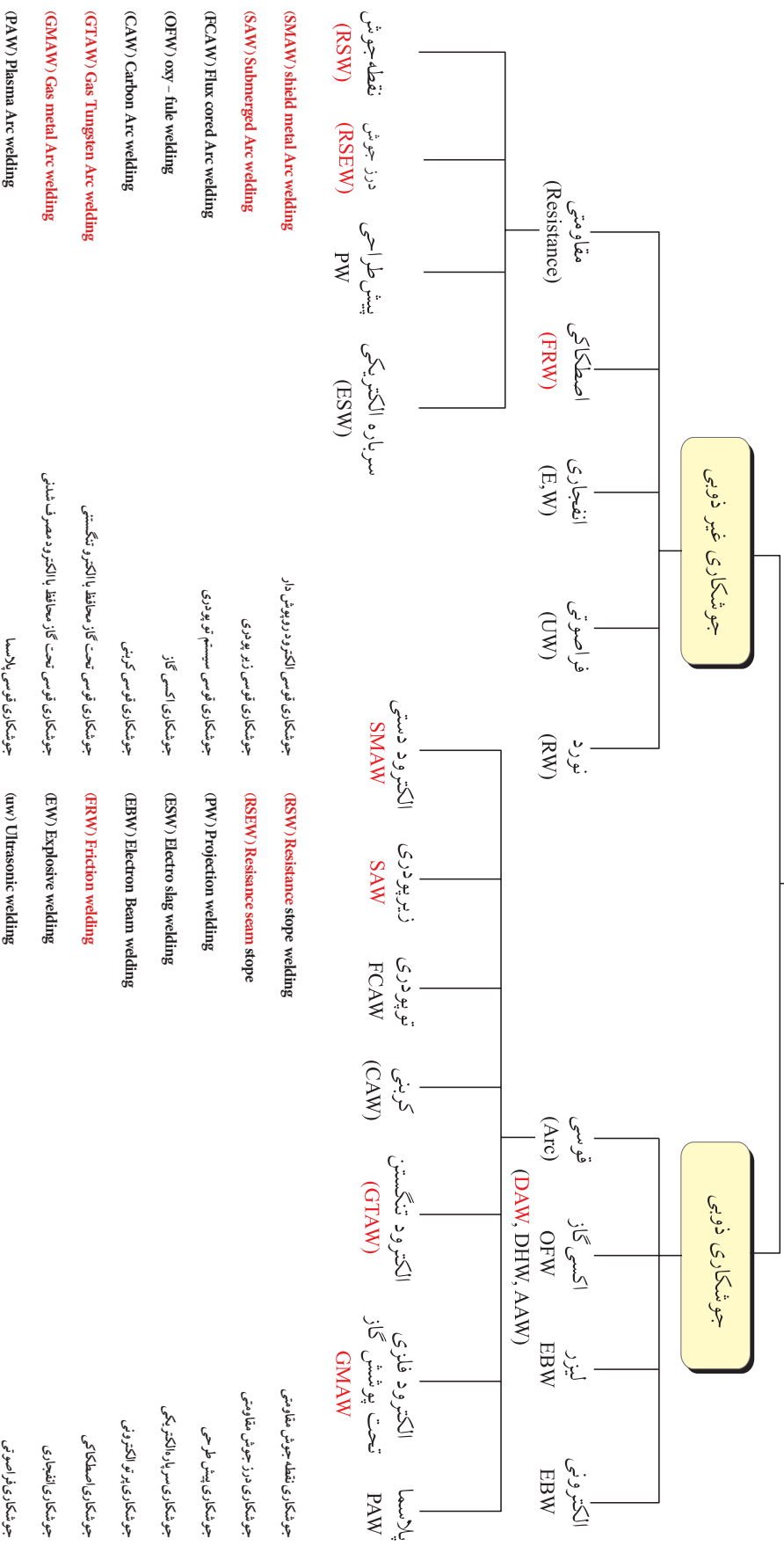
اگرچه هنوز هم تمام روش‌های مذکور در صنایع مختلف کاربرد دارند، ولی اختراع روش جوشکاری توانست تحول بزرگی در اتصال مواد ایجاد کند. در حال حاضر فرآیندهای جوشکاری به عنوان روشی قابل اعتماد، مؤثر، پرکاربرد و اقتصادی برای اتصال مواد صنعتی، به‌خصوص فلزات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۲-۲- فرآیندهای جوشکاری

تعریف: در حالت کلی حذف فاصله بین اتم‌های دو قطعه در محل تماس به منظور ایجاد جاذبه بین اتم‌های آن‌ها را جوشکاری می‌گویند.

براین اساس روش‌های مختلف جوشکاری مطابق نمودار (۱-۲) به دو دسته کلی شامل: فرآیندهای جوشکاری ذوبی و غیرذوبی تقسیم‌بندی می‌شوند که در این نمودار موارد مهم و متداول جوشکاری مورد استفاده در صنعت به صورت رنگی آمده است. در فرآیندهای جوشکاری ذوبی لبه‌های دو قطعه ذوب می‌شوند و با مذاب حاصل از الکتروود یا فلز پرکننده درز، مخلوط شده و پس از انجماد موجب اتصال دو قطعه می‌گردد. ولی در فرآیندهای جوشکاری غیرذوبی لبه‌های دو قطعه در تماس با هم ذوب نمی‌شود، بلکه به طور معمول نیروی فشار مکانیکی سبب حذف فاصله اتم‌ها در محل تماس و اتصال آنها می‌گردد.

