فصل اول
اتصالات جدا نشدنی

مفاهیم اصلی اجزای ماشین

تعریف اجزای ماشین:
اجزای ماشین به قطعاتی از ماشین گفته می‌شود که هر کدام بنابر وظیفه و کار خود، دارای شکل معین بوده، می‌توانند ثابت یا متحرک باشند.

تعریف مکانیسم:
از به هم پیوستن تعدادی از اجزای ماشین که نحوه ارتباط آن‌ها با هم حرکت معینی را بوجود می‌آورد «مکانیسم» ایجاد می‌شود.

تعریف ماشین:
ماشین از به هم پیوستن مکانیسم‌ها بوجود می‌آید و وسیله‌ای برای تبدیل یا انتقال کار و انرژی است. بعبارت دیگر هنگامی که مکانیسم برای انتقال انرژی در عمل مشخصی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مکانیسم به ماشین تبدیل می‌گردد لذا می‌توان گفت ماشین مکانیسمی است که نیرو و حرکت را انتقال می‌دهد و کار مفید انجام می‌دهد.

مثال ۱ ـ کدام تعریف در مورد «مکانیسم» صحیح است؟

۱) قطعاتی از ماشین که هر یک بنابر وظیفه خود دارای شکل خاص و معینی می‌باشند.

۲) از بهم پیوستن تعدادی از اجزای ماشین که نحوه ارتباط آن‌ها با هم حرکت معینی را بوجود می‌آورد.

۳) وسیله‌ای است برای تبدیل یا انتقال کار و انرژی.

۴) نحوه اتصال اجزای ماشین به یکدیگر

☑ **پاسخ :** گزینه «۲»

طبقه‌بندی اجزای ماشین:

۱ـ اجزا اتصال دهنده: پیچ و مهره، پرچ، خار ، گوه ، پین و ...

۲ـ اجزا و قطعات تولیدکننده قدرت: سیلندر، پیستون، اجزای موتورهای الکتریکی، دینام و ...

۳ـ اجزا انتقال دهنده قدرت و حرکت ـ اجزای ارتباطی: چرخ دندانه، چرخ تسمه، چرخ زنجیر، کوپلینگ، کلاچ و ...

۴ـ اجزا هدایت کننده جهت حرکت : فرمان‌ها، بادامک‌ها، خارج از مرکزها و ...

۵ـ اجزا ضربه‌گیر و آرام کننده ارتعاشات: فنرها، ارتعاش‌گیرها و ...

۶ـ اجزا تکیه گاهی: یاتاقان‌ها، سطوح راهنما و ...

۷ـ اجزا حامل: محورها، اکسل‌ها و ...

۸ـ اسکلت و چهارچوب دستگاه: شاسی، بدنه ، دیواره ، قاب و ...

مثال ۲ ـ «چرخ دنده و چرخ تسمه » در کدام گروه اجزای ماشین قرار می‌گیرند؟

۱) انتقال دهنده قدرت و حرکت
۲) اتصال دهنده قطعات به یکدیگر
۳) ماشین‌های تولیدکننده قدرت
۴) هدایت‌کننده جهت حرکت

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

مثال ۳ ـ «خار و گوه» در کدام گروه از طبقه‌بندی اجزای ماشین قرار دارند؟

۱) اجزا اتصال
۲) اجزا هدایت کننده جهت حرکت
۳) اجزا انتقال دهنده قدرت و حرکت
۴) اجزا تولیدکننده قدرت

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» اجزا اتصال دو یا چند قطعه را به یکدیگر و یا ماشین را به فوندانسیون اتصال می‌دهند.

اتصالات:

محصولات اولیه فلزی که در اختیار سازندگان و تولیدکنندگان قرارمی‌گیرد و از آن‌ها فرآورده‌های صنعتی تولید می‌شود بصورت فلزات ریختگری شده و یا آهنگری شده (نورد) است. برای ساختن یک محصول صنعتی فلزی، پس از بریدن قطعات و اجزای آن، لازم است این اجزا به یکدیگر پیوند خورده و به هم متصل شوند تا ساختار مورد نظر به وجود آید. برای رسیدن به این هدف روش‌های مختلف اتصالات مورد بحث می‌باشد. مهمترین روش اتصالات قطعات عبارتند از: اتصالات دائم، نیمه موقت و موقت.

اتصالات دائم:

به اتصالاتی گفته می‌شود که پس از جداسازی آن‌ها وسیله اتصال و قسمتی از قطعات متصل شده یا تمامی آن‌ها آسیب ببینند لذا در اتصال قطعات صنعتی هنگامی از این روش استفاده می‌شود که نیاز به جداسازی آن‌ها نباشد. بعبارت دیگر هنگامی که بخواهند دو یا چند قطعه را بصورت دائم و همیشگی به یکدیگر متصل کنند از اتصالات دائم استفاده می‌شود مانند جوشکاری ـ لحیم‌کاری سخت ـ چسباندن (جوشکاری بدلیل استحکام قابل توجه و سرعت عمل زیاد استفاده فراوان‌تری دارد).

اتصالات نیمه موقت:

وقتی قطعات یک سازه را نتوان به سهولت جوشکاری نمود (مانند ورق‌های نازک قطعات آلومینیومی و ...) و یا قطعات از نوع تعویضی باشند (مانند گلگیر و بدنه بعضی از خودروها) در این گونه موارد از اتصالات نیمه موقت استفاده می‌شود. مهمترین اتصالات نیمه موقت پرچکاری و لحیم‌کاری نرم است.

اتصالات موقت:

اتصالات موقت (جدا شدنی) به اتصالاتی اطلاق می‌شوند که در صورت لزوم بتوان قطعات متصل شده را به راحتی از هم جدا نمود. در این روش وسیله اتصال و قطعات اتصال در هنگام جداکردن از بین نرفته و مجدداً قابل استفاده می‌باشند مانند پیچ و مهره، خار ، گوه، پین و ...

مثال ٤ ـ «اتصال دائم» اتصالی است که پس از جداسازی:

۱) قطعات اتصال سالم بوده و عامل اتصال از بین برود.
۲) قطعات اتصال و عامل اتصال هر دو سالم باشند.
۳) قطعات اتصال و عامل اتصال هر دو خراب شوند.
۴) قطعات اتصال از بین برود و عامل اتصال سالم باشد.

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» اتصالات دائم (همیشگی) به اتصالاتی گفته می‌شود که پس از جداسازی آن‌ها وسیله اتصال و قسمتی از قطعات اتصال یا تمامی آن‌ها آسیب ببینند.

مثال ۵ ـ *برای اتصال اجزا و قطعات دستگاهی که به طور مکرر باز و بسته می‌شوند کدام اتصال مناسب است؟*

۱) جوش　　۲) پیچ و مهره　　۳) لحیم نرم　　۴) پرچ

☑ **پاسخ :** گزینه «۲»

مثال ٦ ـ *به کدام دلیل جوشکاری رواج بیشتری در تولیدات صنعتی پیدا کرده است؟*

۱) سهولت باز و بسته کردن قطعات　　۲) مناسب برای اتصال قطعات ظریف و حساس

۳) کیفیت اتصال نسبت به سایر روش‌ها　　۴) سرعت عمل و استحکام زیاد

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» در بین اتصالات دائم، جوشکاری بدلیل آسانی و سرعت عمل و هم چنین استحکام بخشیدن به قطعات اتصال رواج بیشتری در تولیدات صنعتی پیدا کرده است.

نکته: اتصالات اجزای ماشین در اجرا به سه دستهٔ زیر تقسیم بندی می‌شوند:

۱) **اتصالات مکانیکی:** این اتصالات با استفاده از عوامل مکانیکی صورت می‌گیرد. مانند: پیچ و مهره، گوه، خار، پین و . . . .

۲) **اتصالات شیمیایی:** این اتصالات با استفاده از مواد شیمیایی (چسبهای معدنی و آلی) صورت می‌گیرد.

۳) **اتصالات متالورژیکی:** چنانچه قطعات در محل اتصال دچار تغییر خواص گردند، در اینصورت «اتصال متالورژیکی» صورت گرفته است. مانند: جوشکاری و لحیم‌کاری سخت.

مثال ۷ ـ *فرایندچسبکاری جزو کدام گروه اتصالات اجزای ماشین در اجرا محسوب می‌شود؟*

۱) متالورژیکی　　۲) مکانیکی　　۳) فیزیکی　　۴) شیمیایی

☑ **پاسخ :** گزینه «۴»

جوشکاری　　WELDING

اتصال دو قطعه هم جنس را در صورتی که به یکی از روش‌های زیر انجام شود، **جوشکاری** گویند:

الف) در حالت مذاب یا جامد

ب) با استفاده از واسطه (از جنس قطعات اتصال) یا بدون واسطه (مواد کمکی)

ج) با ایجاد فشار یا بدون استفاده از فشار

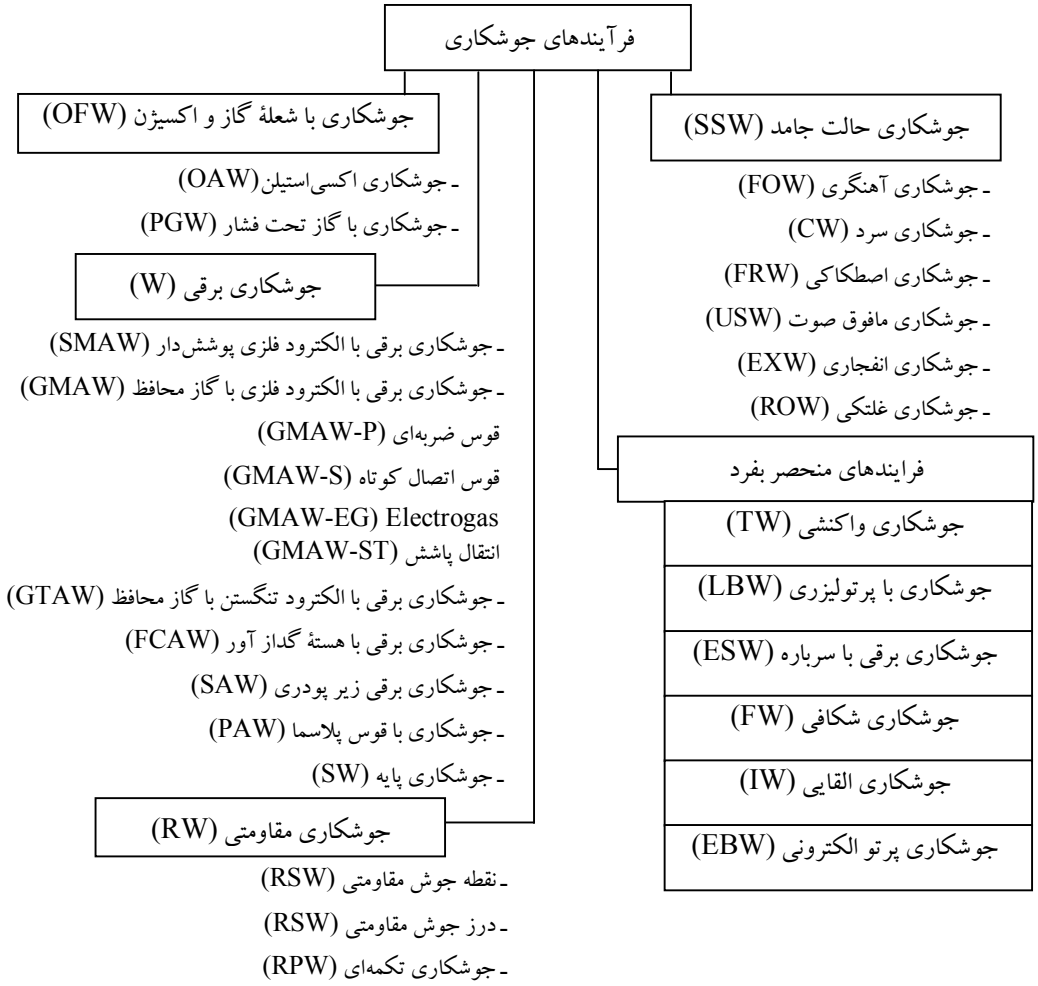
جوشکاری عبارت است از یکپارچه کردن مواد فلزی و یا مصنوعی، که با بکاربردن حرارت تنها (جوش ذوبی) و یا حرارت و فشار (جوش پرسی) صورت می‌گیرد.

جوشکاری ذوبی:

در این روش جوشکاری لبه‌های مورد اتصال ذوب و با استفاده یا بدون استفاده از مفتول پرکننده درز (Filler metal) درهم آمیخته و پس از انجماد قطعات بهم اتصال می‌یابند مانند جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود فلزی، جوشکاری زیر پودری، جوشکاری با قوس الکتریکی و حفاظت با گاز، جوشکاری با شعله گاز و ...

جوشکاری فشاری:

فرایندی است که در آن لبه‌های مورد اتصال، تحت فشار و با استفاده از حرارت یا بدون آن درهم ادغام می‌شوند و قطعات به هم متصل می‌گردند. مانند جوشکاری آهنگری، اصطکاکی، القایی، مقاومتی و ...



طبقه‌بندی فرآیندهای معمول جوشکاری

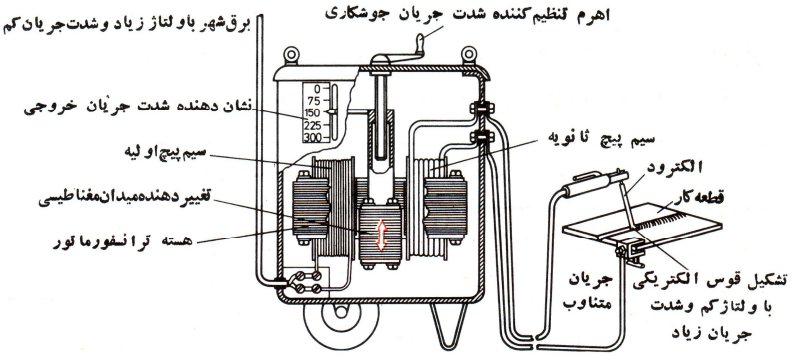
جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود فلزی روپوش‌دار (SMAW)

در این روش جوشکاری انرژی لازم از تشکیل قوس الکتریکی که بین دو قطب صورت می‌گیرد بدست می‌آید.

قوس الکتریکی عبارت است از تخلیهٔ بار الکتریکی بین دو قطب و یونیزه شدن گاز موجود در منطقه قوس. بعبارت دیگر قوس الکتریکی در نتیجه عبور جریان الکتریسیته از یک فاصله هوایی بین الکترود و قطعه‌کار ایجاد می‌گردد.

