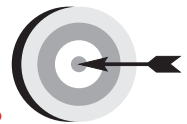


# فصل اول



## هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. اهمیت جوشکاری را بیان کند.
۲. جوشکاری را تعریف کند.
۳. روش‌های متداول جوشکاری ذوبی را نام ببرد.
۴. نحوه‌ی ایجاد گرما و حفاظت از حوضچه مذاب در جوشکاری با شعله گاز (OFW) را شرح دهد.
۵. دو روش جوشکاری قوسی که با محافظت سرباره انجام می‌شود را نام ببرد.
۶. در جوشکاری SMAW چگونگی تأمین گاز محافظ را شرح دهد.
۷. نقش گازهای مورد استفاده در جوشکاری MIG/MAG را شرح دهد.
۸. جوشکاری MIG/MAG که به طور کامل اتومات است را معرفی کند.
۹. روش ایجاد مذاب و حفاظت از آن در جوشکاری TIG را شرح دهد.

## جوشکاری و اهمیت آن در صنایع

### ۱-۱ تاریخچه‌ی جوشکاری

جوشکاری یا آهنگری پتکه‌ای<sup>۱</sup> که با ضربات چکش، قطعات گداخته را به هم جوش می‌دهند؛ بیش از هزاران سال پیش، معمول بوده و مصریان از این روش استفاده می‌کردند. مصری‌ها، یونانی‌ها و روس‌ها برای لحیم‌کاری فلزات قیمتی و زود ذوب از نوعی مشعل ابتدایی استفاده می‌کردند. سوخت این مشعل‌ها مایعات قابل اشتعال بودند.

اوایل قرن ششم جوشکاری اکسی استیلن به کار گرفته شد. در آن زمان با شعله حاصل از سوختن به راحتی فولادها را به هم جوش می‌دادند.

در قرن اخیر نیز استفاده از گاز استیلن با خلوص بالا و راندمان گرمای زیاد و به کارگیری اکسیژن خالص به جای هوا در مشعل‌های جوشکاری امکان ذوب سریع لبه‌های اتصال فراهم می‌آید که با مخلوط شدن مذاب لبه‌های قطعات و مذاب سیم جوش و سرد شدن مجدد آن‌ها قطعات به هم جوش داده می‌شوند.

جوشکاری با قوس الکتریک در سال ۱۸۸۵ توسط یک فرد روسی با نام برنادوس (N. Bernados) با الکتروود ذغالی ابداع گردید.