## فرآیندهای جوشکاری

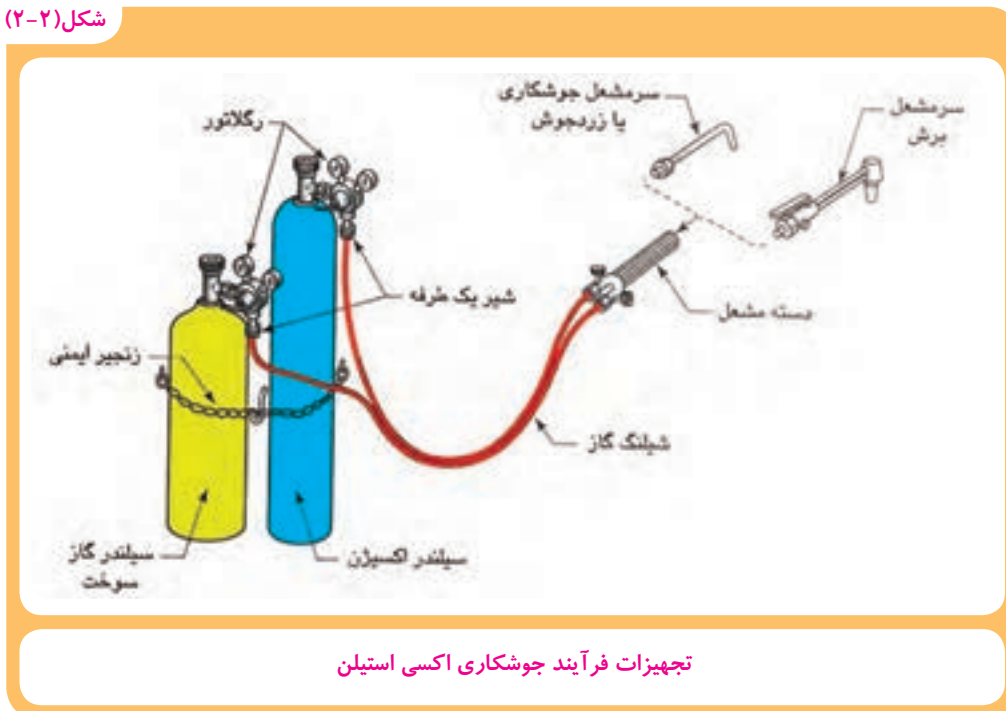


نمودار ۱-۲ روش های متداول جوشکاری در صنعت

## ۱-۲-۲ جوشکاری اکسی استیلن (OAW)

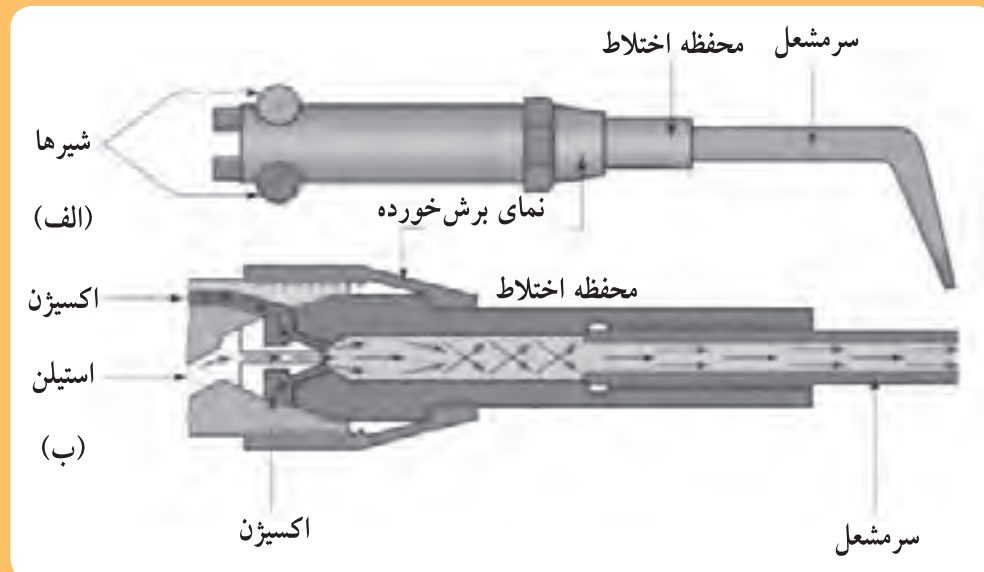
جوشکاری اکسی استیلن فرآیندی است که از انرژی حرارتی ناشی از سوختن یک گاز سوختنی مثل استیلن برای ذوب کردن درز اتصال و سیم جوش فلزی بدون روپوش استفاده می‌شود. در شکل (۲-۲) تجهیزات جوشکاری اکسی استیلن مثل: کپسول اکسیژن، کپسول استیلن، مشعل جوشکاری، رگلاتور، شیلنگ و اتصالات مربوط به آن نشان داده شده است. در کپسول‌ها گاز اکسیژن و استیلن به صورت فشرده وجود دارد. فشار گازها توسط رگلاتورها کاهش یافته و تنظیم می‌شود و از طریق دو شیلنگ لاستیکی به طرف مشعل هدایت می‌شوند. علاوه بر سهراهی و رگلاتور، شیر یک طرفه نیز در مسیر گازها نصب می‌شود تا مانع از برگشت گاز و شعله به طرف کپسول شود.

شکل (۲-۲)



هم‌چنین مطابق شکل (۲-۳) روی دسته مشعل جوشکاری یا برشکاری اکسی‌استیلن شیرهای کنترل جریان گاز وجود دارد که مقدار جریان گاز خروجی به طرف سرمشعل را کنترل می‌کنند. مشعل‌های جوشکاری و برشکاری حرارتی دارای محفظه‌ای به منظور مخلوط شدن گازها می‌باشند که در قسمت ب نشان داده شده است. سرمشعل نیز همگرا است که باعث تمرکز شعله و گرما در سطح کوچکی از محل درز اتصال دو قطعه می‌شود. این موضوع سبب می‌شود تا سریع‌تر به درجه حرارت ذوب برسیم.

شکل (۲-۳)



الف: اجزاء مشعل اکسی‌استیلن      ب: نمایش بخش مخلوط کننده گاز در مشعل

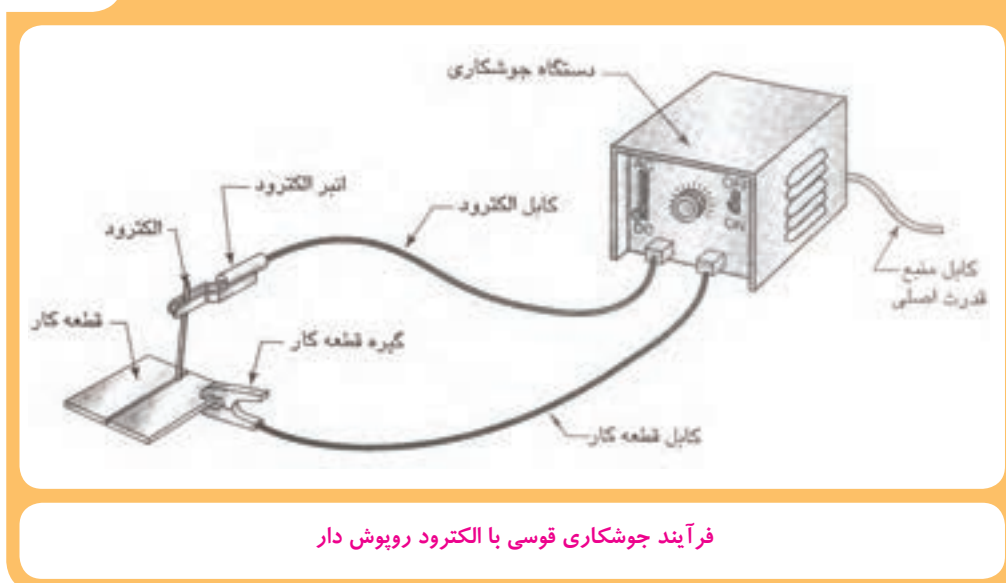
اجزا مختلف مشعل در فرآیند جوشکاری اکسی‌استیلن



## ۲-۲-۲ جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار (SMAW)

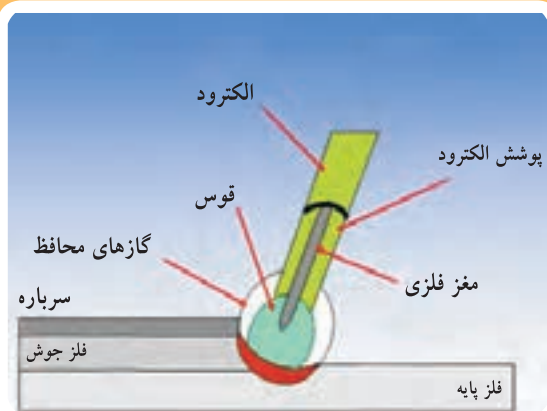
در فرآیند جوشکاری قوس الکتروود دستی از الکتروود فلزی روپوش دار برای انتقال جریان الکتریکی و تشکیل قوس استفاده می‌شود به طوری که قوس در فاصله بین نوک الکتروود و قطعه کار تشکیل می‌شود. شکل (۲-۴) فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار را نشان می‌دهد.