برای تشکیل قوس الکتریکی می‌توان از جریان مستقیم و یا متناوب استفاده نمود. در مواردی که از جریان مستقیم برای این منظور استفاده می‌شود معمولاً قطب مثبت به قطعه‌کار و قطب منفی به الکترود متصل می‌گردد. در این حالت درجه حرارت در قطب مثبت (قطعه‌کار) در حدود 600 درجه سانتی‌گراد بیشتر از قطب منفی (الکترود) می‌باشد. از این روش در جوشکاری قطعات ضخیم‌تر استفاده می‌گردد. در جوشکاری ورق‌های نازک بهتر است که قطب مثبت را به الکترود و قطب منفی را به قطعه‌کار وصل کنند تا حوضچه مذاب کم عمق‌تر بوده و قطعه‌کار را سوراخ نکند. این روش در جوشکاری فولادهای آلیاژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جهت تشکیل قوس‌الکتریکی، ولتاژ کم (15 تا 50 ولت) و شدت جریان زیاد (60 تا 300 آمپر) مورد نیاز بوده و برای تأمین آن لازم است که جریان برق شهر را که ولتاژ آن 220 ویا 380 ولت می‌باشد به ولتاژ مورد لزوم تبدیل نمود. وسیله تبدیل جریان ممکن است که ترانسفورماتور، یکسوکننده و یا یک موتور ژنراتور باشد که معمولاً بنام دستگاه جوشکاری معروف می‌باشد. در این میان موتور ژنراتورها و یکسوکننده‌ها جریان برق مستقیم عرضه کرده و در حقیقت یک نوع مبدل نیز می‌باشند ولی ترانسفورماتورها وظیفه تقلیل ولتاژ برق شهر و تأمین شدت جریان مورد لزوم برای تشکیل قوس‌الکتریکی را بعهده دارند، در تمام وسایل فوق جریان خروجی قابل تنظیم بوده و مقدار آن را می‌توان برحسب نوع کار تنظیم نمود.



مثال ۸ ـ *کدام مطلب درباره قوس الکتریکی صحیح است؟*

۱) هر چه قوس الکتریکی کوتاهتر باشد، جریان الکتریکی ایجاد شده بیشتر است.

۲) هر چه قوس الکتریکی بلندتر باشد، جریان الکتریکی ایجاد شده بیشتر است.

۳) قوس الکتریکی طولانی‌تر نسبت به قوس الکتریکی کوتاهتر به ولتاژ کمتر نیاز دارد.

۴) در قوس الکتریکی، الکترونها از قطب مثبت به طرف قطب منفی جریان می‌یابند.

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

مثال ۹ ـ *وظیفه «ترانسفورماتور جوشکاری» چیست؟*

۱) قابل تنظیم‌کردن ولتاژ جوشکاری
۲) کاهش شدت جریان و افزایش ولتاژ
۳) تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم
۴) کاهش ولتاژ و افزایش شدت جریان

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» ترلس جوش وظیفه تقلیل ولتاژ برق شهر و تأمین شدت جریان مورد لزوم برای تشکیل قوس الکتریکی را بر عهده دارد.

مثال ۱۰ ـ *کدامیک از موارد زیر، جزو خصوصیات جوشکاری با برق Ac نمی‌باشد؟*

۱) قوس قوی و خوب
۲) مناسب برای جوشکاری قطعات نازک
۳) نگهداری قوس و ادامه جریان جوشکاری
۴) عدم وجود دمش یا ضربه مغناطیسی

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» دستگاههایی که با جریان Ac کار می‌کنند مناسب برای جوشکاری قطعات فولادی ضخیم می‌باشند.

مثال ۱۱ ـ *در کدام حالت، حرارت جوشکاری با قوس الکتریکی بیشتر است؟*

۱) در قطب منفی با جریان متناوب
۲) در قطب منفی با جریان مستقیم
۳) در قطب مثبت با جریان متناوب
۴) در قطب مثبت با جریان مستقیم

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» در فرآیند جوشکاری با قوس الکتریکی در قطب مثبت با جریان مستقیم بیشترین حرارت را خواهیم داشت.

مثال ۱۲ ـ چرا در جوشکاری ورقهای نازک، قطب مثبت را به الکترود وصل می‌نمایند؟

۱) تا حوضچه مذاب کم عمق‌تر بوده و قطعه سوراخ نشود.
۲) زیرا سرباره بسیار کمتری ایجاد می‌شود.
۳) زیرا الکترودها بسیار سریعتر ذوب می‌شوند.
۴) تا اثر دمش کاهش یابد.

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» در جوشکاری ورق‌های نازک بهتر است که قطب منفی را به قطعه کار و قطب مثبت را به الکترود وصل نمایند تا حوضچه مذاب کم عمق‌تر بوده و قطعه را سوراخ نکند. این روش در جوشکاری فولادهای آلیاژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

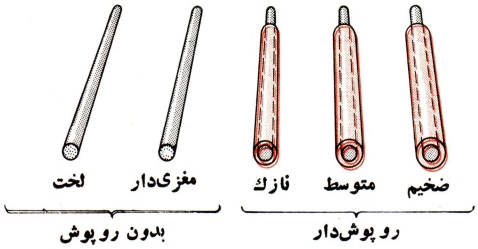
مثال ۱۳ ـ در جوشکاری با الکترود 4 میلی‌متری، طول قوس الکتریکی تقریباً چقدر باید باشد؟

۱) بیشتر از دو برابر قطر الکترود
۲) حدود 4 میلی‌متر
۳) حدود 2 میلی‌متر
۴) هر چقدر کوتاهتر باشد بهتر است

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» طول قوس الکتریکی بایستی تقریباً به اندازه قطر الکترود تنظیم شود. در صورت زیاد بودن طول قوس، عمق نفوذ جوش کم، گُردهٔ جوش نامنظم و پاشیدگی مذاب و جرقه‌ها به اطراف، افزایش خواهد یافت.

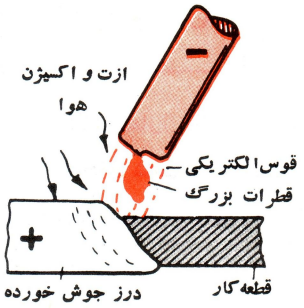
الکترودها:

الکترودهای جوشکاری قطعاتی هستند هادی جریان الکتریسیته که در مجاورت قوس الکتریکی ذوب شده و بعنوان سیم جوشکاری وظیفه پرکردن فضای بین قطعات (درز جوش) را برعهده دارند.

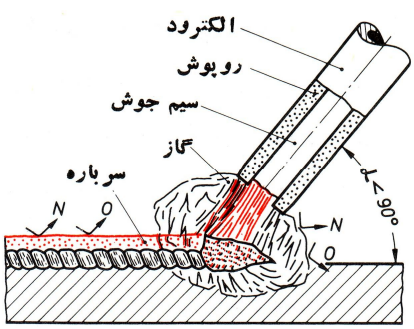


جنس الکترودها بستگی به جنس قطعات اتصال داشته و آن‌ها را می‌توان به دو گروه بدون روپوش و روپوش‌دار تقسیم‌بندی نمود. الکترودهای بدون روپوش نیز به دو دسته الکترودهای لخت و الکترودهای مغزی‌دار تقسیم‌بندی می‌شوند.

در موقع جوشکاری با الکترودهای لخت بدلیل تماس مستقیم مذاب با هوای محیط، اکسیژن و ازت موجود در هوا با مذاب ترکیب شده و علاوه بر آن تولید جرقه زیاد نیز می‌نمایند بنابراین به کمک این الکترودها فقط می‌توان با جریان مستقیم جوشکاری نمود.



در داخل الکترودهای مغزی‌دار مواد معدنی‌ای قرار داده‌اند که باعث تثبیت بهتر قوس‌الکتریکی گردیده و به مقدار زیادی از نفوذ اکسیژن و ازت به داخل درز جوش، جلوگیری می‌نماید. این الکترودها درز جوش بهتری را نسبت به الکترودهای لخت عرضه کرده و از جریان متناوب می‌توان برای جوشکاری با آن‌ها استفاده نمود.



الکترودهای روپوش‌دار را در سه نوع و با روپوش نازک، متوسط و ضخیم تولید می‌کنند. وظیفه کلی روپوش الکترودها یکنواخت‌کردن و تثبیت قوس الکتریکی، تشکیل سرباره بر روی درز جوش، محافظت از تأثیر گازهای موجود در هوا بر روی مواد مذاب و جلوگیری از چسبیدن الکترود به سطح کار در هنگام جوشکاری بوده و علاوه بر آن می‌توان با افزودن فلزات معینی به آن‌ها، درصد فلز مورد نظر را در محل درز جوش تغییر داد.

انواع الکترود:

طبقه‌بندی الکترودها براساس نوع پوشش آنها می‌باشد که عبارتند از:

۱) الکترود با پوشش سلولزی:

مقدار زیادی از پوشش این الکترود سلولز می‌باشد که در هنگام سوختن با تولید هیدروژن و دی‌اکسیدکربن حوضچه جوش را از اتمسفر محافظت می‌کند و نیز با این پوشش نفوذ جوش بهبود می‌یابد. قوس‌الکتریکی حاصل از این نوع الکترودها بسیار نافذ بوده و اغلب برای جوشکاری خطوط لوله استفاده می‌شوند.

۲) الکترود با پوشش رتیلی:

حالت طبیعی اکسید تیتانیوم (رتیل) پوشش اصلی این الکترود است. استفاده از این الکترودها نسبتاً آسان بوده لذا معمولاً درهر حالتی مورداستفاده قرار می‌گیرند. الکترودهای رتیلی به «الکترودهای همه کاره» نیز معروفند.

۳) الکترود با پوشش اسیدی:

پوشش این الکترود شامل اکسیدها و کربنات‌های منگنز، آهن و مقداری سیلیسیم است. سرباره جوش حاصل از جوشکاری با این الکترود حجیم بوده، ظاهری بسیار صاف و تمیز دارد. با این الکترود می‌توان از جریان مستقیم و متناوب استفاده کرد.

٤) الکترود با پوشش اکسیدی:

اکسیدآهن در پوشش این الکترود به مقدار زیادی وجود دارد و بخاطر سربارهٔ سنگین آن نفوذ جوش کم بوده و استحکام کمتری دارد.

۵) الکترود با پوشش قلیایی (بازی):

پوشش این الکترود دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای کربنات کلسیم، فلوراید، آهک و ... است. جوش حاصل از جوشکاری با این الکترود دارای خواص مکانیکی خوب بویژه مقاومت ضربه‌ای است.

نکته: بعلت تولید فلز جوش با هیدروژن کم الکترودهای قلیایی، از آن‌ها در جوشکاری فولادهای حساس به هیدروژن و جوشکاری فولادهای ضخیم با کربن زیاد (بخاطر استحکام مناسب در مقابل ترک گرم) استفاده می‌کنند. در پوشش این الکترودها جهت افزایش نرخ رسوب و بهبود رفتار قوس، پودر آهن اضافه می‌کنند.

جدول تیپ و خصوصیات الکترودها

تیپ	علامت اختصاری	نوع جریان	حالت جوشکاری	کیفیت درز جوش	کاربرد
بازی (قلیایی)	Kb	مستقیم	تمام حالات	بیشترین استحکام	فولادهای ضخیم
اسیدی	Es	مستقیم یا متناوب	افقی و تقریباً تمام حالات	استحکام خیلی زیاد	فولادهای غیرحساس
دی‌اکسیدتیتان (رتیلی)	Ti	مستقیم یا متناوب	تمام حالات	استحکام خوب	متعدد، فولادهای حساس، ورقهای نازک
اکسیدی	Ox	مستقیم یا متناوب	افقی	استحکام کم	گروه جوش صاف و خوش‌نما
سلولزی	Ze	مستقیم یا متناوب	تمام حالات	استحکام خوب، سرباره کم	قطعات غیریکنواخت

مثال ١٤ ـ در جوشکاری لوله‌های گاز ترجیحاً از چه نوع الکترودی استفاده می‌شود؟

۱) قلیایی ۲) اسیدی ۳) سلولزی ۴) روتیلی

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» در جوشکاری لوله‌ها که تنها می‌توان از طرف خارج لوله آن را جوشکاری نمود و به داخل لوله دسترسی وجود ندارد، بایستی از الکترود با نفوذ بالا استفاده کرد. بنابراین از الکترودهای سلولزی استفاده می‌شود.

مثال ۱۵ ـ برای جوشکاری فولادهای ضخیم که نیاز به پیش گرمایی دارند، از چه نوع الکترودی استفاده می‌شود؟

۱) قلیایی ۲) روتیلی ۳) اکسیدی ۴) سلولزی

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

مثال ۱۶ ـ *وظیفه پوشش الکترود ... ...*

۱) افزایش نفوذ جوش
۲) افزایش شدت جریان
۳) دورکردن هوا از حوضچه جوش
۴) جلوگیری از تغییر شکل قطعات

☑ **پاسخ :** گزینه «۳»

مثال ۱۷ ـ *استحکام جوش در کدام یک از الکترودهای زیر کمتر است؟*

۱) بازی ۲) اسیدی ۳) رتیلی ۴) اکسیدی

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» پوشش اکسیدی الکترودها از درصد زیادی اکسید آهن تشکیل شده است و استحکام کمتری نسبت به بقیه روکش‌ها دارد.

انتخاب شدت جریان مناسب:

انتخاب شدت جریان مناسب، تعیین‌کننده عمق نفوذ جوش در سطح لبه‌های اتصال بوده و استحکام محل اتصال نیز به مقدار زیادی به این عمق بستگی دارد. شدت جریانی که برای جوشکاری تنظیم می‌شود به **ضخامت قطعات اتصال** و **قطر الکترود** دارد.

ضخامت قطعه به میلیمتر		1.5 تا 0.8	2 تا 1.5	4 تا 2	8 ـ 4	10 ـ 8	بیش از 10
شدت جریان بر حسب آمپر	جوش سطحی	–	50	70	115	210	260
	جوش پخدار	25	60	80	130	230	290
قطر الکترود به میلیمتر		1.5	2	2.5	3.25	5	6

مثال ۱۸ ـ *شدت جریان انتخابی برای جوشکاری، به چه عواملی بستگی دارد؟*

۱) قطر الکترود و ضخامت قطعات اتصال
۲) جنس قطعات جوشکاری
۳) نوع و حرکت الکترود و قطعه‌کار
۴) استحکام و قدرت جوش

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» شدت جریان انتخابی برای جوشکاری به قطر الکترود و ضخامت قطعات اتصال بستگی دارد.