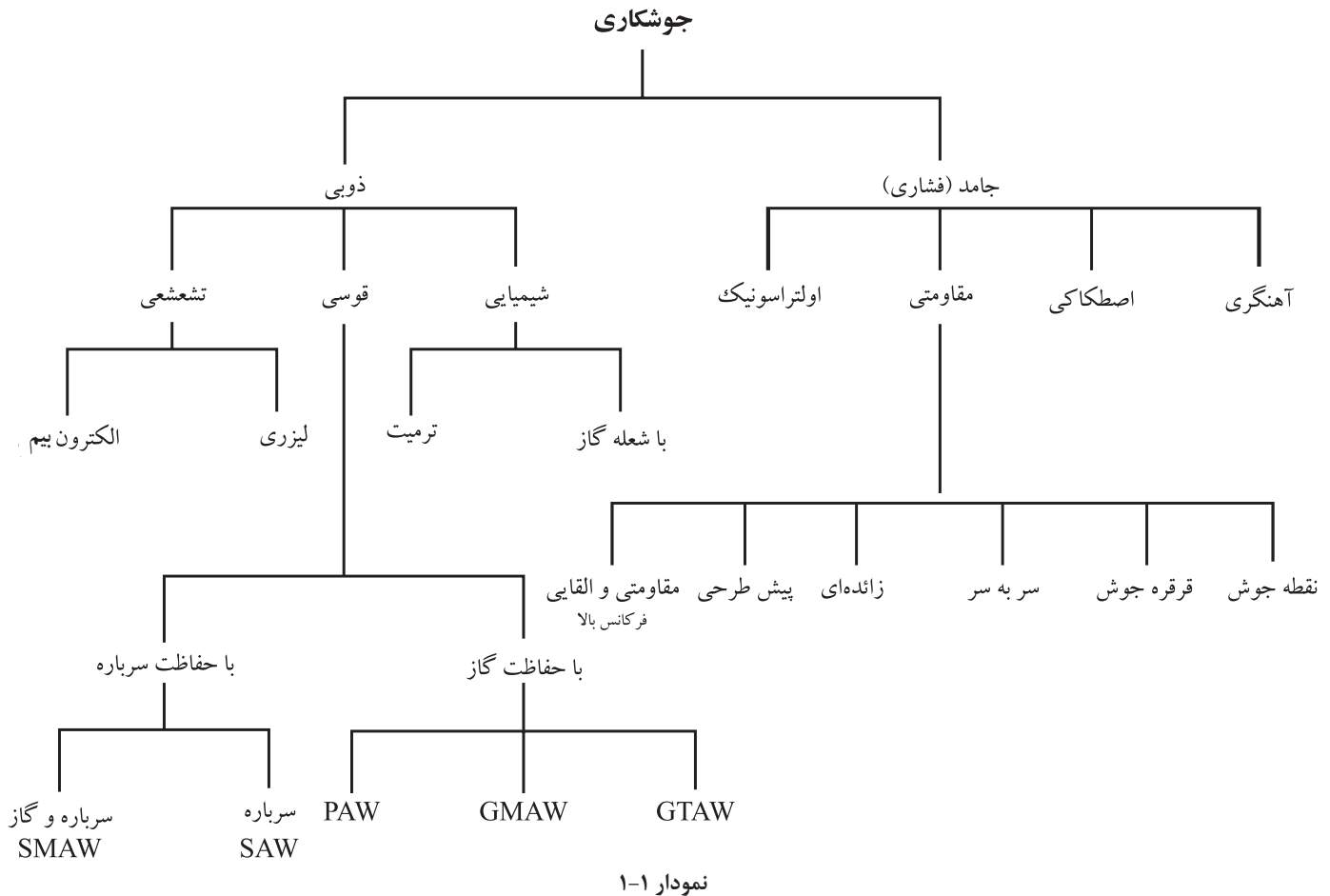
استفاده از الکتروود فلزی به جای الکتروود ذغالی در سال ۱۸۹۱ توسط یک آمریکایی به نام کوفین (Coffin) معرفی شد. از این تاریخ جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود لخت فلزی متداول شد. ولی این شیوه دارای کیفیت مطلوب نبود. ضمن آنکه انجام کار نیز با این شیوه دشوار بود.

---

۱- Forge welding (جوشکاری آهنگری)

الکتروود روپوش دار به وسیله‌ی یک مخترع سوئدی به نام اسکار کیلبرگ (Oskar Kyellberg) در سال ۱۹۰۵ موجب کاربرد فراوان این روش در صنایع شد و تا کنون مورد استفاده قرار دارد.

از این پس روش‌های دیگر جوشکاری مطابق نمودار (۱-۱) ابداع و بعضی از آنها نیز پس از مدت کمی استفاده منسوخ شده و یا روش تکامل یافته آن، امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



### نکته

1. SMAW جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار
2. SAW جوشکاری قوسی پنهان (زیر پودری)
3. PAW جوشکاری پلاسما
4. GMAW جوشکاری قوسی با الکتروود فلزی و گاز محافظ
5. GTAW جوشکاری قوسی با الکتروود تنگستن و گاز محافظ

در این کتاب روش‌های جوشکاری که کاربرد گسترده‌تر دارند معرفی شده‌اند و از معرفی روش‌های جوشکاری اولتراسونیک، ترمیت، لیزر، الکترون بیم و پلاسما صرف نظر شده است.

## ۲-۱ اهمیت جوشکاری

کشف خواص مواد طبیعی و استخراج و بهینه‌سازی آن‌ها از جمله آلیاژسازی و بهبود خواص فلزات و استفاده از فناوری اطلاعات در ایجاد سازه‌های متنوع منجر به توسعه و گسترش علوم مکانیک شده و شکل‌دهی و یکپارچه‌سازی یک مصنوع با اتصال اجزا به هم موجب نوآوری زیادی در برشکاری و اتصال فلزات شده است.