شکل (۲-۴)



فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود روپوش دار

شکل (۲-۵)



منطقه قوس در فرآیند جوشکاری با الکتروود روپوش دار و تشکیل فلز جوش

قوس الکتریکی، حرارت کافی برای ذوب کردن منطقه کوچکی از سطح فلز پایه و الکتروود را تأمین می‌کند. فلز مذاب الکتروود از میان قوس به حوضچه مذاب روی فلز پایه انتقال می‌یابد و در آنجا با فلز پایه مخلوط می‌شود. با دور شدن قوس از محل حوضچه مذاب، مخلوط فلز مذاب ناشی از الکتروود و فلز پایه شروع به سرد شدن و انجماد می‌نماید و اتصال کامل می‌شود.

روپوش الکتروود ضمن تولید گازهای محافظ جهت محافظت از قوس و حوضچه مذاب، سرباره سازی هم می‌کند. شکل (۲-۵) منطقه قوس را در فرآیند جوشکاری با الکتروود روپوش دار نشان می‌دهد.

شکل (۶-۲)



دستگاه فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود روپوش‌دار

جوشکاری با الکترود روپوش‌دار رایج‌ترین فرآیند جوشکاری است. زیرا به دلیل استفاده از تجهیزات نسبتاً ساده و ارزان از قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی نیز برای کاربردهای مختلف برخوردار می‌باشد.

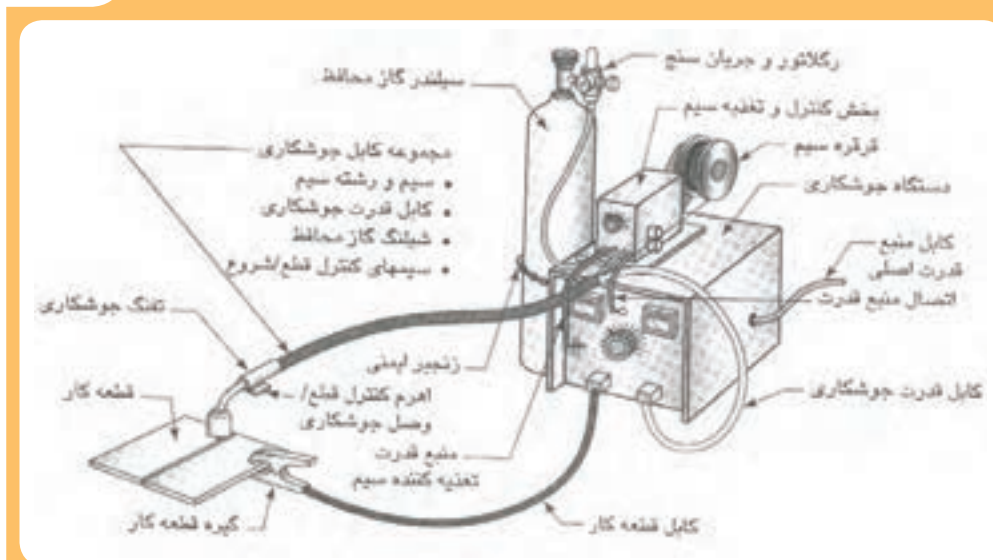
به‌طوری‌که در جوشکاری اکثر فلزات به‌خصوص فولادهای ساختمانی کاربرد فراوانی دارد. این روش در صنایع به نام‌های جوشکاری برق، الکترود دستی یا قوس الکترود دستی نیز شناخته می‌شود.

شکل (۶-۲) دستگاه فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود روپوش‌دار را همراه با کابل‌های اتصال نشان می‌دهد.

### ۳-۲-۲ جوشکاری قوسی با الکترود فلزی تحت پوشش گاز محافظ<sup>۱</sup> (GMAW)

در فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود مصرفی تحت پوشش گاز محافظ که در شکل (۷-۲) تجهیزات و چگونگی انجام جوشکاری نشان داده شده است، به جای الکترود روپوش‌دار از الکترود بدون روپوش استفاده می‌شود. برای جلوگیری از آسیب دیدن به مذاب فلز جوش به دلیل اثرات سوء اتمسفر (اکسیژن و ازت)، یک گاز کم اثر یا بی‌اثر در فضای قوس و اطراف حوضچه مذاب جایگزین اتمسفر می‌گردد گاز محافظ از طریق کپسول و لوله‌های انتقال به آرامی به اطراف قوس هدایت شده و حفاظت مناسب را ایجاد می‌کند.

شکل (۷-۲)



فرآیند جوشکاری قوسی با الکترود مصرفی تحت پوشش گاز محافظ

شکل (۸-۲)



دستگاه فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود فلزی  
تحت پوشش گاز محافظ

در این فرآیند چنانچه گاز محافظ، خنثی یا بی‌اثر باشد مثل: گاز آرگون یا هلیوم به آن روش <sup>۱</sup>MIG می‌گویند و اگر از گاز نیمه فعال مانند  $CO_2$  استفاده شود به آن روش <sup>۲</sup>MAG می‌گویند. در جوشکاری بعضی از فلزات مانند آلومینیم و فولاد زنگ‌نزن که در مقابل اتمسفر حساسیت زیادی دارند از گازهای بی‌اثر مانند: آرگون و هلیوم و یا مخلوط آنها استفاده می‌شود و در سایر موارد از گاز محافظ کم‌اثر (نیمه فعال) مانند:  $CO_2$  و یا مخلوط آرگون و اکسیژن استفاده می‌شود. گاز محافظ از کپسول به کمک رگلاتور و شیلنگ به مشعل جوشکاری منتقل می‌شود. دستگاه جوشکاری یک رکتیفایر (ترانسفورماتور همراه با یکسوکننده) است که با برق شهر کار می‌کند و جریان لازم را برای جوشکاری تامین می‌کند که توسط کابل به مشعل جوشکاری (تورچ) هدایت می‌شود.