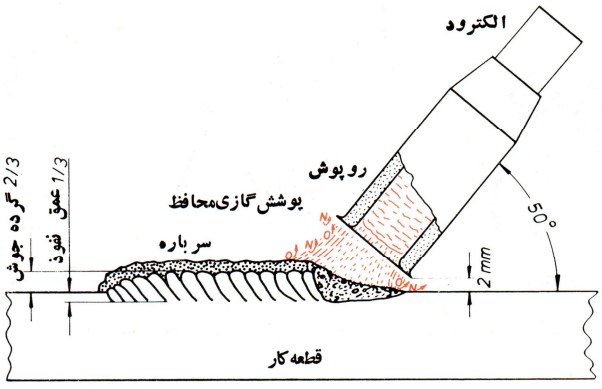
مثال ۱۹ ـ *کدام یک از کمیت‌های زیر در تعیین جریان جوشکاری تنظیم شده، مهم نیست؟*

۱) ضخامت قطعه کار ۲) ضخامت الکترود ۳) نوع روکش الکترود ۴) طول الکترود

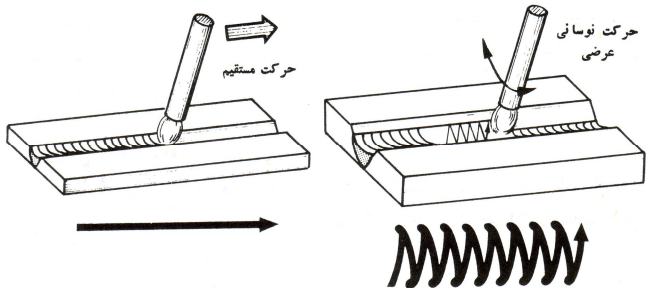
☑ **پاسخ :** گزینه «۴»

زاویه نگهداری و هدایت الکترود:

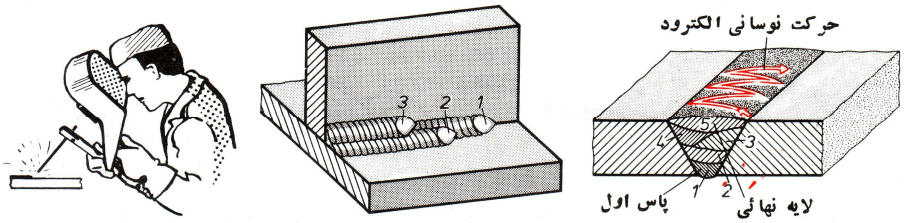
زاویه صحیح نگهداشتن امتداد الکترود نسبت به درز جوش به عوامل متعددی مانند حالت جوشکاری، عمق درز جوش، عمق نفوذ جوش، جنس قطعه‌کار، جهت هدایت الکترود و هم چنین اثر دمش قوس الکتریکی بستگی دارد. اما در جوشکاری درزهای ساده افقی، مخصوصاً زمانی که از جریان متناوب استفاده می‌شود، می‌توان الکترود را نسبت به سطح کار با زوایه‌ای در حدود 50 درجه هدایت کرد.



حرکت طولی الکترود در مورد درزهای ساده بطور مستقیم و یکنواخت بوده و در مواردی که عرض جوش بیشتری مورد نظر باشد می‌توان حرکت آن را بصورت نوسانی انتخاب نمود. دامنه نوسان در هر حال نباید بیشتر از دو برابر قطر الکترود انتخاب شود.



در صورتی که ضخامت قطعات اتصال زیادتر بوده و درز جوش عریض‌تر باشد می‌توان با چند مرتبه جوشکاری که هر مرتبه را در اصطلاح **یک پاس** می‌گویند عمل جوشکاری را تکمیل نمود.



درزهای عمودی را می‌توان از پایین بسمت بالا و یا بالعکس جوشکاری نمود. در جوشکاری از بالا به پایین عمق نفوذ و هم چنین ضخامت گردهٔ جوش کمتر بوده و بایستی با شدت جریان کمتری جوشکاری کرد. ولی در روش جوشکاری از پایین به بالا عمق نفوذ بیشتر شده و مخصوصاً در پاس‌های بعدی می‌توان گردهٔ جوش ضخیم‌تری را به وجود آورد.

لازم به تذکر است که ضمن هدایت الکترود در امتداد درز جوش، بایستی متناوب با کم‌شدن طول آن، انبر جوشکاری را به نحوی به محل اتصال نزدیک کرد که در هر حال فاصله سر الکترود با قطعه‌کار ثابت باقی بماند.

جوشکاری با گاز محافظ

در جوشکاری با گاز محافظ نیز از قوس الکتریکی جهت ایجاد حرارت استفاده می‌گردد ولی برای قطع تماس مذاب با اکسیژن و ازت محیط، از یک گاز بی‌اثر که بنام گاز محافظ نامیده می‌شود استفاده می‌کنند، به این ترتیب می‌توان از الکترودهای لخت استفاده کرد.

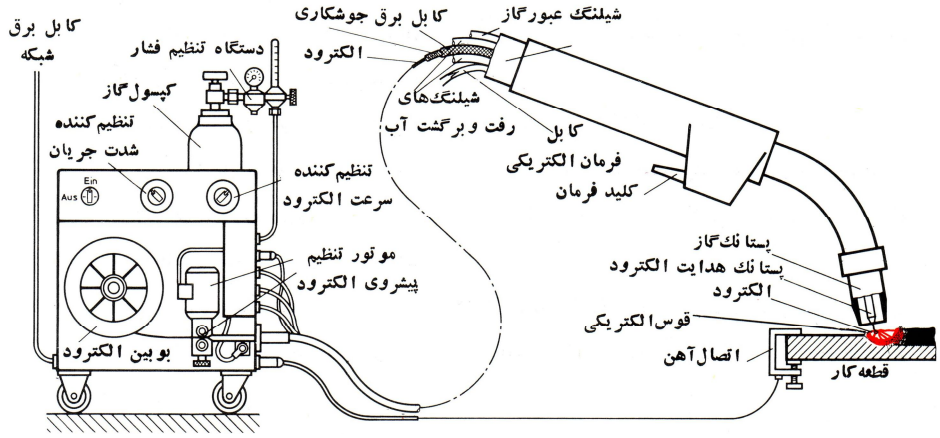
از انواع جوشکاری با گاز محافظ می‌توان به روش‌های زیر اشاره نمود:

الف) جوشکاری با گاز محافظ و الکترود ذوب شدنی(GMAW):

در این روش قوس الکتریکی بین الکترود لخت (ذوب شدنی) و قطعه‌کار تشکیل شده و گاز محافظ (گاز بی‌اثر و یا دی‌اکسیدکربن Co_2) نیز در تمام مدت جوشکاری از اطراف الکترود به محل تشکیل قوس الکتریکی و حمام مذاب دمیده می‌شود.

هدایت پیستوله در این روش ساده‌تر از هدایت انبر جوشکاری است زیرا فاصله آن با سطح کار و محل جوش ثابت بوده و بدلیل طول زیاد و جریان مداوم الکترود و عدم نیاز به تعویض آن، سرعت عمل و دقت جوشکاری بالاست. هم‌چنین بدلیل دمیده شدن گاز محافظ، قطعه‌کار

کمتر گرم شده و علاوه بر پیچیدگی بسیار محدود لبه‌های قطعات، سطح جوش را در مقابل نفوذ هوا محافظت کرده و جوشکاری ورق‌های نازک را امکان‌پذیر می‌سازد. از انواع جوشکاری‌های حفاظتی با گاز، می‌توان به جوشکاری MAG (metal Active Gas) اشاره نمود که گاز حفاظت‌کننده در آن دی‌اکسیدکربن (Co_2) بوده و چنانچه بجای گاز Co_2 از گاز بی‌اثر (معمولاً آرگون) استفاده گردد، روش جوشکاری MIG (metal Inert Gas) نامیده می‌شود.



توجه :
از روش جوشکاری MIG برای جوشکاری فلزات غیرآهنی، فولادهای پرآلیاژ و آبکاری شده استفاده کرده و از جوشکاری MAG برای جوشکاری فولادهای غیرآلیاژی و کم آلیاژ می‌توان بهره برد.

مثال ۲۰ ـ از روش (MAG) برای جوش‌کاری کدام قطعات استفاده می‌شود؟

۱) فولادهای غیرآلیاژی و کم آلیاژ

۲) آلومینیوم ، مس و آلیاژهای آنها ـ فولادهای حرارتی ، ضد زنگ و ضد اسید

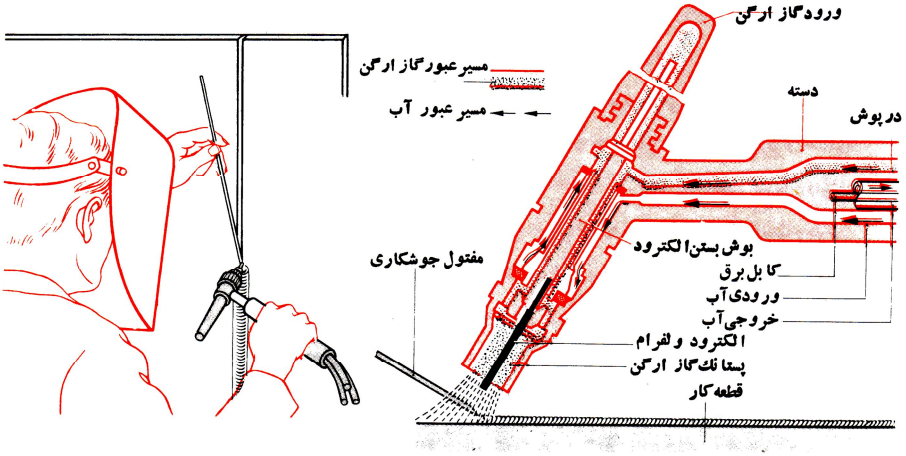
۳) فولادهای آلیاژی و غیرآلیاژی با ضخامت از 2 تا 150 میلیمتر و با طول درز جوش زیاد

۴) فلزات غیرآهنی و فولادهای پرآلیاژ و آبکاری شده

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» روش جوشکاری MAG که با حفاظت گاز فعال (Co_2) انجام می‌گیرد مناسب برای اتصال قطعات فولادی غیرآلیاژی و کم آلیاژ است.

ب) جوشکاری با الکترود تنگستن و حفاظت با گاز بی‌اثر (GTAW) :

در این روش از فلز ولفرام (تنگستن) برای تشکیل قوس الکتریکی استفاده کرده و گاز محافظ آن گاز بی‌اثر می‌باشد. در این روش جوشکاری که بنام WIG و یا TIG معروف می‌باشد، قطب ولفرام فقط وظیفه تأمین حرارت بوسیله قوس‌الکتریکی را بعهده داشته و از یک مفتول جوشکاری نیز می‌توان در صورت لزوم برای پرکردن درز جوش استفاده کرد که ممکن است بوسیله دست و یا بطور خودکار به محل جوشکاری هدایت شوند.



با استفاده از جوشکاری WIG با گاز محافظ آرگن می‌توان تقریباً تمام فلزات را جوشکاری نمود، ولی اغلب بمنظور جوشکاری در موارد زیر از آن استفاده می‌گردد:

۱ـ جوشکاری فلزات غیرآهنی مانند آلومینیوم، مس و آلیاژهای آن‌ها.

۲ـ جوشکاری فولادهای کرم‌دار، کرم نیکل‌دار، ضد زنگ، ضد اسید و مقاوم در مقابل حرارت.

۳ـ جوشکاری ورق‌های نازک و هم چنین لوله‌های جدار نازک فولادی، مخصوصاً زمانی که بایستی به قطعات ضخیم‌تر جوش داده شوند.

از مزایای دیگر این روش میتوان عدم نیاز به مواد کمکی، کیفیت سطح جوش بهتر، مقاومت بهتر درز جوش در مقابل خوردگی و کم‌کردن قابل ملاحظه پیچیدگی کار در اثر جوشکاری و سرعت عمل زیاد آن را نام برد.

در جوشکاری WIG با گاز محافظ آرگن می‌توان از جریان برق مستقیم و یا متناوب برای تشکیل قوس الکتریکی استفاده نمود ولی در جوشکاری فلزات سبک بایستی فقط از جریان برق متناوب استفاده کرد.

مثال ۲۱ ـ جوش‌کاری (TIG) نوعی از روشهای جوش‌کاری است که در آن قوس‌الکتریکی .....

۱) زیر یک تیغه نگهدارنده مسی بین یک الکترود ذوب شونده و قطعه کار ایجاد می‌شود.

۲) تحت پوشش گاز محافظ بین یک الکترود ذوب شونده و قطعه کار ایجاد می‌شود.

۳) تحت پوشش گاز محافظ بین یک الکترود دیر ذوب و قطعه کار ایجاد می‌شود.

۴) زیر پودر بین یک الکترود ذوب شونده و قطعه‌کار ایجاد می‌شود.

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» روش جوشکاری GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) که بنام‌های TIG و یا WIG نیز معروف است از انواع روش‌های جوشکاری محسوب می‌شود که قوس الکتریکی تحت پوشش گاز محافظ (گاز بی‌اثر) بین الکترود دیر ذوب (ولفرام ـ تنگستن) و قطعه کار ایجاد می‌شود.

مثال ۲۲ ـ در فرایند جوشکاری TIG با تغییر نوع گاز محافظ از آرگون به هلیوم .....

۱) براساس مهارت جوشکاری پایداری قوس تثبیت می‌شود.

۲) پایداری قوس کمتر می‌شود.

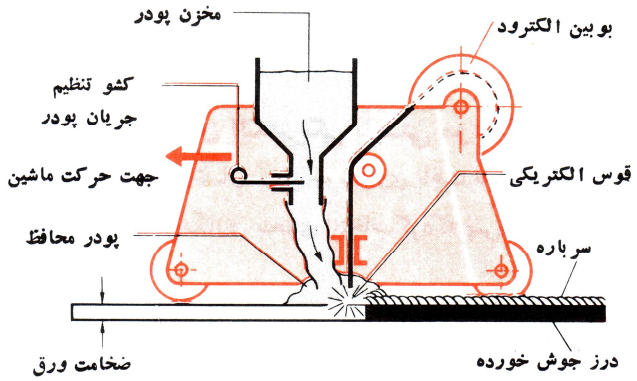
۳) پایداری قوس بهتر می‌شود.

۴) پایداری قوس تغییر نمی‌کند.