از روش‌های اتصال که بیش از ۲۰۰۰ سال پیش مورد استفاده بوده می‌توان پرچ و پیچ و جوشکاری کوره‌ای را نام برد و بناهای تاریخی متعددی که هنوز زیبایی و استحکام خود را حفظ کرده‌اند مانند پل معلق اهواز و برج ایفل از آن جمله‌اند.

امروزه جوشکاری و برشکاری فلزات به صورت فراگیر در صنایع فلزی به عنوان برترین روش اتصال دائم فلزات کاربرد فراوانی دارد و در ساختمان‌ها و پل‌های فلزی و صنایع نظامی و استخراج و حمل و نقل جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی و صنایع حرارتی - برودتی، اکتشاف و استخراج و انتقال نفت و گاز به کار گرفته می‌شود ابداع روش‌های زیاد جوشکاری موجب شده تا گروه زیادی در این صنعت به کار اشتغال ورزند.

سرعت عمل، ارزانی، کیفیت خوب اتصال جوشی و سبکی و سادگی اجرا و امکان مکانیزه و اتوماسیون شدن اکثر فرایندهای جوشکاری باعث کاربرد بیشتر روش‌های جوشکاری نسبت به سایر روش‌های اتصال شده است.

به دلیل وابستگی این صنعت به علوم و فنون روز و علوم پایه و تخصصی فیزیک، شیمی، متالورژی و... و به دلیل گستردگی دامنه‌ی علمی آن متخصصان و دانشمندان زیادی همواره در حال پژوهش بوده و استانداردها و دستورالعمل‌های مختلفی تدوین و تنظیم گردیده است و این تحقیقات در تمام دنیا توسط انستیتوها و انجمن‌های مختلف جوشکاری و برشکاری ادامه دارد تا پروژه‌ها با طراحی مناسب و اقتصادی‌تر صورت گرفته و از نظر خواص مکانیکی ضعف نداشته باشند.

با توجه به گوناگونی فولادها و فلزات و آلیاژهای فلزی چون مس و آلومینیوم و سایر فلزات صنعتی با جوش‌پذیری و کاربردهای متفاوت بر اهمیت این صنعت افزوده است. به کارگیری فرایندهای مختلف جوشکاری هنگام ساخت و استفاده از لوله‌ها در خطوط



آب، نفت و گاز، ساخت مخزن‌های تحت فشار این رشته را از جایگاه ویژه‌ای برخوردار نموده است.

سرعت اجرای تولید و سائل حمل و نقل زمینی و هوایی و دریایی نیز مدیون صنعت جوشکاری و علوم وابسته است.

به طور کلی جوشکاری جزء صنایع مادر به حساب آمده و کمتر کارخانه و کارگاه تولیدی و صنعتی را می‌توان یافت که از این صنعت بهره‌برنده نباشد.

از این رو دست‌اندرکاران این صنعت از شخصیت شغلی بالایی برخوردارند و ضرورت دارد همواره با یافته‌ها و استانداردهای روز جهان در ارتباط بوده و توانایی‌های خویش را ارتقاء دهند.



### ۱-۳ تعریف جوشکاری و تقسیم‌بندی آن

تعریف جوشکاری: یک پارچه شدن قطعات به کمک گرما یا فشار یا هر دو با استفاده از فلز واسطه یا بدون آن.

استحکام کافی یک اتصال جوشی فقط از طریق پیوند اتمی به وجود می‌آید.

## تقسیم‌بندی جوشکاری

به طور کلی جوشکاری به دو دسته مهم جوشکاری ذوبی و جوشکاری در حالت جامد تقسیم می‌شود.

۱- ذوبی: ذوب کردن لبه‌های اتصال تا اتم‌های دو قطعه در حالت مذاب به هم رسیده تا هیچ فاصله‌ای بین اتم‌ها در محل تماس باقی نمانده و پیوند اتمی و جاذبه به وجود آید.