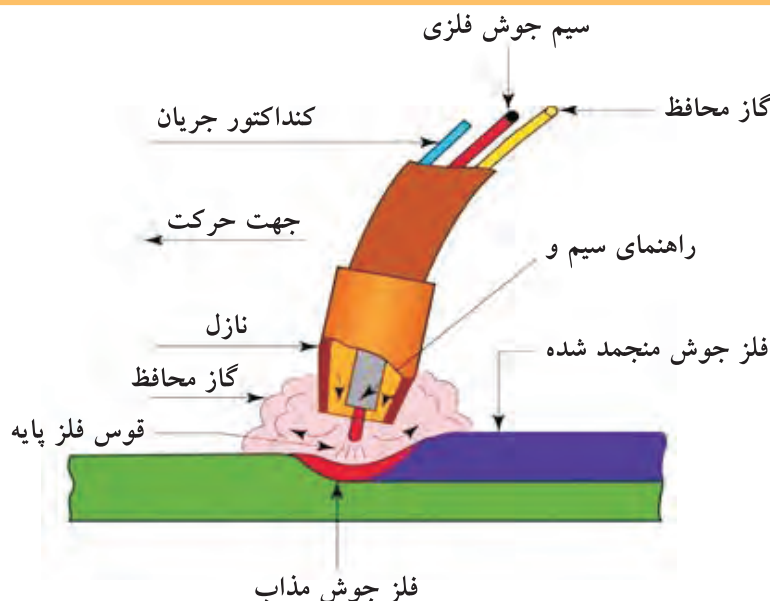
شکل (۸-۲) تجهیزات فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود فلزی تحت پوشش گاز محافظ را نشان می‌دهد.

۱- Metal Inert Gas

۲- Metal Active Gas

در این فرآیند جوشکاری، الکتروود لخت یا سیم‌جوش که به طور مداوم از قرقره به طرف تورچ جوشکاری هدایت می‌شود؛ ضمن برقراری قوس با سطح قطعه کار، ذوب می‌شود. هم‌چنین در اثر گرمای قوس سطح قطعه کار در محل اتصال نیز به صورت موضعی ذوب می‌شود و از اختلاط مذاب حاصل از سیم جوش و قطعه کار، فلز جوش ایجاد می‌شود. شکل (۹-۲) منطقه ایجاد قوس و تشکیل حوضچه مذاب را که نشان‌دهنده تشکیل فلز جوش است و نیز چگونگی ایفای نقش حفاظتی گاز محافظ را نشان می‌دهد.

شکل (۹-۲)



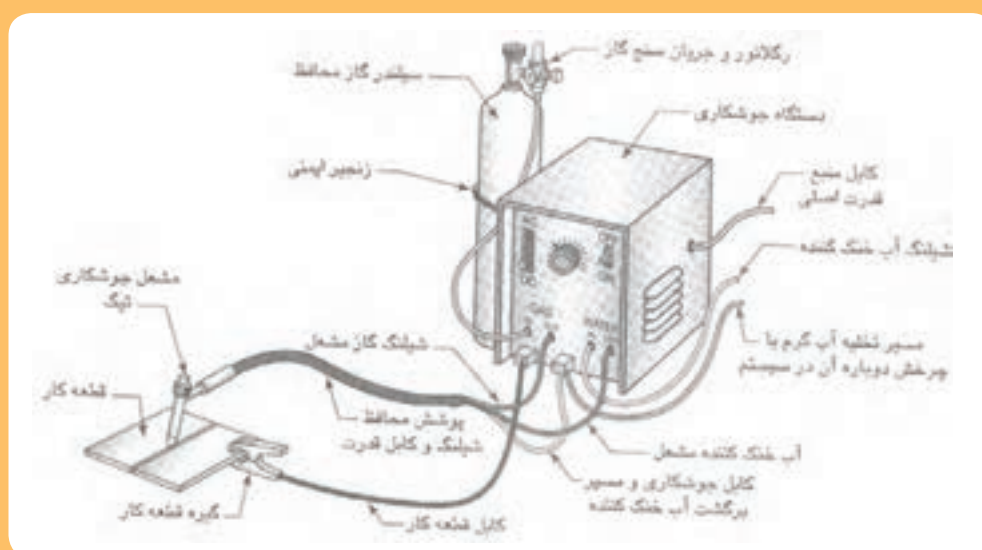
منطقه ایجاد قوس و تشکیل فلز جوش در فرآیند جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ

این روش جوشکاری بدلیل تداوم جوشکاری و عدم توقف ناشی از تعویض الکتروود به صورت اتومات و با استفاده از ربات‌ها در صنایع مختلف مثل: اتومبیل سازی، واگن سازی، کشتی سازی و سایر سازه‌های فلزی کاربرد وسیعی دارد.

## ۴-۲-۲ جوشکاری قوسی با الکتروود تنگستن تحت پوشش گاز خنثی (TIG)

این فرآیند یکی دیگر از فرآیندهای جوشکاری قوسی است که در آن قوس بین الکتروود غیرمصرفی دیرذوب مانند تنگستن و قطعه کار برقرار می‌گردد و باعث ذوب فلز پایه و ایجاد حوضچه مذاب روی قطعه کار می‌شود، اصول کلی این فرآیند جوشکاری در شکل (۱۰-۲) نشان داده شده است.

شکل (۱۰-۲)



اصول فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود تنگستن

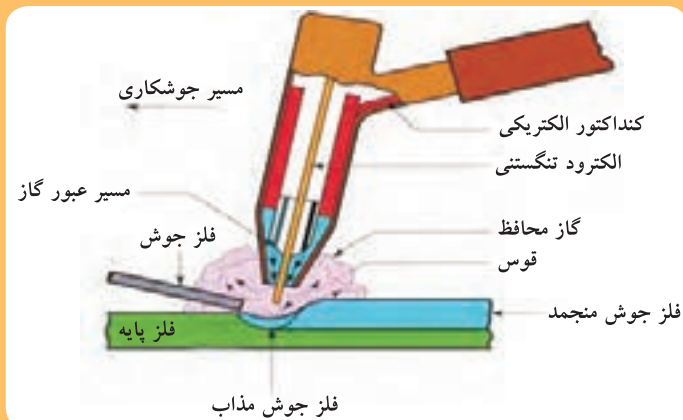
شکل (۱۱-۲)



دستگاه فرآیند جوشکاری قوسی با الکتروود تنگستنی تحت پوششی گاز خنثی

در این فرآیند جوشکاری مطابق شکل (۱۱-۲) منبع تغذیه یک رکتیفایر تولیدکننده جریان مستقیم (DC) است که با برق شهر تغذیه شده و جریان مناسب جوشکاری را تامین می‌کند. گاز محافظ خنثی نیز از کپسول توسط رگلاتور و شیلنگ‌های مخصوص به طرف تورچ جوشکاری هدایت می‌شود

شکل (۲-۱۲)