☑ **پاسخ :** گزینه «۳»

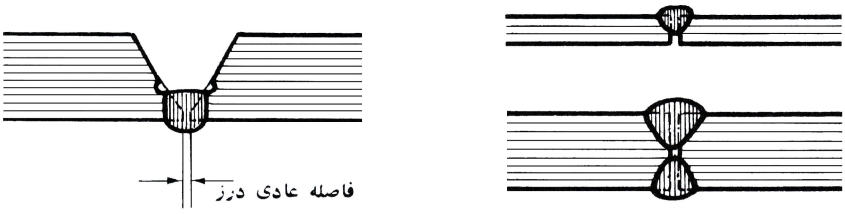
جوشکاری با قوس‌الکتریکی و حفاظت با پودر (زیر پودری)

در این روش جوشکاری مشابه روش MIG یا MAG الکترود بطور خودکار به محل جوشکاری هدایت شده و پس از تشکیل قوس‌الکتریکی، پودر محافظ بر روی حمام مذاب جریان می‌یابد. این پودر وظیفه‌ای مشابه روپوش الکترودهای دستی را بعهده داشته و پس از قرارگرفتن بر روی مذاب قسمتی از آن سوخته و تشکیل سرباره را می‌دهد. از این روش اغلب برای جوشکاری درزهای طویل قطعات ضخیم و هم چنین فولادهای آلیاژی و غیرآلیاژی با ضخامت 2 تا 15 میلی‌متر استفاده می‌شود.



نکات مهّم:

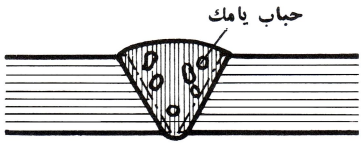
۱ـ در صورتی که شدت جریان کمتر از حد مجاز باشد الکترود ذوب شده و بدون آن که قطعات کاملاً ذوب گردند بر روی درز اتصال قرارگرفته و اتصال ناقص و کم دوامی را بوجود می‌آورد (شکل الف). انتخاب شدت جریان زیاد نیز باعث ایجاد گرده جوش عریض و متخلخل بوده و ضمن پاشیدن جرقه زیاد به اطراف، باعث ایجاد فرورفتگی و در نتیجه تضعیف قطعات در کنارهٔ گرده جوش خواهد شد. (شکل ب)



شکل ب شکل الف

۲ـ طول قوس الکتریکی بایستی تقریباً به اندازه قطر الکترود تنظیم شود. در صورت زیاد بودن طول قوس، عمق نفوذ جوش کم، گرده جوش نامنظم و پاشیدگی مذاب و جرقه‌ها به اطراف زیاد خواهد شد.

۳ـ استفاده از الکترود مرطوب یا تمیز نبودن فلز اصلی یا سیم جوش باعث ایجاد **مک** در داخل درز جوش خواهد شد.



مثال ۲۳ ـ هرگاه در محل جوشکاری، حفره‌ای بوجود آید که هوا در آن جای گرفته باشد، حفره را «مُک» می‌نامند. دلیل پیدایش این حفره چیست؟

۱) مرطوب بودن یا تمیز نبودن فلز اصلی یا سیم جوش

۲) شدت جریان کم و سرعت زیاد حرکت الکترود

۳) نامرغوب بودن فلز اصلی و وجود سولفور زیاد در فلز اصلی یا سیم جوش

۴) سیم جوش نامناسب و کم بودن شدت جریان یا حرارت نامناسب

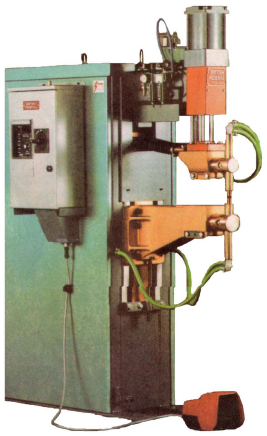
☑ **پاسخ :** گزینه «۱» «مُک» به علت مرطوب بودن یا تمیز نبودن فلز اصلی یا سیم جوش است، شدت جریان کم و سرعت زیاد حرکت الکترود باعث ایجاد ذوب نامناسب می‌شود. نامرغوب بودن فلز اصلی و وجود سولفور زیاد در فلز اصلی یا سیم جوش باعث ایجاد سطح نامناسب جوش می‌گردد. سیم جوش نامناسب، کم بودن شدت جریان یا حرارت نامناسب باعث می‌شود که ضخامت گلوی جوش بیش از حد باشد که آن را بیش از اندازه (کوژ) می‌نامند.

جوشکاری‌های مقاومتی:

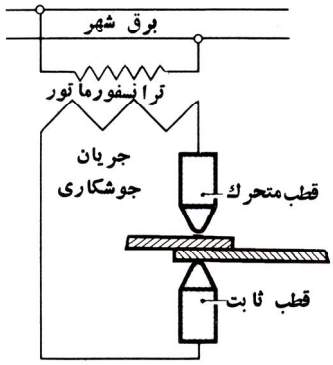
در فرایندهای مقاومتی، حرارت لازم جوشکاری از طریق مقاومت الکتریکی تأمین می‌گردد. در جوشکاری‌های مقاومتی از ترانسفورماتور جهت کاهش ولتاژ و افزایش شدت جریان استفاده می‌شود و بطورکلی دستگاههای جوش مقاومتی با جریان متناوب کار می‌کنند.

از مهمترین روش‌های جوش مقاومتی می‌توان به **نقطه جوش، درز جوش** و **جوش سر به سر** اشاره نمود.

نقطه جوش: در این روش قطعات را بصورت نقطه‌ای به یکدیگر جوش می‌دهند. نیروی فشاری مورد لزوم را در این دستگاه از طریق الکترودهای مسی مخصوص عبور جریان، به قطعات اعمال می‌نمایند. از این روش برای اتصال ورق‌های فلزی استفاده می‌شود.



« دستگاه نقطه جوش »

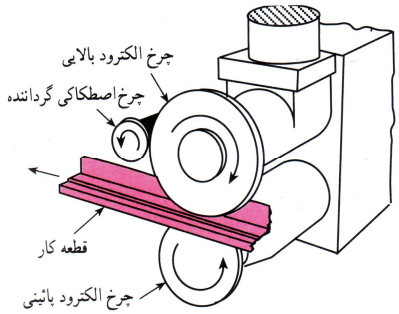


« شکل ساده دستگاه نقطه جوش »

درز جوش:

از این روش برای جوشکاری درزهای طولی مستقیم و یا فرم داری که بایستی آب‌بندی نیز باشند استفاده می‌نمایند (آب بندی مخازن از طریق نقطه جوش‌های بهم پیوسته)

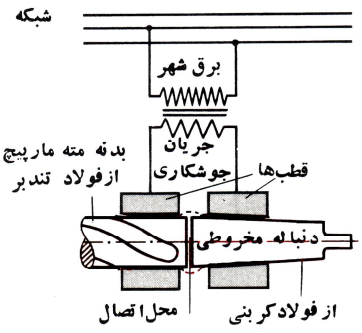
از این روش برای جوشکاری درز مخازن مانند باک اتومبیل، منبع اگزوز ، بدنه آبگرمکن و ... استفاده می‌شود.



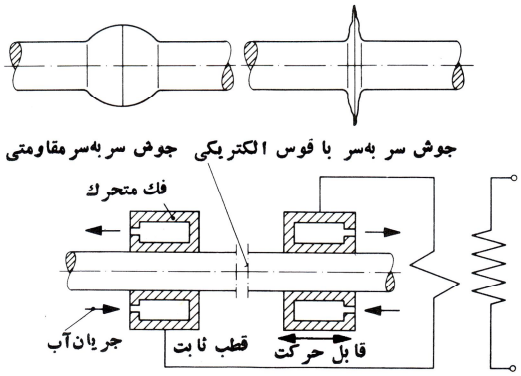
جوش سر به سر:

با این روش می‌توان قطعات گرد و یا منشوری را که جنس آنها از فولادهای کم کربن، مس و آلومینیوم بوده و سطح مقطع آنها تا 600 میلی‌متر مربع باشد به یکدیگر جوش داد. (اتصال مقاطع پروفیل‌ها مانند لوله، تسمه، قوطی و ...)

یکی از کاربردهای مهم جوش سر به سر در جوشکاری فولادهای تندبر به قطعاتی است که جنس آنها از فولادهای ارزان‌تری می‌باشند.



« اتصال دنباله به بدنه ابزارها »



« شکل ساده یک دستگاه جوش سر به سر »

مثال ۲۴ ـ چنانچه هدف، آب‌بندی ظروف یا مخازن مختلف باشد، فرآیند مناسب کدام است؟

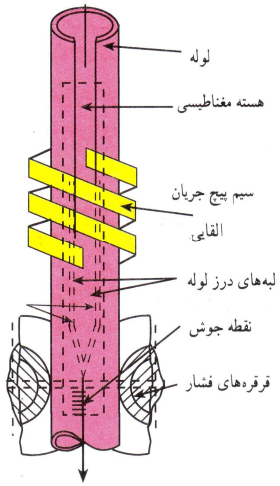
۱) نقطه جوش
۲) جوشکاری قرقره‌ای (درز جوش)
۳) جوشکاری القایی
۴) جوشکاری سر به سر

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» چنانچه هدف، آب بندی ظروف یا مخازن مختلف باشد فقط از طریق نقطه جوش‌های بهم پیوسته امکان پذیر است.

مثال ۲۵ ـ *کدام یک از روش‌های جوشکاری زیر از انواع جوشکاری‌های ذوبی محسوب می‌شود؟*

۱) زیر پودری ۲) نقطه جوش ۳) درز جوش ۴) جوش سر به سر

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»



جوشکاری القایی:

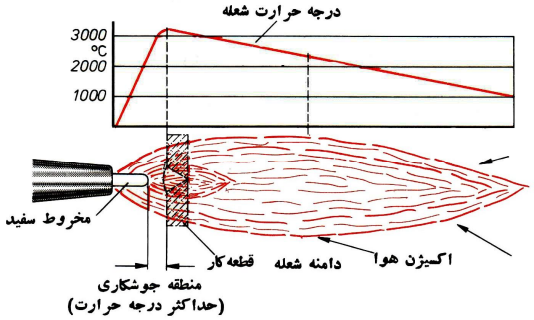
در این فرایند حرارت لازم جوشکاری از طریق القای جریان الکتریسیته تأمین می‌گردد.

یکی از کاربردهای این جوشکاری استفاده در اتصال درز لوله‌ها هنگام تولید لوله‌های درزدار می‌باشد.

جوشکاری با شعله گاز:

در جوشکاری با شعله گاز حرارت لازم از طریق انرژی شیمیایی (سوختن و فعل و انفعال بین دو گاز) تأمین می‌گردد.

قدرت و استحکام جوش در این فرایند به شدت حرارت شعله گاز، فشار گاز و قدرت تشعشع شعله بستگی دارد. گازهای مورد استفاده استیلن (C_2H_2)، پروپان (C_3H_8) و هیدروژن می‌باشند. از این سه نوع گاز استیلن حرارت بیشتری تولید می‌کند و چون با اکسیژن مصرف می‌شود بدین جهت به آن جوشکاری اکسی‌استیلن **(oxy – Acetylene)** گویند.



حداکثر درجه حرارتی که از احتراق دو گاز اکسیژن و استیلن پدید می‌آید در حدود 3200 درجه سانتی‌گراد است و در منطقه‌ای به فاصله 2 تا 5 میلی‌متر از رأس مخروط سفید رنگ قرار دارد. بهمین دلیل بایستی محل جوشکاری را در همین منطقه قرار داد.

زمانی که نسبت اختلاط اکسیژن و استیلن (1 : 1) انتخاب شود، قسمت مخروطی شعله سفید درخشان بوده و محدوده مشخصی دارد. این نوع شعله را **شعله خنثی** نامیده و در جوشکاری فولادها از این شعله استفاده می‌نمایند.

اگر مقدار اکسیژن زیاد انتخاب شود، مخروط سرمشعل کوتاهتر شده و رنگ آن بیشتر به آبی متمایل می‌گردد. مقدار اکسیژن اضافی موجود در این شعله با مذاب (در محل جوشکاری) ترکیب شده و آنرا شکننده می‌سازد. این شعله را **شعله اکسیدکننده** می‌نامند که در جوشکاری فولادها باعث جهیدن جرقه زیاد به اطراف گردیده و علاوه بر سوختن درز جوش، باعث داخل شدن سرباره به محل جوش می‌شود. از این نوع شعله در جوشکاری قطعات برنجی و هم چنین گرم‌کردن قطعات به منظور آبکاری، صاف‌کاری و ... استفاده می‌نمایند.

چنانچه مقدار استیلن بیشتر از اکسیژن تنظیم شود، مخروط سر مشعل محدودهٔ مشخصی نداشته، مضرّس بوده و رنگ آن بیشتر متمایل به زرد می‌گردد. در این حالت بدلیل کمبود اکسیژن مقداری از منواکسیدکربن، نسوخته باقی می‌ماند که بدلیل فشار شعله بداخل مذاب نفوذ کرده و باعث افزایش مقدار کربن آن و در نتیجه ازدیاد سختی و شکنندگی قطعه‌کار در محل جوشکاری می‌گردد. این نوع شعله، بنام **شعله احیاءکننده** معروف است و در جوشکاری قطعات چدنی و آلومینیومی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مثال ۲۶ ـ در جوشکاری با شعله گاز، معمولاً کدام ترکیب گازی به کار می‌رود؟

۱) ترکیب اکسیژن و هیدروژن ۲) ترکیب هیدروژن و استیلن ۳) ترکیب اکسیژن و استیلن ۴) ترکیب اکسیژن و گاز شهری

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» در جوشکاری با شعله گاز، انرژی حرارتی جوش از سوختن (فعل و انفعال شیمیایی) بین دو گاز تأمین می‌شود که معمولاً گاز سوختنی استیلن و لازمه سوخت اکسیژن می‌باشد لذا جوشکاری با شعله گاز به نام جوشکاری اکسی استیلن OAW نیز معروف است.

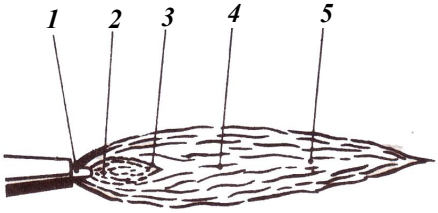
مثال ۲۷ ـ اگر در جوشکاری فولاد، مقدار استیلن بیش از حد مجاز باشد، چه عواقبی را در پی خواهد داشت؟

۱) درز جوش بدون سرباره خواهد شد. ۲) درز جوش به صورت سوخته شده در می‌آید.

۳) کیفیت جوش بهبود می‌یابد. ۴) میزان کربن درز جوش افزایش یافته و تُرد می‌شود.

☑ **پاسخ :** گزینه «۴»

مثال ۲۸ ـ بیشترین حرارت شعله جوشکاری اکسی‌استیلن در کدام قسمت قرار دارد؟



۱) در نقطه (1)

۲) در ناحیه (2)

۳) در ناحیه (3)

۴) در ناحیه (4) و (5)

☑ **پاسخ :** گزینه «۲»

مثال ۲۹ ـ در فرایند جوشکاری با شعلهٔ گاز اکسی استیلن، زیاد بودن نسبت گاز استیلن (شعلهٔ احیاکننده) در شعلهٔ جوش چه اثری در درز جوش دارد و از این نوع شعله در کدام مورد استفاده می‌شود؟

۱) موجب ایجاد حرارت زیاد و سوختن درز جوش می‌شود و برای جوشکاری چدن و آلومینیوم مناسب است.