۲- غیر ذوبی (جامد): اعمال فشار در حالت سرد یا گرم تا فصل مشترک قطعات در هم ادغام شده (مومسانی) و فاصله‌ی بین اتم‌های دو قطعه در محل تماس حذف شده و پیوند اتمی صورت گیرد.

## ۴-۱ انواع جوشکاری‌های ذوبی

نوع انرژی گرمایی مورد استفاده و روش محافظت از مذاب دو عامل اصلی انتخاب نام برای فرآیند جوشکاری ذوبی است مثلاً جوشکاری با شعله گاز (OFW)<sup>۱</sup> و یا جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش‌دار (SMAW)<sup>۲</sup>.

روش‌های متداول جوشکاری‌های ذوبی که به آن‌ها خواهیم پرداخت عبارتند از:

- جوشکاری با شعله گاز (OFW)
- جوشکاری با قوس الکتریک و الکتروود روپوش‌دار (شکل ۱-۱)
- جوشکاری با قوس الکتریک تحت محافظت پودر (زیر پودری) (SAW)<sup>۳</sup>
- جوشکاری با قوس الکتریک تحت پوشش گاز محافظ و الکتروود مصرف شدنی (GMSW)<sup>۴</sup>
- جوشکاری با قوس الکتریک تحت پوشش گاز محافظ و الکتروود مصرف نشدنی (GTAW)<sup>۵</sup>

### ۴-۱-۱ جوشکاری با شعله گاز OFW

گرمای لازم برای ذوب فلز پاید و سیم‌جوش در این روش از سوختن گاز تأمین می‌شود. و اکسیژن برای این که گاز قابل اشتعال، خوب و کامل بسوزد لازم است به طور