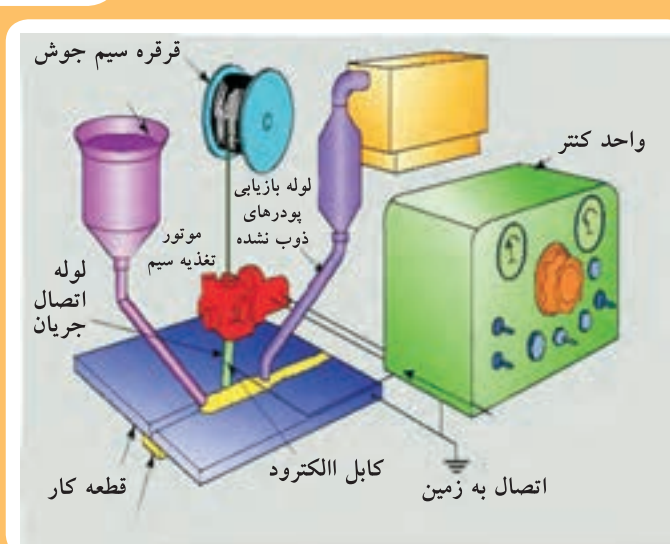
منطقه ایجاد قوس و تشکیل فلز جوش در فرآیند جوشکاری TIG

شکل (۲-۱۲) منطقه ایجاد قوس و تشکیل فلز جوش را نشان می‌دهد. در این فرآیند جوشکاری حفاظت از قوس و حوضچه مذاب توسط گاز محافظ خنثی (بی‌اثر) مثل آرگون یا هلیوم صورت می‌گیرد. فلز پرکننده یا سیم جوش، سیم نازکی است که از سمت دیگر با دست یا به‌طور اتومات وارد حوضچه مذاب شده و ذوب می‌گردد.

فلز جوش از امتزاج مذاب فلز حاصل از ذوب شدن لبه‌های کار و ذوب شدن سیم جوش ایجاد می‌گردد. هم‌چنین برای حفاظت حوضچه مذاب و نوک داغ الکتروود تنگستن از گازهای محافظ خنثی مثل: هلیوم و آرگون و یا مخلوط آنها استفاده می‌شود. از ویژگی‌های مهم این فرآیند جوشکاری تشکیل فلز جوش با کیفیت بالا می‌باشد.

## ۲-۲-۵ جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)

شکل (۲-۱۳)



تجهیزات و اصول کلی فرآیند جوشکاری قوس زیرپودری

جوشکاری قوس زیرپودری یک فرآیند جوشکاری ذوبی است که حرارت لازم برای جوشکاری توسط قوس ایجاد شده بین قطعه کار و سیم جوشی که به‌صورت پیوسته تغذیه می‌گردد در زیر توده پودر محافظ ایجاد می‌شود. شکل (۲-۱۳) اصول کلی اجرای این فرآیند جوشکاری را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۱۴)



اتصال دو لوله فولادی با استفاده از فرآیند جوشکاری زیر پودری

در این فرآیند حوضچه مذاب جوش بوسیله یک لایه ضخیم از پودر با دانه‌های نسبتاً ریز پوشیده می‌شود. بنابراین عمل حفاظت حوضچه مذاب در این فرآیند برعهده دانه‌های نسبتاً ریز و مواد تشکیل دهنده پودر است که در حین جوشکاری بخشی از آن ذوب می‌شود و باعث تشکیل سرباره روی فلز مذاب جوش می‌گردد و بقیه جمع‌آوری می‌شود و مجدداً استفاده می‌شود.

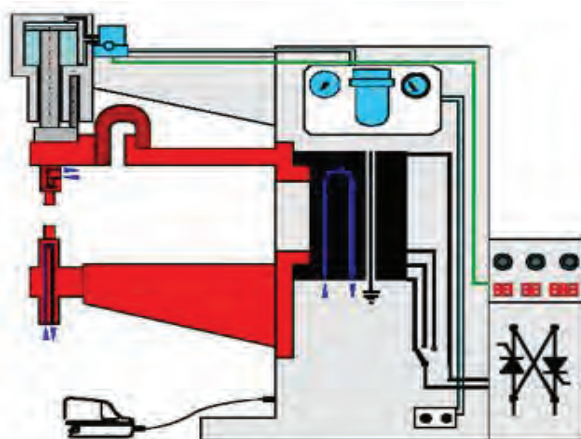
شکل (۲-۱۴) اجرای جوشکاری روی لوله فولادی قطور را با استفاده از این فرآیند جوشکاری نشان می‌دهد. از فرآیند جوشکاری قوس زیرپودری بیشتر برای جوشکاری قطعات ضخیم، خط جوش‌های طولی مثل صنایع لوله‌سازی، کشتی‌سازی، جوشکاری اسکلت‌های فلزی و ساخت مخازن استفاده می‌شود. هم‌چنین به دلیل لزوم وجود پودر در محل جوش اجرای جوشکاری محدود به حالت سطحی یا افقی می‌باشد.

## ۲-۲-۶ جوشکاری مقاومتی<sup>۱</sup> (RW)

فرآیند جوشکاری مقاومتی جزء فرآیندهای جوشکاری غیر ذوبی است که لبه‌های قطعه کار در حین جوشکاری در اثر مقاومت الکتریکی ذوب نمی‌شود.

شکل (۲-۱۵) تصویر شماتیک از دستگاه جوشکاری نقطه جوش را نشان می‌دهد.

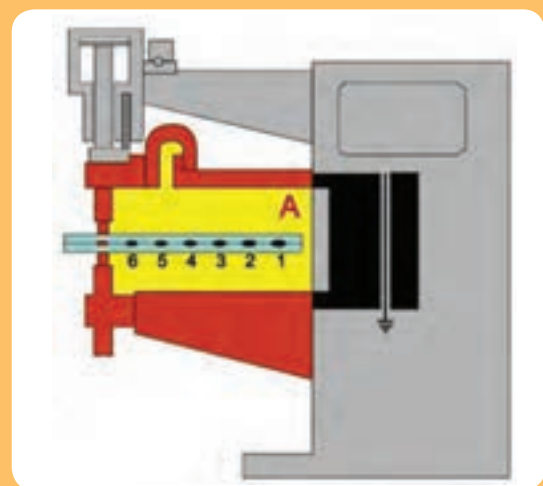
شکل (۲-۱۵)



دستگاه جوشکاری نقطه جوش هوا خنک

در این فرآیند، اتصال دو سطح در اثر حرارت ناشی از اعمال جریان الکتریکی و فشار مکانیکی به صورت هم زمان ایجاد می‌شود. بالا بودن مقاومت الکتریکی و عبور جریان الکتریسیته در محل تماس دو سطح باعث گرم شدن و خمیدگی گردیدن محل تماس دو ورق می‌شود. سپس فشار لازم نیز از طریق الکترودها به محل اتصال وارد می‌شود و فصل مشترک که در اثر عبور جریان برق با آمپر زیاد خمیری شده را درهم ادغام می‌کند.