۲) سبب سختی و شکنندگی درز جوش بوده و برای جوشکاری قطعات چدنی و آلومینیومی مناسب است.

۳) باعث قابل انعطاف بودن درز جوش گردیده و برای جوشکاری برنج و گرم‌کردن قطعات بمنظور آبکاری بکار می‌رود.

۴) دودهٔ زیادی ایجاد شده و سطح درز جوش را پوشانده و از اجرای عمل جوشکاری جلوگیری می‌کند.

☑ **پاسخ :** گزینه «۲»

برش با گاز:

هرگاه فولادهای غیرآلیاژی و کم آلیاژ را تا حد معینی (در حدود 1250 درجه سانتی‌گراد) گرم کرده و در این حال به محل گرم شده اکسیژن خالص با فشار دمیده شود، باعث اکسیده شدن سریع فولاد و در حقیقت سوختن آن می‌گردد که در این حال این اکسید گداخته از سیلان نسبتاً زیادی برخوردار بوده و بدلیل فشار و جریان گاز اکسیژن از محل برش دور شده و شکافی در آن بوجود می‌آورد که ادامه عمل باعث برش قطعه‌کار می‌گردد.

فشار گازها، فاصله سربک تا سطح‌کار و سرعت برش (سرعت پیشروی مشعل) به ضخامت قطعه‌کار بستگی دارد.

جدول فشار گازها، فاصله سر بک و سرعت پیشروی مشعل در برش با گاز				
ضخامت قطعه کار بر حسب میلیمتر	3 تا 10	10 تا 25	25 تا 50	50 تا 80
فشار گاز اکسیژن بر حسب بار	1.5 تا 2	2 تا 3.5	3.5 تا 5	5 تا 6.5
فشار گاز استیلن بر حسب بار	0.2	0.3	0.4	0.5
فاصله سر بک تا سطح کار بر حسب میلیمتر	2	3	4	5
سرعت برش بر حسب میلیمتر در هر دقیقه	420 تا 580	260 تا 420	210 تا 260	170 تا 210

مثال ۳۰ ـ تعریف صحیح «برش با گاز» کدام است؟ در این روش .....

۱) با استفاده از مشعل مخصوص قطعه را تا حدود $1250^{\circ}c$ گرم کرده و سپس اکسیژن خالص را با فشار به ناحیه گرم شده می‌دمیم.

۲) توسط مشعل جوشکاری حرارت قطعه‌کار را در یک ناحیه آنقدر افزایش می‌دهیم که قطعه در مسیر دلخواه ذوب شده و بریزد.

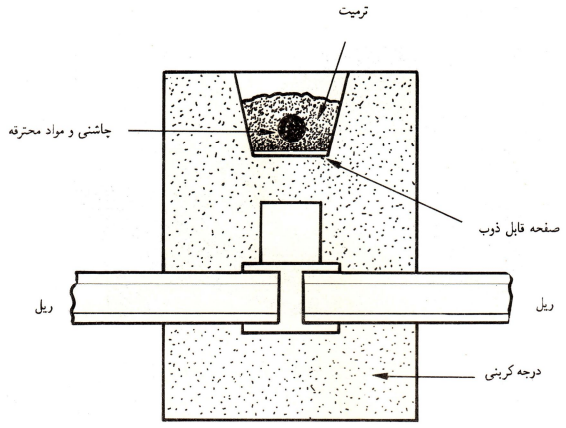
۳) توسط مشعل مخصوص قطعه را تا $1750^{\circ}c$ گرم کرده و گاز اکسیژن را بسته و مقدار استیلن را افزایش می‌دهیم.

۴) پس از ذوب کردن نقطه‌ای از قطعه (ابتدای خط برش) کافی است مشعل برش چرخ‌دار را در امتداد خط برشی به آرامی حرکت دهیم.

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

جوشکاری حرارتی شیمیایی (ترمیت):

در فرایند ترمیت گرمای جوش از طریق تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی تأمین می‌شود، اما در این روش مانند جوشکاری اکسی‌استیلن از سوختن و فعل و انفعال گازها استفاده نمی‌شود بلکه حرارت لازم از فعل و انفعال شیمیایی بین دو پودر فلزی بدست می‌آید.



مخلوط اکسید آهن و پودر آلومینیوم، دیرگداز بوده و در اثر خاصیت احیاشدن اکسیدآهن در مجاورت پودر آلومینیوم حرارت بسیار زیادی تولید شده و موجب ذوب آهن و فولاد می‌شود. (به مخلوط اکسیدآهن و پودر آلومینیوم ترمیت می‌گویند.)

از این روش برای اتصال قطعات فولادهای سنگین مانند ریل‌های راه‌آهن، پل‌ها و تأسیسات بزرگ و ماشین‌آلات صنعتی استفاده می‌کنند.

مثال ۳۱ ـ جوشکاری ترمیت عبارت است از:

۱) تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی برای تأمین گرمای جوشکاری
۲) جوشکاری با استفاده از فرآیند مقاومتی
۳) جوشکاری با استفاده از چسب اکریلیک
۴) جوشکاری قوس الکتریکی با پودر محافظ

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» در فرآیند ترمیت، گرمای لازم جوش از فعل و انفعال شیمیایی بین دو پودر فلزی بدست می‌آید.

مثال ۳۲ ـ «ترمیت» به کدام یک از ترکیب‌های زیر گفته می‌شود؟

۱) اکسید آلومینیوم و اکسید آهن
۲) پودر آلومینیوم و پودر آهن
۳) اکسید آلومینیوم و پودر آهن
۴) اکسید آهن و پودر آلومینیوم

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» در جوشکاری ترمیت برای اتصال قطعات فولادی معمولی از پودر اکسید آهن Fe_2O_3 و پودر آلومینیوم استفاده می‌شود.

لحیم‌کاری SOLDERING

لحیم‌کاری عبارت است از اتصال دو قطعه فلز متجانس یا غیرمتجانس بوسیله فلز یا آلیاژی بنام لحیم.

عمل لحیم‌کاری بدین صورت انجام می‌گیرد که لحیم ذوب شده، در اثر گرم‌شدن محل اتصال، در بین درز دو قطعه جاری شده و آن‌ها را به یکدیگر متصل می‌کند. بدیهی است که در این حال فقط لحیم ذوب شده و نیازی به ذوب شدن قطعات متصل شونده وجود ندارد. بنابراین لازم است نقطه ذوب لحیم از نقطه ذوب هر دو قطعه اتصال، پایین‌تر باشد.

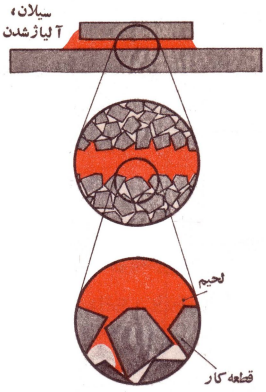
مکانیزم لحیم‌کاری:

عمل اتصال در لحیم‌کاری توسط نفوذ سطحی لحیم مذاب در بین کریستال‌های دو قطعه و ایجاد لایه نازکی از آلیاژ لحیم و جنس کار، در فصل مشترک آن‌ها در سه مرحله انجام می‌گیرد:

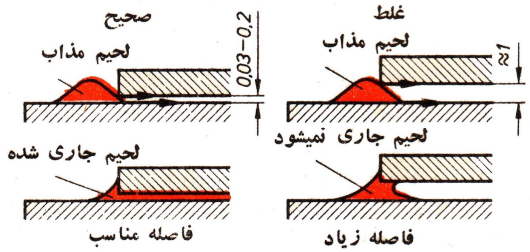
۱ـ تماس سطحی: پس از آن که درجه حرارت قطعه‌کار به حد معینی رسید و ماده کمکی تأثیر خود را بجای گذاشت، لحیم مذاب سعی می‌کند که با سطح کار تماس پیدا کند.

۲ـ سیلان: در این مرحله لحیم مذاب در محل لحیم‌کاری سیلان یافته و سعی در پر نمودن فضای خالی بین قطعات اتصال می‌نماید.

۳ـ آلیاژ شدن: مرحله نهایی کار است، در این مرحله لحیم مذاب در محل اتصال بصورت لایه نازکی نفوذ کرده، فضای خالی بین قطعات را کاملاً پر می‌کند و اتصال را برقرار می‌سازد.



نفوذ لحیم به داخل درز محل اتصال به فاصله بین قطعات بستگی داشته و هر چه این فاصله کمتر باشد، لحیم مذاب بهتر به داخل فضای خالی بین دو قطعه نفوذ کرده و اتصال بهتری را بوجود می‌آورد. انتخاب صحیح این فاصله باعث می‌شود که استحکام محل لحیم شده بیشتر از خود لحیم باشد. این فاصله به نوع لحیم و جنس قطعات متصل شونده بستگی داشته و مقدار آن در لحیم‌کاری نرم، برای فولاد از 0.03 تا 0.1 میلی‌متر بوده و در فلزات غیرآهنی از 0.1 تا 0.2 میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.



مثال ۳۳ـ برای استحکام هر چه بیشتر محل لحیم‌کاری شده، درز محل اتصال برای فولاد در لحیم‌کاری نرم باید چگونه باشد؟

۱) از 0.01 تا 0.02 میلی‌متر فاصله داشته باشد.
۲) بستگی به گرمای هویه و ضخامت ورق دارد.
۳) از 0.03 تا 0.1 میلی‌متر فاصله داشته باشند.
۴) کاملاً به هم چسبیده و بدون درز باشند.

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» فاصله بین قطعات اتصال به نوع لحیم و جنس قطعات متصل شونده بستگی دارد و مقدار آن در لحیم‌کاری نرم، برای فولاد از 0.03 تا 0.1 میلی‌متر بوده و در فلزات غیرآهنی از 0.1 تا 0.2 میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

علاوه بر فاصله بین قطعات، انتخاب درجه حرارت مناسب برای محل اتصال نیز در استحکام موضع لحیم‌کاری مؤثر می‌باشد. این درجه حرارت را اصطلاحاً «درجه حرارت کار» می‌نامند.

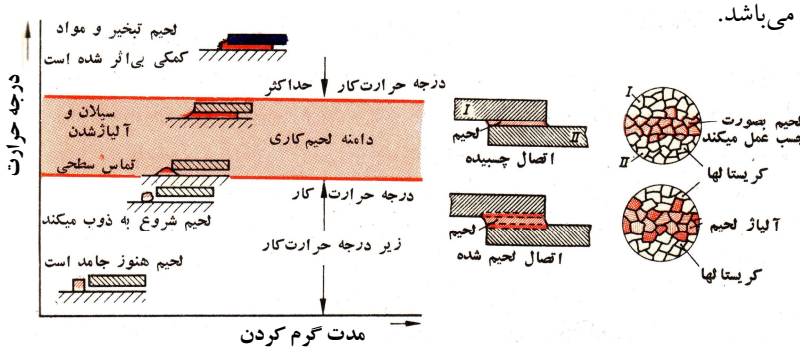
درجه حرارت کار:

درجه حرارت کار به پایین‌ترین درجه حرارتی اطلاق می‌شود که بایستی سطوح قطعه‌کار در محل لحیم‌کاری داشته باشند، تا انجام سه مرحله لازم برای عملیات لحیم‌کاری (تماس سطحی ـ سیلان ـ آلیاژ شدن) امکان‌پذیر باشد.

انتخاب درجه حرارت کار به نوع ترکیبات لحیم و جنس قطعات اتصال بستگی داشته و مقدار آن کمی بیشتر از نقطه ذوب لحیم در نظر گرفته می‌شود.

اگر درجه حرارت سطوح کار کمتر از «درجه حرارت کار» باشد عمل لحیم‌کاری انجام نمی‌گیرد، حتی اگر لحیم بصورت مذاب در بین دو قطعه قرار گرفته باشد، فقط ممکن است که در این حالت دو قطعه تحت تأثیر جاذبه مولکولی به یکدیگر بچسبند. بدیهی است که در این حال استحکام محل اتصال کمتر از حالت لحیم‌کاری می‌باشد.

اگر درجه حرارت کار بیشتر از «درجه حرارت کار حداکثر» باشد، لحیم سوخته و تغییر رنگ داده و ممکن است که به دلیل تبخیر، لحیم به اطراف پاشیده شده و استحکام محل اتصال نیز نقصان یابد.



لحیم‌کاری به دو دسته نرم و سخت تقسیم بندی می‌شود:

لحیم‌کاری نرم:

در لحیم‌کاری نرم درجه حرارت کار کمتر از 450 درجه سانتی‌گراد بوده و چون جنس لحیم از فلزات نرم مانند آلیاژهای قلع و سرب تشکیل شده است، محل اتصال در مقابل حرارت، مقاومت زیادی نداشته و استحکام آن کم (80 تا 150 نیوتن بر میلی‌متر مربع) بوده و قابل انعطاف می‌باشد.

از لحیم نرم در اتصال ورق‌ها، آب بندی ظروف و هم چنین کارهای الکتریکی استفاده می‌شود.

بیشترین و مهمترین لحیمی که در لحیم‌کاری نرم مورد استفاده قرارمی‌گیرد **آلیاژ قلع و سرب** می‌باشد. همچنین ممکن است علاوه بر قلع و سرب فلز دیگری نیز در آلیاژ وجود داشته باشد. نکته قابل توجه در این است که هر چه مقدار قلع در آلیاژ لحیم کمتر و مقدار سرب زیادتر باشد، نقطه ذوب آلیاژ بالاتر خواهد بود.

مثال ۳۴ ـ مفهوم لحیم 35/65 چیست؟

۱) 65 درصد قلع و 35 درصد سرب
۲) 65 درصد مس و 35 درصد روی
۳) 65 درصد روی و 35 درصد مس
۴) 65 درصد سرب و 35 درصد قلع

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» در لحیم نرم معمولاً از آلیاژهای قلع و سرب با درصدهای متفاوت بعنوان واسطه (پرکننده) استفاده می‌شود و متداول‌ترین آن‌ها دارای 35% قلع و 65% سرب می‌باشد. (35/65).

لحیم‌های نرم را در سه گروه استاندارد کرده و آن‌ها را به فرم‌های پودر، مفتول، شمش و صفحه‌ای تولید و به بازار عرضه می‌کنند.