شکل ۱-۱ جوشکاری با الکتروود روپوش‌دار

۱ - Oxy Fuel Welding

۲ - Shielded metal Arc Welding

۳ - Sub Merg Arc Welding

۴ - Gas metal Arc Welding

۵ - Gas Tungsten Arc Welding

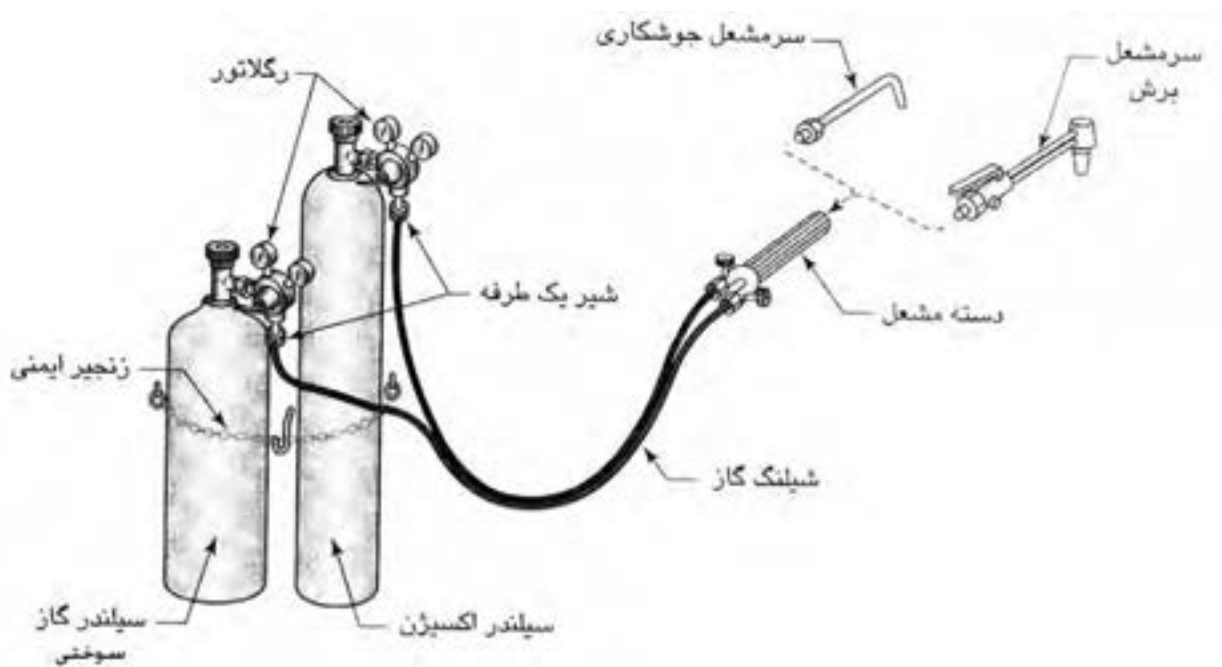


مثال گاز استیلن  $C_2H_2$  به عنوان گاز سوختنی و اکسیژن  $O_2$  به عنوان عامل سوختن و یک مشعل که این دو گاز را با نسبت مناسب با هم مخلوط نموده تا شعله به صورت دستی قابل استفاده باشد، مورد نیاز است.

همچنین تجهیزات لازم برای در اختیار داشتن گازها با فشار مناسب و قابل تنظیم و وسیله هدایت آنها به مشعل از ملزومات است (شکل ۱-۲) در این کتاب به طور کامل به شرح این روش جوشکاری ذوبی خواهیم پرداخت.



شکل ۱-۲ تجهیزات جوشکاری و برشکاری با شعله گاز



مجموعه‌ی یک دستگاه جوشکاری و برشکاری ساده با شعله‌ی گاز

در این فرآیند شعله، (سوختن گاز و گازهای حاصل از سوخت) حفاظت منطقه ذوب از اثرات سوء آتمسفر را به عهده دارد ولی این حفاظت کامل نیست ولی برای فلزاتی که در مقابل اکسیژن حساسیت کمتری دارند به کار گرفته می‌شود. (شکل ۱-۳)

## ۲-۴-۱ جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار (SMAW)

گرمای لازم برای ذوب لبه‌ها از قوس الکتریکی تأمین می‌شود (عبور جریان برق با شدت زیاد بین دو قطب جریان که در فاصله کمی از هم قرار گرفته باشند را قوس الکتریکی گویند) قوس الکتریکی دارای گرمای زیادی است و می‌تواند همه‌ی فلزات صنعتی را ذوب کند. (شکل ۱-۴)



شکل ۱-۴ جوشکاری ذوبی با قوس

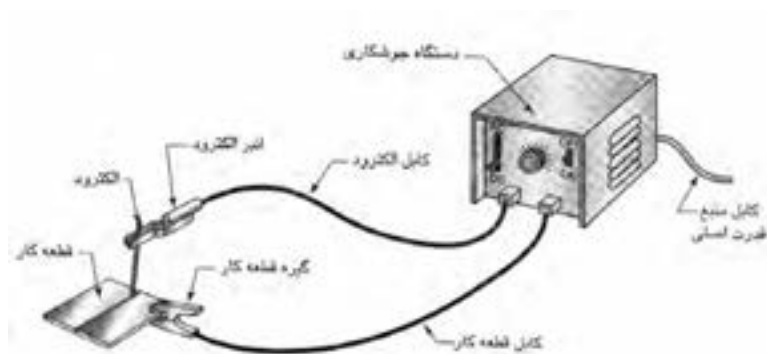


شکل ۱-۳ جوشکاری ذوبی با شعله

در جوشکاری SMAW، قوس الکتریکی در اثر تماس یک میله‌ی فلزی حاوی جریان الکتریسیته به نام الکتروود با قطعه کار به وجود می‌آید، روی الکتروود را موادی پوشانده است که در گرمای قوس سوخته یا تجزیه شده و گازهای محافظ برای محافظت از حوضچه‌ی مذاب و ستون قوس را تولید می‌کند «در خصوص روپوش الکتروود، مواد به کار رفته در روپوش و نقش‌های روپوش در سال سوم خواهید آموخت».