شکل (۲-۱۶)

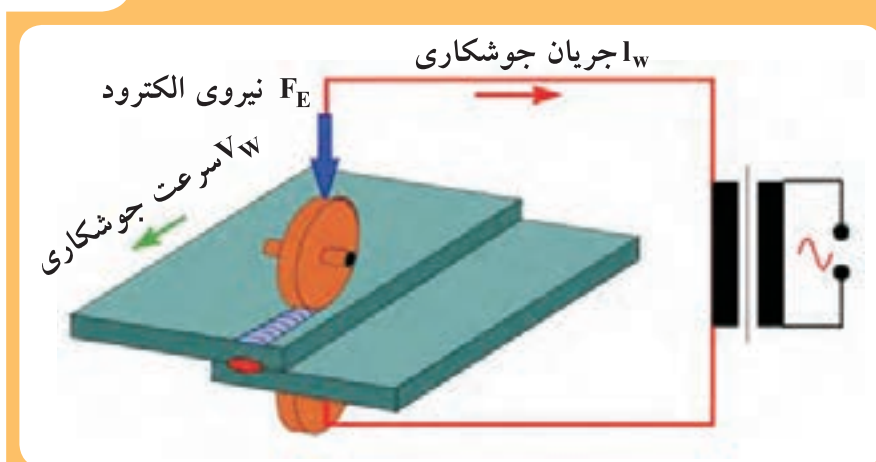


اجرای جوشکاری نقطه‌ای و اتصال دو ورق فلزی

فرآیند جوشکاری مقاومتی به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که جوشکاری نقطه‌ای متداول‌ترین آن است. در شکل (۲-۱۶) چگونگی ایجاد اتصال و نقطه جوش‌های ایجاد شده بین دو ورق فلزی به کمک دستگاه جوشکاری نقطه‌ای نشان داده شده است.

هم‌چنین برای اتصال پیوسته لبه ورق‌های فلزی، به کمک فرآیند جوشکاری مقاومتی می‌توان از دستگاه جوشکاری مقاومتی درزی، مطابق شکل (۲-۱۷) استفاده کرد. در اینجا از الکترودهای غلتکی شکل استفاده می‌شود که ضمن اعمال فشار، جریان برق با آمپر بالا را به قطعه کار هدایت می‌کنند.

شکل (۲-۱۷)



اجرای درز جوش روی دو ورق فلزی



شکل (۱۸-۲)



دستگاه جوشکاری مقاومتی درزی جهت اتصال پیوسته لبه  
ورق‌های فلزی

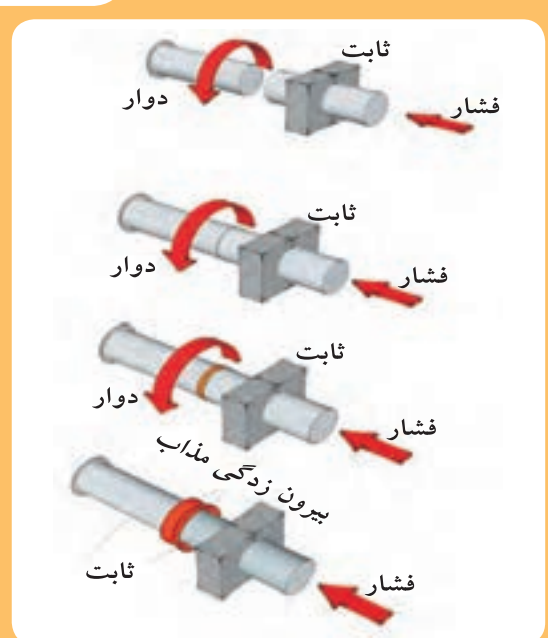
اجرای جوشکاری مقاومتی از سرعت بالایی برخوردار است و در این فرآیند از ماده مصرفی مثل: سیم جوش یا الکتروود مصرفی استفاده نمی‌شود. هم‌چنین فرآیند جوشکاری مقاومتی از قابلیت اتوماسیون بالایی برخوردار می‌باشد و برای جوشکاری ورق‌های بسیار نازک و متوسط عملکرد خوبی دارد. شکل (۱۸-۲) دستگاه جوشکاری مقاومتی درزی را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است جوشکاری قطعات بسیار ضخیم و موادی که قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی بالایی دارند مثل: مس و آلومینیوم با این فرآیند مشکل‌تر است. فرآیند جوشکاری مقاومتی در صنایع خودروسازی، کابینت‌سازی، لوازم خانگی کاربرد وسیعی دارد.

## ۷-۲-۲ جوشکاری اصطکاکی<sup>۱</sup> (FW)

اساس فرآیند جوشکاری اصطکاکی در شکل (۲-۱۹) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، ابتدا یکی از قطعات توسط نیروی مکانیکی در جهت فلش به گردش در می‌آید و قطعه دیگر توسط گیره محکم گرفته می‌شود و حرکت ندارد. سپس در اثر تماس فصل مشترک دو قطعه با یکدیگر و وجود اصطکاک بین سطوح تماس، حرارت تولید می‌شود. گرمای تولید شده توسط اصطکاک سطوح تماس را به حالت خمیری درآورده و در نهایت، اعمال فشار همراه با قطع گردش دورانی موجب اتصال دو قطعه به هم می‌شود.

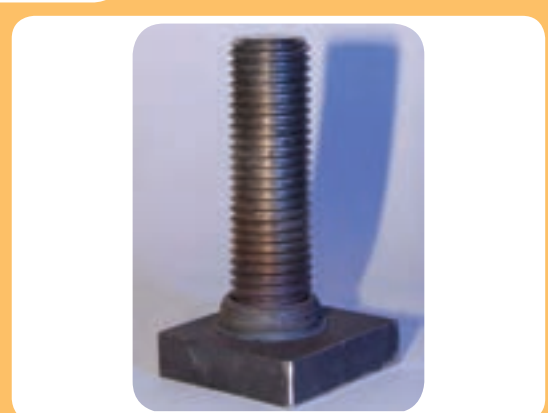
شکل (۲-۱۹)



مراحل اجرای فرآیند جوشکاری اصطکاکی

در شکل (۲-۲۰) میله رزوه شده‌ای که به روش جوشکاری اصطکاکی به یک قطعه فلز تخت جوش داده شده است مشاهده می‌شود.

شکل (۲-۲۰)



نمونه قطعه جوشکاری شده به روش اصطکاکی

## تمرین و تحقیق:

یک جدول به شرح زیر رسم کنید؛

ویژگی‌ها و دامنه کاربرد فرآیندهای جوشکاری مذکور در جدول زیر را با هم مقایسه کنید.

ردیف	فرآیند جوشکاری	ویژگی‌ها	دامنه کاربرد
۱	الکتروود دستی		
۲	MIG/MAG		
۳	TIG		
۴	زیر پودری		
۵	مقاومتی		
۶	اصطکاکی		

### ۲-۳ لحیم کاری<sup>۱</sup>

در این روش مذاب فلز با نقطه ذوب کمتر نسبت به فلزات پایه در حد فاصل بین لبه‌های دو قطعه جاری شده و فاصله بین آنها را پر می‌کند. بنابراین مذاب پس از منجمد شدن به صورت ماده واسطه سبب ایجاد جاذبه بین ذرات دو فلز می‌شود که به این روش لحیم کاری می‌گویند. لحیم کاری به دو صورت انجام می‌شود؛ یکی لحیم کاری نرم که توسط هویه مطابق شکل (۲-۲۱) صورت می‌گیرد.