جدول گروههای سه گانه لحیم‌های استاندارد

گروه	علامت اختصاری	درصد عناصر	درجه حرارت کار بر حسب ^{o}C	مورد استفاده
A لحیم‌های قلع و سرب	$L\text{-}PbSn_{25}Sb$ (آنتیموان‌دار)	قلع 25، آنتیموان 1.5، سرب بقیه	260	اطاق‌سازی ـ وسایل سردکننده
	$L\text{-}PbSn_{40}(Sb)$ (آنتیموان کم)	قلع 40، آنتیموان 0.3، سرب بقیه	235	قلع اندود کردن، لحیم‌کاری ورقهای گالوانیزه
	زیگر (بدون آنتیموان)	قلع 63، سرب 37	181	لحیم‌کاری ظریف با حرارت کم
B لحیم‌های قلع و سرب بعلاوه مس و یا نقره	$L\text{-}Sn_{60}PbCu$	قلع 60، مس 3، سرب بقیه	90	وسایل الکتریکی و الکترونیکی
	$L\text{-}Sn_{63}PbAg$	قلع 63، نقره 3.5، سرب بقیه	180	وسایل الکترونیکی، کارهای تزئینی
C لحیم‌های مخصوص	$L\text{-}SnSb_5$	آنتیموان 5، قلع بقیه	240	وسایل الکتریکی، لوله‌های مسی
	$L\text{-}SnAg_5$	نقره 5، قلع بقیه	235	لحیم‌کاری ظریف، صنایع غذایی

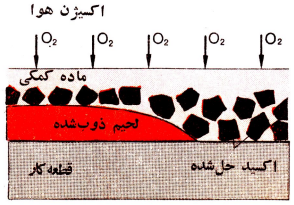
مثال ۳۵ ـ لحیم‌کاری نرم در چند درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود؟

۱) بالاتر از 200 درجه سانتی‌گراد
۲) بالاتر از 450 درجه سانتی‌گراد
۳) کمتر از 450 درجه سانتی‌گراد
۴) کمتر از 200 درجه سانتی‌گراد

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» در لحیم‌کاری نرم درجه حرارت کار کمتر از 450 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

مواد کمکی:

برای داشتن یک اتصال خوب در لحیم‌کاری بایستی ابتدا محل لحیم‌کاری را از آلودگی و زنگ، کاملاً تمیز نموده و روی محل لحیم شدنی را با قشری از مواد کمکی بپوشانیم. وظیفه مواد کمکی این است که اکسیدهای فلزی را که نقطه ذوبشان بیش از نقطه ذوب خود فلزات بوده و بصورت قشر نازکی سطح فلز را پوشانده و مانع تماس مستقیم لحیم با سطح فلز است، در خود حل کرده و آن را از مقابل لحیم مذاب کنار بزند تا مانع تماس لحیم و سطح کار نگردد.



وظیفه دیگر مواد کمکی این است که لبه‌های درز دو قطعه را با قشر نازکی پوشانده و از اکسیده شدن مجدد آن‌ها در هنگام لحیم‌کاری جلوگیری نماید.

انتخاب مواد کمکی به جنس و نوع کار بستگی داشته و در جدول زیر پاره‌ای از این مواد را مشاهده می‌کنید.

جدول مواد کمکی در لحیم‌کاری نرم

نام	طرز تهیه	مورد استفاده	توضیح
آب لحیم $ZnCl_2$	براده‌های روی را تا حد اشباع در جوهر نمک حل می‌کنند.	آهن، فولاد، مس و آلیاژهای آن	مواد باقیمانده را بوسیلهٔ محلولهای قلیائی (محلول داغ سودا) بشوئید.
جوهر نمک	محلول جوهر نمک با آب به نسبت 1:1.5	روی و قطعات روی اندود	
روغن لحیم	محصولات مخصوص تجارتی (کلوفون + پیه گاو + پودر نشادر)	برای تمام مواد	به شستشو نیازی ندارد.
کلوفون	صمغ طبیعی محلول در بنزن یا الکل	سرب و سیم‌های مسی	نیازی به شستشو ندارد در محل لحیم‌کاری یک قشر محافظ تشکیل می‌دهد.

ـ برای تمیزکردن محل لحیم‌کاری می‌توان از مواد شیمیایی نیز کمک گرفت. در این روش قبل از لحیم‌کاری، سطح قطعه‌کار را بوسیله اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید نیتریک و یا محلول‌های قلیایی مانند محلول سودا، تمیز می‌کنند.

ـ از نشادر برای بر طرف کردن قشر اکسیدی سطح هویه استفاده می‌کنند. برای این منظور لبه هویه گرم شده را روی نشادر می‌کشند.

مثال ۳۶ ـ ماده کمکی مناسب برای لحیم‌کاری روی و قطعات روی اندود کدام است؟

۱) آب لحیم $ZnCl_2$
۲) کلوفون
۳) روغن لحیم
۴) جوهر نمک

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» برای لحیم‌کاری روی و قطعات روی اندود از جوهر نمک بعنوان ماده کمکی استفاده می‌شود.

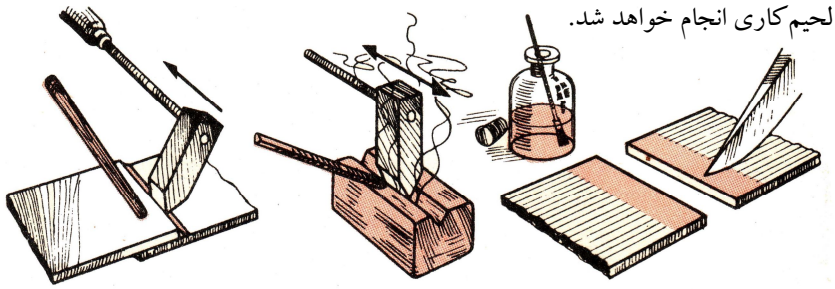
مثال ۳۷ ـ طرز تهیه «کلوفون» در لحیم‌کاری کدام است؟

۱) صمغ طبیعی محلول در الکل یا بنزن
۲) جوهر نمک محلول در آب با نسبت 1:1.5
۳) براده‌های روی، محلول در جوهر نمک تا حد اشباع
۴) ترکیبی از پودر نشادر و جوهر نمک

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

روش کار در لحیم‌کاری:

در لحیم‌کاری با هویه، ابتدا هویه، لحیم و ماده کمکی متناسب با جنس قطعه‌کار را انتخاب می‌کنیم. پس از آن با وسایلی مانند: سوهان، شابر و یا مواد شیمیایی سطح تماس دو قطعه را تمیز کرده و پس از آغشته‌کردن محل اتصال به مواد کمکی، آن‌ها را روی هم می‌گذاریم. حال هویه گرم شده را از روی چراغ برداشته و اکسیدهای آن را برطرف کرده و لبه آن را لحیم اندود می‌کنیم. اکنون می‌توان با قرار دادن هویه در کنار محل اتصال، درجه حرارت لازم را در قطعات ایجاد کرده و به محض رسیدن حرارت آنها به درجه حرارت کار، با انتقال لحیم از هویه به محل اتصال، لحیم‌کاری انجام خواهد شد.



« آماده‌کردن قطعات کار » « لحیم اندودکردن » « لحیم‌کاری »

لحیم‌کاری سخت:

در لحیم‌کاری سخت درجه حرارت کار بیش از 450 درجه سانتی‌گراد بوده و چون جنس لحیم از فلزات سخت‌تر و آلیاژهای آن‌ها مانند: مس ، نقره، برنج، و برنز انتخاب می‌شود، محل اتصال در مقابل حرارت مقاومت بیشتری داشته و از استحکام خوبی در مقایسه با لحیم نرم برخوردار می‌باشد. بهمین دلیل از لحیم سخت در مواردی استفاده می‌شود که از قطعات لحیم شده استحکام زیادی انتظار داشته و اتصال آنها بدلیل غیر متجانس بودن و در نتیجه متفاوت بودن نقطه ذوب آن‌ها با روش جوشکاری امکان‌پذیر نمی‌باشد، مانند اتصال لوله‌های فولادی به لوله‌های چدنی و یا مسی.

ـ متداول‌ترین لحیم سخت مس و آلیاژهای آن می‌باشد.

جدول جنس، درصد عناصر، درجه حرارت کار و مورد استفاده لحیم‌های سخت			
نوع لحیم	درصد عناصر تشکیل دنده	درجه حرارت کاری ^{o}C	مورد استفاده
مس L-S Cu	مس بدون اکسیژن با درجه خلوص 99.9	1100	لحیم‌کاری فلزات سخت روی فولادها (در ابزارهای براده برداری)
برنج $L\text{-}Ms_{63}$	% 63 مس، بقیه روی	910	ورقهای فولادی، چدن، مس و آلیاژهای آن
نقره $L\text{-}Ag_{49}$	% 49 نقره، % 15 مس و بقیه روی	700	اره‌های نواری، قطعات مسی و آلیاژهای آن
نقره $L\text{-}Ag_{25}Cd$	% 25 نقره، % 42 مس، % 15 کادمیم و بقیه روی	730	ظروف غذاخوری، صنایع تزئینی

ردیف	جنس فلز پرکننده	ترکیبات فلز پرکننده	کاربرد
۱	برنج	% 60 مس و % 40 روی	برای لحیم‌کاری فولاد معمولی، مس، نیکل، فولاد ضد زنگ (استنلس استیل)، چدن
۲	بُرنز منگنزدار	% 58.5 مس، % 1 قلع، % 1 آهن، % 35 منگنز، % 39.5 روی	مطابق کاربرد برنج
۳	نقره با فسفر	% 80 مس، % 15 نقره، % 5 فسفر	برای اتصال مس و آلیاژهای مس
٤	نقره بدون فسفر	از % 5 تا % 80 نقره، از % 15 تا % 52 مس، بقیه روی، قلع و کادمیم	برای لحیم‌کاری انواع فولاد، آلیاژهای مس و آلیاژهای آلومینیوم

مواد کمکی در لحیم‌کاری سخت:

در لحیم‌کاری سخت نیز به منظور تقلیل اکسیداسیون و هدایت اکسیدهای حل شده بر روی لحیم مذاب و هم چنین جلوگیری از اکسیداسیون مجدد، از ماده کمکی استفاده می‌شود. متداول‌ترین نوع ماده کمکی در لحیم سخت، براکس $Na_2B_4O_7$ می‌باشد که بنام «تنه کار» معروف است.

یکی دیگر از مواد کمکی لحیم‌کاری سخت، اسیدبوریک می‌باشد که در لحیم‌های برنج، نقره و مس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش کار در لحیم‌کاری سخت:

در لحیم‌کاری سخت پس از تمیزکردن سطوح درز اتصال، آنها را از مواد روانساز (تنه کار) می‌پوشانند. لحیم سخت در درجه حرارت بالاتر از ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده و روانساز روی سطوح را عقب زده و در درز اتصال جاری می‌شود و اتصال محکمی ایجاد می‌کند.

مثال ۳۸ ـ وظیفه «تنه‌کار» در لحیم کاری چیست؟

۱) کاهش زمان ذوب لحیم
۲) اکسیدزدایی و جلوگیری از اکسیدشدن مجدد قطعات اتصال
۳) جلوگیری از تغییر شکل قطعات
۴) چربی‌زدایی و تمیزکردن قطعات اتصال

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» وظایف مواد کمکی و روانسازها در لحیم‌کاری عبارت است از: اکسیدزدایی و جذب اکسیدهای موجود در محل اتصال، ایجاد سیلان و چسبندگی مواد پرکننده در محل اتصال، جلوگیری از اکسید شدن مجدد هنگام گرم شدن قطعات.

چسب GLUE

چسب‌ها موادی هستند که برای اتصال اجسام بکار می‌روند و بر حسب استحکام، قدرت چسبندگی، سرعت چسبیدن، مقاومت در مقابل حرارت و ... تقسیم‌بندی می‌شوند. متداول‌ترین چسب‌ها عبارتند از:

۱ـ سریشم: این چسب از محلول ژلاتین حیوانی (پوست، استخوان) بدست می‌آید و بصورت پودر خشک در دسترس است. (سریشم مایع از ماهی بدست می‌آید.)

۲ـ چسب‌های کائوچو: ازمحلول ساده کائوچو در یک حلال شیمیایی بدست می‌آید. چسب‌های کائوچویی قوی را از ترکیب کردن کائوچو با صمغ بدست می‌آورند که این نوع چسب در مقابل آب مقاوم است. با چسب‌های کائوچویی قوی می‌توان فلزات را به هم اتصال داد. از انواع چسب‌های کائوچویی می‌توان به **نئوپرن** (برای چسباندن لاستیک) و **استیرن بوتادین** (چسب فوری برای چسباندن تخت کفش‌ها و چرم‌ها) اشاره نمود.

۳ـ استات پلی‌وینیل: این نوع چسب بصورت داغ مصرف می‌شود و برای چسباندن کاغذ و مقوا در صنعت صحافی کاربرد دارد.

٤ـ چسب‌های ماوراء بنفش: این نوع چسب برای اتصال قطعات شیشه‌ای و بصورت مایع بکار می‌رود. پس از مصرف چسب در شیشه اشعه ماوراء بنفش در نور خورشید باعث خشک‌کردن و سفت شدن اتصال می‌شود.

۵ـ چسب‌های سرامیکی: این چسب از لعاب چینی (فریت)، اکسید آهن و گرد فولاد ضد زنگ ساخته شده و برای اتصال قطعات فولادی ضد زنگ مناسب است.

٦ ـ چسب رزین اپوکسی: از قدیمی‌ترین و متنوع‌ترین چسب‌ها بشمار می‌رود و برای چسباندن همه اجسام مناسب است. این چسب قوی بوده، خواص استحکام کششی و برشی خوبی دارد و قابلیت تحمل دماهای بالا را دارد زیرا گرما عامل سخت‌شدن آن می‌باشد.

۷ـ چسب‌های آکریلیک: این چسب‌ها استحکام، سختی و خواص عمومی خوبی از خود نشان می‌دهند و قادرند تقریباً انواع مختلف مواد نظیر پلاستیک‌ها، فلزات، سرامیکها و مواد مرکب را بهم بچسبانند. اغلب این چسب‌ها در دمای اتاق قادر به سخت‌شدن هستند.

۸ ـ چسب‌های اورتان: این چسب‌ها عموماً در مواردی که دمای کار زیر 65 درجه سانتی‌گراد باشد و قطعات بتوانند تغییر طول‌های زیاد را تحمل کنند، بکار می‌روند.