ابزار لحیم کاری نرم

نوع دیگر لحیم کاری، لحیم کاری سخت است که از مذاب فلزات با دمای ذوب بالاتر استفاده می‌شود و به طور معمول توسط شعله انجام می‌شود شکل (۲-۲۲). در اینجا برای اینکه ماده مذاب لحیم به طور کامل در درز اتصال جاری شود، قطعه کار را قبل از ریختن مذاب لحیم، حرارت می‌دهند تا مذاب بهتر و راحت تر درز اتصال را پر کند.

شکل (۲-۲۲)




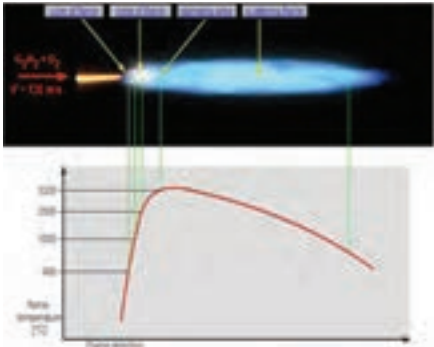
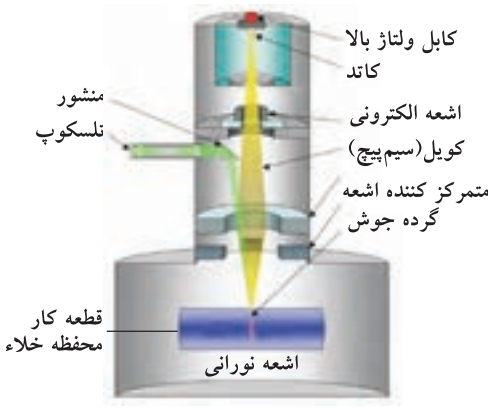
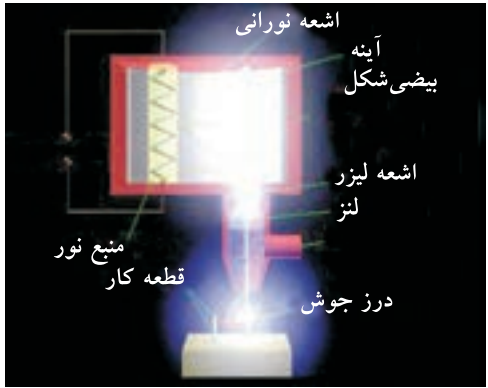
اجرای لحیم کاری سخت

## ۴-۲ منابع تأمین انرژی در جوشکاری

در روش‌های جوشکاری برای گرم کردن یا ذوب کردن محل تماس دو قطعه و ادغام ذرات دو قطعه در هم از انرژی‌های مختلف استفاده می‌شود که در جدول (۲-۲) منابع انرژی مربوط به فرآیندهای رایج جوشکاری آمده است.

جدول (۲-۲) منابع انرژی مربوط به فرآیندهای رایج جوشکاری			
ردیف	نوع انرژی	فرآیند جوشکاری	تصویر فرآیند
۱	انرژی الکتریکی	<p><b>جوشکاری قوسی</b></p> <p>ایجاد قوس الکتریکی بین الکترود و قطعه کار سبب ایجاد گرمای لازم برای ذوب شدن لبه‌ها در محل تماس قطعه‌های کار و اتصال آنها می‌شود.</p>	
		<p><b>جوشکاری مقاومتی</b></p> <p>مقاومت الکتریکی بین دو قطعه باعث گرم شدن (خمیری شدن) محل تماس شده و اعمال نیروی مکانیکی از طرفین موجب، جوش خوردن دو قطعه به هم می‌شود.</p>	
۲	انرژی مکانیکی	<p><b>جوشکاری اصطکاکی</b></p> <p>در اینجا اصطکاک و اعمال نیروی مکانیکی نقش اساسی در ایجاد اتصال قطعات فلزی ایفا می‌نماید.</p>	
		<p><b>جوشکاری مقاومتی</b></p> <p>اعمال نیروی مکانیکی از طرف الکترودها نقش اساسی در ایجاد نقطه جوش و اتصال قطعات فلزی ایفا می‌نماید.</p>	

ادامه‌ی جدول (۲-۲) منابع انرژی مربوط به فرآیندهای رایج جوشکاری

	<p><b>جوشکاری ترمیت</b></p> <p>گرمای لازم از انرژی حرارتی ناشی از واکنش بین پودر یک فلز فعال با اکسید آهن تامین می‌شود.</p>	<p>انرژی شیمیایی</p>	<p>۳</p>
	<p><b>جوشکاری اکسی استیلن</b></p> <p>گرمای لازم جهت ذوب کردن لبه‌ها و سیم جوش از انرژی حرارتی ناشی از سوختن گاز استیلن با اکسیژن تامین می‌شود.</p>	<p>انرژی شیمیایی</p>	<p>۳</p>
	<p><b>جوشکاری پرتو الکترونی</b></p> <p>در این فرآیند انرژی لازم برای ذوب لبه‌های قطعه کار از برخورد یک باریکه الکترونی به محل اتصال تامین می‌شود.</p>	<p>انرژی پرتو الکترونی</p>	<p>۴</p>
	<p><b>جوشکاری لیزر</b></p> <p>شتاب دادن فوتون‌های نوری در یک دستگاه مخصوص و برخورد نور شتاب داده شده با سطح قطعه کار موجب ایجاد گرما، ذوب و اتصال لبه‌های قطعه کار می‌شود.</p>	<p>انرژی نورانی</p>	<p>۵</p>

## ۵-۲ نقاط قوت و ضعف فرآیندهای متداول جوشکاری

هر یک از فرآیندهای جوشکاری دارای یک سری ویژگی‌های مخصوص به خود می‌باشند که این قابلیت‌ها و خصوصیات باعث می‌شوند در شرایط خاص هر کدام از آنها به عنوان اولویت نخست برای انجام جوشکاری مطرح شوند. لذا در جدول (۲-۳) مقایسه نقاط قوت و ضعف فرآیندهای جوشکاری قوسی متداول آورده شده است.

جدول (۲-۳) مقایسه نقاط قوت و ضعف فرآیندهای جوشکاری متداول در صنعت		
فرآیند جوشکاری	نقاط قوت	نقاط ضعف
الکترو د دستی	۱- تجهیزات آن ارزان و پیچیدگی زیادی ندارد. ۲- در اکثر محل‌ها و حتی مناطقی که شبکه برق رسانی وجود ندارد امکان پذیر است. ۳- در فضای باز قابل اجرا است.	۱- سرعت جوشکاری پایین است. ۲- تمرکز حرارت قوس جوشکاری پایین است، در نتیجه تلفات حرارتی زیاد است. ۳- هدر رفتن زمان در موقع تعویض الکترود ۴- بخشی از الکترود جوشکاری (قسمت‌های انتهای الکترود) دور زیر می‌شود ۵- قابلیت اتومات شدن ندارد. ۶- به دلیل وجود سرباره لازم است، بعد از اجرای هر پاس جوشکاری، عملیات تمیزکاری صورت پذیرد.
MIG/MAG	۱- سرعت جوشکاری بالا است، چون نیازی به توقف کار برای تعویض الکترود نداریم. ۲- بدلیل عدم تشکیل سرباره روی فلز جوش نیاز به عملیات تمیزکاری نیست و یا کمتر است. ۳- تمرکز قوس نسبت به فرآیند الکترود دستی بالاتر است لذا تلفات حرارتی کمتر می‌باشد ۴- در قطعات مختلف فلزی با ضخامت‌های متفاوت کاربرد دارد. ۵- قابلیت اتوماسیون وجود دارد.	۱- قیمت تجهیزات نسبت به فرآیند الکترود دستی گران‌تر است. ۲- امکان جوشکاری مطلوب در مقابل جریان باد وجود ندارد.



ادامه‌ی جدول (۳-۲) مقایسه نقاط قوت و ضعف فرآیندهای جوشکاری متداول در صنعت

<p>۱- سرعت جوشکاری پایین است</p> <p>۲- به مهارت بالایی نیاز است.</p> <p>۳- هزینه تجهیزات به نسبت بالا است.</p> <p>۴- امکان جوشکاری در مقابل جریان باد وجود ندارد.</p>	<p>۱- سرعت جوشکاری بالا است، چون نیازی به توقف کار برای تعویض الکتروود نداریم.</p> <p>۲- بدلیل عدم تشکیل سرباره روی فلز جوش نیاز به عملیات تمیزکاری نیست و یا کمتر است.</p> <p>۳- تمرکز قوس نسبت به فرآیند الکتروود دستی بالاتر است لذا تلفات حرارتی کمتر می‌باشد.</p> <p>۴- در قطعات مختلف فلزی با ضخامت‌های متفاوت کاربرد دارد.</p> <p>۵- قابلیت اتوماسیون وجود دارد.</p>	<p>TIG</p>
<p>۱- درخصوص فلزات با هدایت حرارتی بالا قابلیت کاربرد کمتری دارد.</p> <p>۲- جوشکاری ورق‌های خیلی ضخیم مشکل است.</p>	<p>۱- نیازی به مواد سرباره ساز یا فلز پرکننده مثل الکتروود و سیم جوش نیست.</p> <p>۲- سرعت جوشکاری بسیار بالا است.</p> <p>۳- منطقه حرارت دیده کوچک است.</p> <p>۴- برای تولید انبوه سازه‌های صنعتی بسیار خوب و اقتصادی است.</p> <p>۵- قابلیت اتوماسیون بالایی دارد.</p> <p>۶- برای جوشکاری ورق‌های نازک مناسب است.</p> <p>۷- آلودگی ناشی از دود، گاز و سرباره وجود ندارد (بسیار کم است).</p> <p>۸- امکان جوشکاری در جریان باد هم وجود دارد.</p>	<p>فیل</p>



## آزمون پایانی

۱- چسب جزء کدام دسته از فرآیندهای اتصال مواد صنعتی قرار می‌گیرد؟

- ☐ الف) دائم      ☐ ب) موقت

۲- کدام فرآیند در ردیف جوشکاری‌های ذوبی به حساب نمی‌آید؟

- ☐ الف) جوشکاری با شعله گاز  
☐ ب) جوش مقاومتی  
☐ ج) جوشکاری با الکتروود روپوش‌دار  
☐ د) جوشکاری با الکتروود مصرفی تحت پوشش گاز  $CO_2$

۳- کدام یک از فرآیندهای جوشکاری در یک دسته قرار نمی‌گیرند؟

- ☐ الف) اکسی استیلن و الکتروود دستی      ☐ ب) جوشکاری مقاومتی و اصطکاکی  
☐ ج) جوش لیزر، پرتو الکترونی و مقاومتی      ☐ د) جوشکاری TIG و MIG/MAG

۴- در جوشکاری زیرپودری از چه انرژی برای ذوب لبه‌ها استفاده می‌شود؟

- ☐ الف) گاز سوختنی      ☐ ب) اصطکاک  
☐ ج) قوس الکتریکی      ☐ د) پرتو الکترونی

۵- در کدام فرآیند جوشکاری الکتروود غیرمصرفی است؟

- ☐ الف) جوشکاری TIG      ☐ ب) MIG-MAG  
☐ ج) الکتروود روپوش‌دار      ☐ د) زیرپودری

۶- امکان کدام روش جوشکاری در هوای آزاد که کمی باد هم می‌ورزد، مجاز است؟

- ☐ الف) TIG      ☐ ب) MIG/MAG      ☐ ج) SMAW      ☐ د) هیچکدام

۷- کدام روش جوشکاری بدون جرقه و پاشش ذرات است؟

- ☐ الف) SMAW      ☐ ب) MAG      ☐ ج) MIG      ☐ د) TIG

۸- در فرآیندهای جوشکاری قوسی حفاظت چگونه صورت می‌گیرد؟

☐ الف) جایگزین کردن یک گاز مناسب بجای اتمسفر

☐ ب) حذف کلیه گازها از منطقه ذوب

☐ ج) ایجاد گرما برای دور کردن اتمسفر

☐ د) گرم کردن هوای منطقه ذوب

۹- در کدام روش جوشکاری عمل حفاظت با پودر صورت می‌گیرد؟

☐ الف) جوشکاری آرگن

☐ ب) نقطه جوش

☐ ج) زیرپودری

☐ د) جوشکاری CO<sub>2</sub>

۱۰- کدام فرآیند از نرخ رسوب بالاتری برخوردار است؟

☐ الف) الکتروود روپوش‌دار

☐ ب) زیرپودری

☐ ج) MIG/MAG یا GMAW

☐ د) GTAW یا TIG

۱۱- در کدام فرآیند جوشکاری الکتروود مصرف نمی‌شود؟

☐ الف) TIG

☐ ب) MIG

☐ ج) SMAW

☐ د) SAW

۱۲- در فرآیندهای جوشکاری MIG و TIG از کدام گاز محافظ استفاده نمی‌شود؟

☐ الف) Ar

☐ ب) CO<sub>2</sub>

☐ ج) He

☐ د) Ar+ He

۱۳- کدام فرآیند در ردیف جوشکاری‌های ذوبی قرار ندارد؟

☐ الف) SAW

☐ ب) SMAW

☐ ج) RW

☐ د) MIG/MAG

۱۴- در کدام فرآیند امکان جوشکاری بدون سیم جوش (مفتول) وجود دارد؟

☐ الف) SMAW

☐ ب) MIG/MAG

☐ ج) TIG

☐ د) SAW