مثال ۳۹ ـ ***برای اتصال قطعات فولادی ضد زنگ و قطعاتی که لازم است در دمای بالاتر از $290^{\circ}c$ کار کنند، کدام یک از چسبهای زیر مناسب است؟***

۱) سرامیکی ۲) نئوپرن ۳) آکریلیک ۴) اورتان

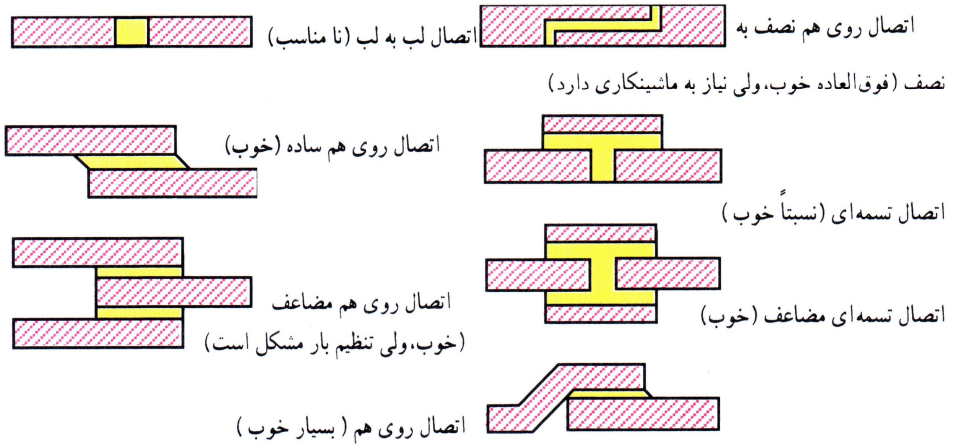
☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

مثال ۴۰ ـ ***کدام یک از چسب‌های زیر قابلیت تحمل دماهای بالا را دارد؟***

۱) سریشم ۲) رزین اپوکسی ۳) استیرن بوتادین ۴) آکریلیک

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» رزین اپوکسی قابلیت تحمل دماهای بالا را دارد زیرا گرما عامل سخت‌شدن آن است.

نکته: معمولاً اتصالات چسبی را به انواع « **سطح پیوسته**» و « **هسته به سطح**» طبقه بندی می‌کنند. در اتصال سطح پیوسته، دو سطح بهم چسبیدنی نسبتاً وسیع ، هم شکل و هم اندازه هستند. در اتصال هسته به سطح، یکی از سطوح بهم چسبیدنی در مقایسه با سطح دیگر بسیار کوچکتر است. در شکل زیر انواع اتصالات چسبی نشان داده شده است.



« طراحیهای ممکن اتصالات چسبی و درجه‌بندی عملکرد آنها در کار »

مثال ۴۱ ـ ***تصاویر زیر مربوط به اتصالات چسبی می‌باشد. کدامیک از عملکرد بهتری برخوردارند؟***

(۱) (۲) (۳) (۴)

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» اتصال روی هم نصف به نصف (فوق‌العاده خوب، ولی نیاز به ماشینکاری دارد.)

توجه : چسب‌ها تا زمانی که عمل نیایند حالت خنثی دارند، برخی از متداول‌ترین روش‌های عمل‌آوری چسب‌ها عبارتند از: عمل‌آوری بدون هوا ـ عمل‌آوری با گرم‌کردن ـ عمل‌آوری با اثر متقابل ـ عمل‌آوری با واکنش سطحی ـ عمل‌آوری با مواد حساس به نور فرابنفش ـ عمل‌آوری با واکنش سطحی.

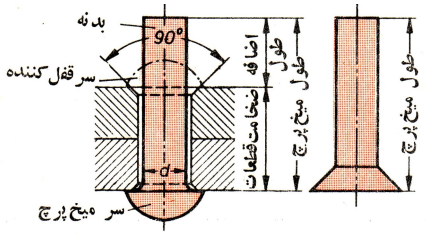
پرچکاری RIVETING

هر چند که اتصال قطعات با روش جوشکاری سرعت عمل و استحکام بیشتری دارد ولی در موارد زیر روش پرچکاری تنها راه اتصال قطعات است:

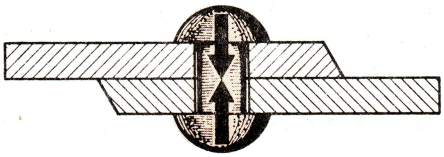
الف) نازک‌بودن ورق‌ها

ب) غیرقابل جوشکاری بودن بعضی ورق‌ها و یا سخت‌بودن عمل جوشکاری در آنها

ج) پیچیدگی قطعات بزرگ در اثر تنش حرارتی گرمای جوش



عملیات پرچکاری بمنظور اتصال ورق‌ها، پروفیل‌ها و شمش‌ها به یکدیگر کاربرد دارد و در این فرایند عامل اتصال میخ پرچ نام داشته و از دو قسمت بدنه و سر تشکیل شده است.



در پرچکاری فشرده‌شدن دو سرمیخ پرچ باعث اتصال دو قطعه به یکدیگر شده و بدنه آن مانع از حرکت طولی آنها نسبت بهم می‌شود. به این ترتیب نیروی اصطکاکی که بین دو قطعه بوجود می‌آید و هم چنین مقاومتی که بدنه میخ پرچ از خود نشان می‌دهد، اتصال مطمئنی را بوجود می‌آورد.

مثال ۴۲ ـ با آنکه عمل جوشکاری سرعت بیشتری دارد، به کدام دلایل پرچکاری در بعضی سازه‌ها رایج است؟

۱) ارزانی قیمت، استحکام بیشتر، آب بندی بهتر مخازن

۲) ضخیم بودن قطعات، سخت جوش خوردن، تغییر شکل حرارتی

۳) گرانی قیمت، استحکام کم، آب‌بندی بهتر مخازن

۴) نازک بودن قطعات، سخت جوش خوردن و تغییر شکل حرارتی

☑ **پاسخ :** گزینه «۴» با آن که جوشکاری سرعت عمل و استحکام بالاتری دارد ولی در موارد زیر پرچکاری تنها راه اتصال است: نازک بودن ورق‌ها، سخت بودن عمل جوشکاری، تغییر شکل حرارتی در قطعات اتصال.

در صنعت ممکن است از پرچکاری علاوه بر اتصال، انتظارات دیگری نیز وجود داشته باشد. که می‌توان آن‌ها را به چهار گروه زیر طبقه‌بندی نمود:

۱ـ اتصال لق: در این نوع اتصال دو قطعه نسبت به هم دارای مقداری لقی بوده ومی‌توانند حول محور میخ پرچ حرکت دورانی داشته باشند.
مانند: اتصال تیغه‌های قیچی‌های دستی و انبردست‌ها و ....

۲ـ اتصال محکم: در این روش میخ پرچ وظیفه انتقال نیرو و تثبیت قطعات اتصال را نسبت به یکدیگر توأماً بعهده دارد.
مانند: اتصالات ساختمان‌های فلزی، پل‌ها، وسایل نقلیه، جرثقیل‌ها و ....

۳ـ اتصال آب‌بندی: وظیفه میخ پرچ در این حالات علاوه بر اتصال، آب‌بندی قطعات نسبت به یکدیگر نیز می‌باشد.
مانند: اتصال در مخازن مایعات.

٤ـ اتصال محکم و آب‌بندی: در این نوع اتصال، محل اتصال بایستی وظیفه انتقال نیرو و آب‌بندی را توأماً بعهده داشته باشد.
مانند: دیگهای بخار و مخازن تحت فشار.

مثال ۴۳ ـ در کدام اتصال پرچی زیر، قطعات اتصال می‌توانند حول محور میخ پرچ حرکت دورانی داشته باشند؟

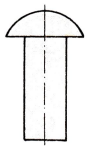
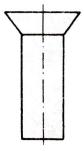
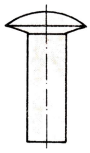
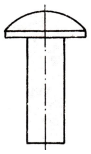
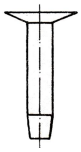
۱) اتصال لق ۲) اتصال آب بندی ۳) اتصال محکم ۴) اتصال محکم و آب بندی

☑ **پاسخ :** گزینه «۱» در اتصال لق، دو قطعه نسبت به هم دارای مقداری لقی بوده و می‌توانند حول محور میخ پرچ حرکت دورانی داشته باشند. مانند: اتصال تیغه‌های قیچی‌های دستی.

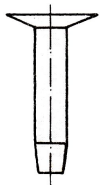
انواع میخ پرچ‌ها:

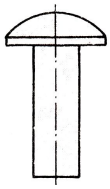
میخ پرچ‌ها را بر حسب نوع کار، نوع اتصال و ضخامت قطعات اتصال به فرم‌ها و اندازه‌های گوناگونی می‌سازند.

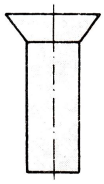
الف) میخ پرچ‌هایی که قطر آن‌ها تا 10 میلی‌متر بوده و برای اتصال قطعات با ضخامت کم بکار می‌روند. جنس این میخ‌پرچ‌ها را برحسب مورد استفاده ممکن است از فولاد نرم، مس، برنج، آلومینیوم و یا آلیاژهای آن انتخاب کنند. اصولاً جنس میخ پرچ از فلزاتی انتخاب می‌شود که قابلیت له شدن و فرم گرفتن داشته باشند.

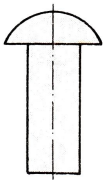
نام	میخ پرچ سر نیمگرد	میخ پرچ سر خزینه	میخ پرچ سر عدسی خزینه‌دار	میخ پرچ سر عدسی تخت	میخ پرچ تسمه
شکل					
موارد استفاده	اتصالات محکم، اتصالات محکم و آب‌بندی	در مواردی که لازم است سر میخ پرچ داخل قطعه اتصال قرار گیرد.	اتصالات ورقکاری، پروفیلهای آلومینیومی اتصالات ظریف		اتصالات مواد نرم مانند چرم، نمد، لاستیک

مثال ۴۴ ـ کدام یک از میخ پرچهای زیر مناسب اتصالات مواد نرم مانند چرم و لاستیک می‌باشد؟


(۱)

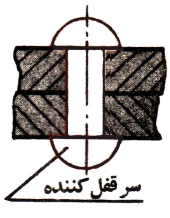
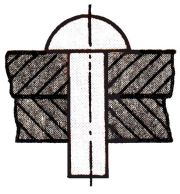

(۲)


(۳)


(۴)

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

ب) در ساختمان‌های فلزی و قطعاتی که دارای ضخامت بیشتری بوده و محل اتصال تحت تأثیر نیروی زیادی می‌باشد، از میخ پرچ‌هایی استفاده می‌کنند که قطر آن‌ها از 10 تا 36 میلی‌متر بوده و برای ازدیاد سطح نشیمن آن‌ها بمنظور تأمین نیروی اتصال و امکان آب‌بندی خوب، سر آن‌ها را کمی بزرگتر از میخ پرچ‌های گروه (الف) انتخاب می‌کنند. جنس این میخ پرچ‌ها معمولاً از فولاد نرم با استحکام $340\frac{N}{mm^2}$ می‌باشد.

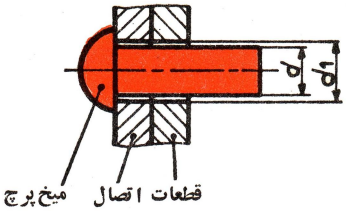
نام	میخ پرچ سر نیم‌گرد	میخ پرچ سر نیم گرد	میخ پرچ سر عدسی خزینه‌دار
شکل			
مورد مصرف	ساختمانهای فلزی	دیگ‌سازی	ساختمانهای فلزی ـ دیگسازی

نکته: سر میخ پرچ‌های دیگسازی از سرمیخ پرچ‌های ساختمان‌های فلزی بزرگتر است.

روش پرچکاری:

برای داشتن یک اتصال مطمئن در پرچکاری ابتدا بایستی قطر میخ پرچ، قطر سوراخ اتصال و طول میخ پرچ را به نحوی انتخاب نمود که اتصال مورد نظر را بوجود آورد.

انتخاب قطر میخ پرچ به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها ضخامت قطعات متصل شونده می‌باشد و معمولاً قطر آن را تقریباً به اندازه 1.8 برابر ضخامت قطعه اتصالی در نظر می‌گیرند که دارای ضخامت کمتری می‌باشد.



پس از انتخاب قطر میخ پرچ بایستی قطعات اتصال را به نحوی سوراخ کرد که میخ پرچ براحتی در داخل آن‌ها قرار گیرد. برای این منظور قطر سوراخ را در پرچکاری سرد متناسب با قطر میخ پرچ به اندازه 0.1 تا 0.5 میلی‌متر و در پرچکاری گرم به اندازه 1 میلی‌متر بزرگتر از قطر اسمی میخ پرچ انتخاب می‌کنند.

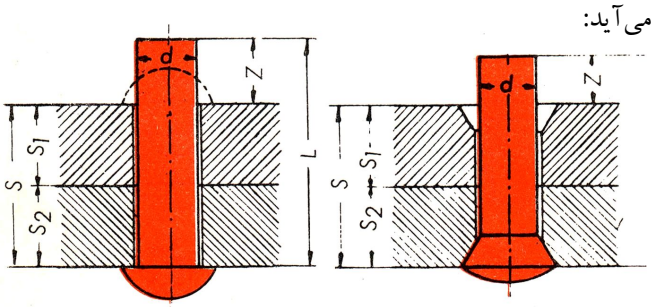
پس از سوراخکاری، طرفی از سوراخ قطعات اتصال را که در کنار سرهای میخ پرچ قرار می‌گیرند، بایستی پلیسه‌گیری کرد و در صورت لزوم خزینه‌کاری نمود.

مثال ٤٥ ـ در پرچکاری گرم قطر پرچ تقریباً چند میلی‌متر کوچکتر از سوراخ پرچ می‌باشد؟

۱) 0.1 ۲) 0.3 ۳) 0.5 ۴) 1

☑ **پاسخ :** گزینه «۴»

نکته: انتخاب طول میخ پرچ‌ها به ضخامت قطعات اتصال، فرم پرچ شده سرقفل‌کننده و نوع پرچکاری (سرد یا گرم) بستگی داشته و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:



طول میخ پرچ : L

ضخامت قطعه رویی : S_1

ضخامت قطعه زیری : S_2

مجموع ضخامت قطعات اتصال : S

اضافه طول بدنه میخ پرچ : Z

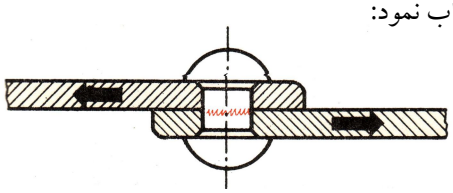
$$L = S + Z$$

مقدار اضافه طول بدنه میخ پرچ (Z) به فرم سرقفل‌کننده و نوع پرچکاری (سرد یا گرم) بستگی داشته و مقدار آن را می‌توان با استفاده از جدول زیر بدست آورد:

جدول طول لازم جهت فرم‌دادن سرقفل‌کننده میخ پرچ (z)		
فرم میخ پرچ	پرچکاری سرد	پرچکاری گرم
سر نیم‌گرد	1.5 d	1.8 d
سر خزینه	0.5 d	0.8 d
سر خزینه عدسی	0.7 d	d

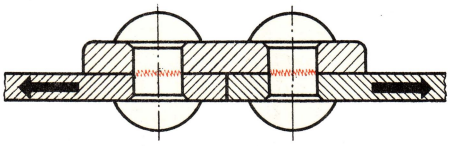
انواع اتصالات پرچکاری:

بر حسب نیروی انتقالی و نوع کار، می‌توان یکی از روش‌های زیر را برای اتصال انتخاب نمود:

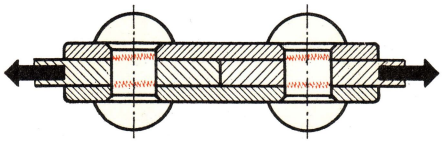


۱ـ پرچ روی هم: در این روش دو قطعه اتصال روی هم گذارده شده و میخ پرچ‌ها مستقیماً آن‌ها را به یکدیگر متصل می‌کنند.

۲ـ پرچ کنار هم (اتصال وصله‌ای): در این روش دو قطعه کار در کنار هم گذارده شده و با قرار دادن یک قطعه وصله روی آن‌ها، قطعات به یکدیگر متصل می‌شوند.



در مواردی که نیروی وارد بر قطعات اتصال زیاد باشد از دو وصله کمک گرفته می‌شود.

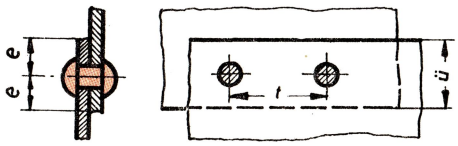
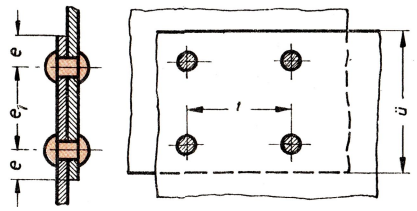
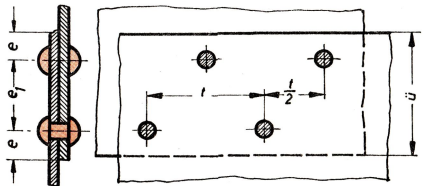
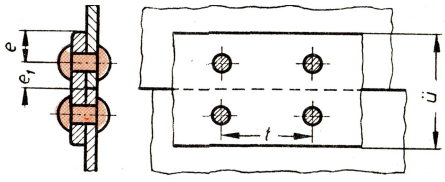
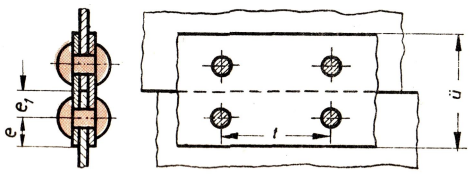


ترتیب و انتخاب فاصله در پرچکاری:

چنانچه در اتصالات پرچکاری، پرچ‌ها در امتداد یک خط قرار گیرند، آنرا پرچکاری یک ردیفه و اگر در امتداد دو خط موازی قرار گرفته باشند، دو ردیفه می‌نامند.

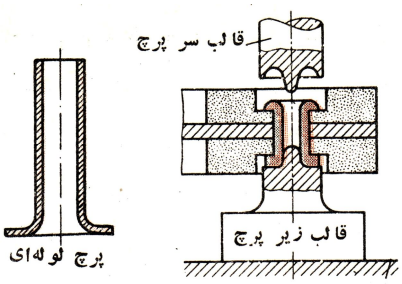
در پرچکاری دو ردیفه ممکن است پرچ‌ها در مقابل یکدیگر قرارگرفته باشند، که در این صورت آن را پرچکاری دو ردیفه موازی و در غیراینصورت آن را پرچکاری زیگزاگ گویند.

فاصله میخ پرچ‌ها از یکدیگر و تا کنار ورق باید به نحوی در نظر گرفته شوند که میخ پرچها و قطعات اتصال در مقابل نیروی خارجی مقاوم باشند.

نوع اتصال	شکل	روابط
یک ردیفه		قطر میخ پرچ : d $e \approx 1.5d$ $t \approx 2d + 8mm$ $\ddot{U} = 2e \approx 3d$
دو ردیفه موازی		$e \approx 1.5d$ $t \approx 2.6d + 10mm$ $e_1 \approx 0.8t$ $\ddot{U} = 2e + e_1$
دو ردیفه زیگزاگ		$e \approx 1.5d$ $t \approx 2.6d + 15mm$ $e_1 \approx 0.6t$ $\ddot{U} = 2e + e_1$
دو ردیفه یک وصله‌ای		$e \approx 1.5d$ $t \approx 2.6d + 10mm$ $e_1 \approx 0.9e$ $\ddot{U} = 2(e + e_1)$
دو ردیفه دو وصله‌ای		$e \approx 1.5d$ $t \approx 2d + 8mm$ $e_1 \approx 0.9e$ $\ddot{U} = 2(e + e_1)$

انواع میخ پرچ‌های مهم:

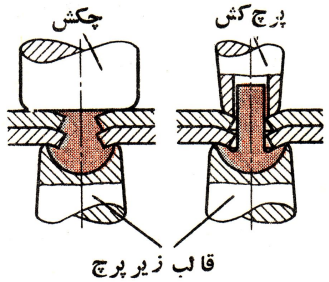
پرچ لوله‌ای:



از پرچ‌های لوله‌ای برای اتصال قطعات فلزی سبک مانند: مس، برنج، آلومینیوم و آلیاژهای آنها و یا مواد غیرفلزی مانند: چرم، مقوا و مواد مصنوعی استفاده می‌شود.

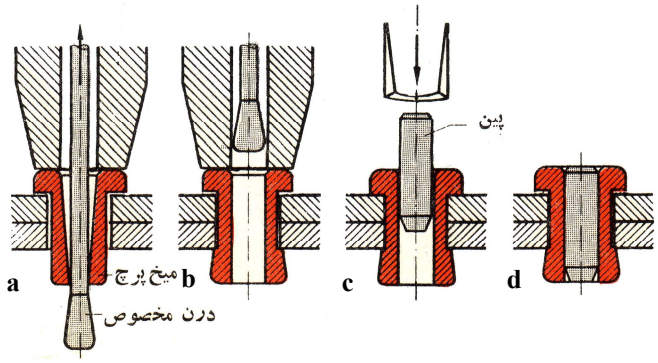
پرچ‌های لوله‌ای وقتی برای اجسام خیلی نرم مانند: پارچه، مقوا، پلاستیک و ... بکار برده شوند، همراه واشر نصب می‌شوند تا پرچ از قطعه خارج نشود.

پرچ قارچی:



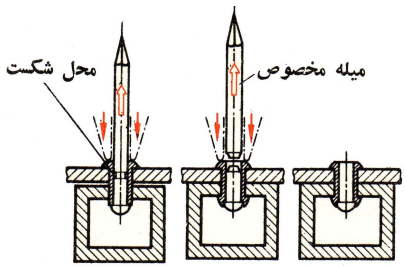
در اتصال ورقهای نازکی که بایستی از یک طرف کاملاً صاف بوده و برجستگی نداشته باشند، نمی‌توان از میخ پرچهای سر خزینه استفاده نمود، زیرا بدلیل ضخامت کم قطعات اتصال، امکان خزینه‌کاری وجود ندارد. برای این منظور از میخ پرچهای قارچی استفاده می‌شود.

پرچ شوبرت:



این میخ پرچها دارای سوراخ مخروطی بوده و روش پرچکاری با آنها بدین ترتیب است که ابتدا میخ پرچ را بهمراه درن مخصوصی در داخل سوراخ محل اتصال قرار داده و سپس با کشیدن درن از داخل سوراخ آن، سرقفل‌کننده را از هم بازکرده و عمل اتصال را انجام می‌دهند. در صورت لزوم می‌توان پس از فرم دادن سرقفل‌کننده با جا زدن میله ای در داخل سوراخ میخ پرچ، مقاومت پرچ را افزایش داد.

پرچ پوپ (میخی):

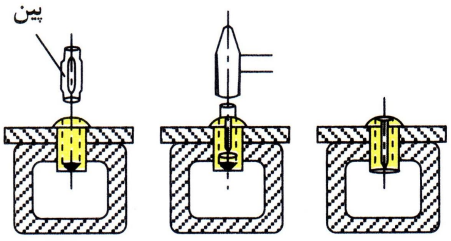


در اتصال ورقهای فلزی کاربرد دارد.

این میخ پرچها نیز مشابه پرچهای لوله‌ای می‌باشند و آنها را بهمراه میله مخصوصی بکار می‌برند که در هنگام پرچکاری از محل معینی شکسته و باقی مانده آن در محل سوراخ میخ پرچ باقی می‌ماند. بهمین دلیل میله این پرچها را نمی‌توان مانند درن میخ پرچهای شوبرت مجدداً مورد استفاده قرار داد.

این نوع پرچ را بعلت سرعت عمل زیاد و صدایی که در هنگام شکستن میله در حین پرچکاری از آن شنیده می‌شود «پرچ پوپ» گویند.

پرچ پین‌دار:



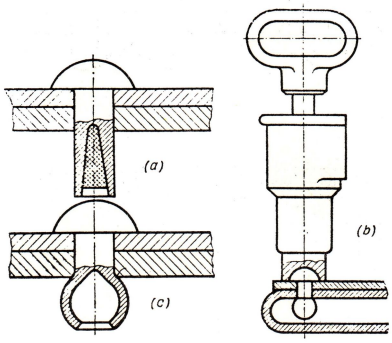
در اتصالات ضعیف کاربرد دارد.

انتهای سوراخ این پرچها را به فرمی می‌سازند که در هنگام جا زدن پین مربوطه از هم باز شده و سرقفل‌کننده را ایجاد نماید.

پرچ ترقه‌ای (انفجاری):

پرچ ترقه‌ای در مواردی استفاده می‌شود که قطعات اتصال فقط از یک طرف قابل دسترسی باشند.

در بدنه این نوع میخ پرچ‌ها، سوراخ بن بستی ایجاد و داخل آن را با مواد منفجره پرکرده و سپس با درپوشی آن را مسدود نموده‌اند. پس از عبور دادن ساقه پرچ از سوراخ قطعه‌کار، سر آن را توسط گرمکن الکتریکی گرم می‌کنند، تا در درجه حرارت 130^{oc} ماده منفجره، منفجر شده و دهانه پرچ انبساط پیدا می‌کند. پرچ انفجاری برای مخازن نگهداری مایعات و آب بندی نمودن درزها و ... کاربرد دارد. معمولاً جنس پرچ انفجاری آلومینیومی است.

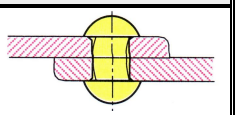
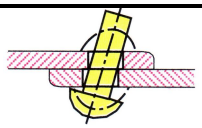
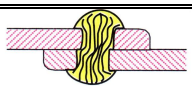
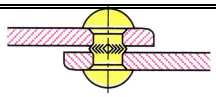
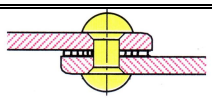
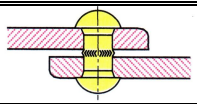
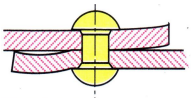
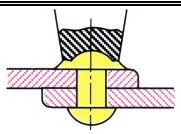
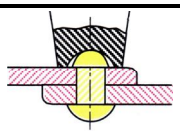


مراحل پرچ انفجاری a) نصب پرچ b) گرم کردن c) پرچ شدن

مثال ٤٦ ـ پرچ لوله‌ای در اتصال کدام یک از قطعات زیر کاربرد دارد؟

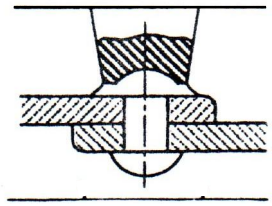
۱) فولاد آلیاژی ۲) فلزات سخت ۳) مس و آلومینیوم ۴) مخازن نگهداری مایعات

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» از پرچهای لوله‌ای برای اتصال فلزات نرم و سبک و مواد غیرفلزی استفاده می‌شود.

خطا	شکل	علت
بدنه میخ پرچ کج شده است و سوراخ را پر نمی‌کند.		سوراخ بزرگتر از اندازه مجاز است.
بدنه و سر قفل‌کننده میخ پرچ منحرف شده و استحکام محل اتصال کم است.		سوراخها در یک امتداد نیستند.
سرقفل‌کننده میخ پرچ دارای انحراف است.		امتداد سوراخها نسبت به سطح کار مایل هستند.
بدنه میخ پرچ بین دو قطعه اتصال جا خورده و مانع از آب‌بندی می‌باشد.		قطعات اتصال از هر دو طرف خزینه شده‌اند.
قطعات اتصال نسبت به هم فاصله دارند و مانع از آب‌بندی می‌باشند.		پلیسه و برادهٔ بین قطعات اتصال برطرف نشده است.
بدنه میخ پرچ بین دو قطعه اتصال جاخورده و مانع از آب‌بندی می‌باشد.		از پرچ‌کش استفاده نشده است.
لبه قطعات اتصال برجسته و ناهموار می‌باشد.		میخ پرچ بیش از حد مجاز کوبیده شده است.
سرقفل‌کننده بزرگ و دارای پلیسه می‌باشد.		طول میخ پرچ بزرگتر از اندازه مجاز می‌باشد.
سرقفل‌کننده کوچک است و استحکام محل اتصال کم می‌باشد.		طول میخ پرچ کوچکتر از اندازه مجاز می‌باشد.

«خطاهای پرچکاری»

مثال ۴۷ ـ *شکل زیر مربوط به کدام خطای پرچکاری است؟*



۱) پهنای سر میخ پرچ مساوی نیست.

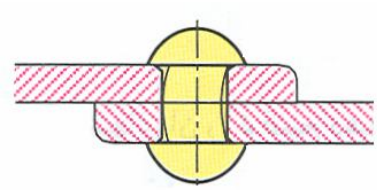
۲) طول میخ پرچ بزرگتر از اندازه مجاز می‌باشد.

۳) طول میخ پرچ کوچکتر از اندازه مجاز می‌باشد.

۴) فشار بیش از حد متعارف است.

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» چنانچه طول میخ پرچ بزرگتر از اندازه مجاز باشد، سرقفل کننده بزرگ و پلیسه‌دار می‌شود.

مثال ۴۸ ـ *علت خطای ایجاد شده در پرچکاری شکل روبرو کدام است؟*



۱) طول میخ پرچ کوچکتر از اندازه مجاز است.

۲) طول میخ پرچ بزرگتر از اندازه مجاز است.

۳) سوراخ بزرگتر از اندازه مجاز است.

۴) میخ پرچ بیش از حد مجاز کوبیده شده است.

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» هرگاه در اجرای عملیات پرچکاری ، سوراخ بزرگتر از اندازه مجاز باشد، بدنه میخ پرچ کج شده و سوراخ را پر نمی‌کند.