الکتروود در دهانه انبر جوشکاری قرار می‌گیرد (شکل ۵-۱) و انبر با کابل روکش‌دار به دستگاه جوشکاری وصل شده و جریان برق مناسب توسط دو کابل یکی کابل انبر و دیگری کابل اتصال از طریق دستگاه جوشکاری تأمین می‌گردد. (شکل ۶-۱)

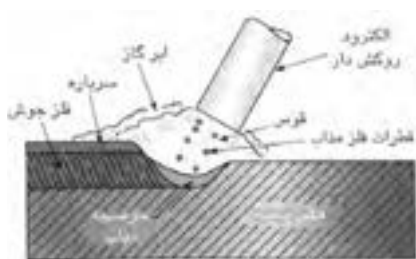


شکل ۶-۱ دستگاه ساده جوشکاری با الکتروود روپوش‌دار



شکل ۵-۱ انبر الکتروودگیر

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود الکتروود ضمن برقراری قوس خود ذوب شده و با مذاب لبه‌ها مخلوط می‌شود که پس از انجماد فلز جوش را تشکیل داده باعث اتصال قطعات به هم می‌شود روپوش الکتروود هم در گرمای قوس سوخته و ذوب شده و مذاب روپوش به علت سبکی وزن روی فلز جوش را می‌پوشاند و تشکیل سرباره یا گل جوش می‌دهد به همین دلیل جوشکاری SMAW در ردیف جوشکاری ذوبی با محافظت گاز و سرباره قرار می‌گیرد.<sup>۱</sup> (شکل ۷-۱)



شکل ۷-۱ نمای انجام جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش‌دار

### ۳-۴-۱ جوشکاری زیرپودری (SAW)<sup>۲</sup>

در این فرایند هم گرمای لازم برای ذوب لبه‌های درز اتصال از گرمای قوس تأمین می‌شود ولی چون قوس الکتریکی در زیر پودر (فلاکس) ایجاد می‌شود به جوشکاری قوس پنهان یا جوشکاری زیرپودری معروف است.

قوس بین الکتروود لخت (بدون روکش) و قطعه کار ایجاد می‌شود، خود الکتروود نیز ذوب شده و با مذاب لبه‌ها مخلوط گردیده و از انجماد آن‌ها فلز جوش تشکیل می‌شود. الکتروود به صورت کلاف در بالای غلتک‌های هدایت الکتروود قرار دارد و توسط آن غلتک‌ها به طرف نازل و قوس الکتریکی هدایت می‌شود و از طریق تماسی که با نازل

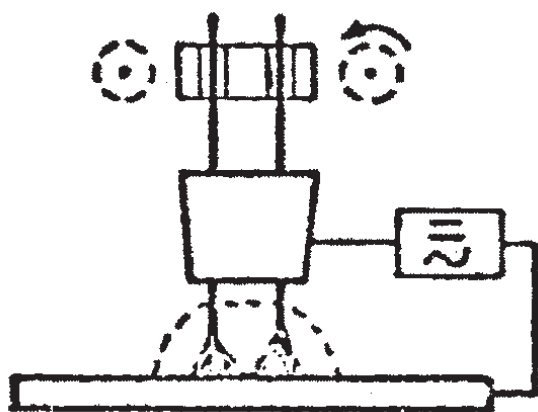
۱ - اطلاعات بیشتر درباره‌ی روپوش الکتروود و ویژگی و انواع آن در کتاب جوشکاری سال سوم آمده است.

۲ - Submerged Arc Welding

سیم دارد به قطب مثبت جریان دستگاه جوش وصل می‌شود حفاظت به وسیله‌ی پودر که توسط لوله‌ای از مخزن به محل درز جوش می‌رسد عملی می‌شود و همیشه جلوتر از حرکت پیشروی الکتروود، پودر در محل ریخته می‌شود.

گرمای قوس باعث تجزیه و سوختن پودر فلاکس شده و گازهای محافظ مانند روش SMAW از بطن قوس به وجود می‌آید به علاوه پودر نقش آلیاژسازی را نیز به عهده دارد و به طور معمول سیم و پودر مکمل یکدیگرند.

قسمتی از پودر که ذوب می‌شود به صورت سرباره یا شلاکه روی گرده جوش قرار می‌گیرد این روش به نام روش حفاظت با سرباره شناخته می‌شود قسمت باقی مانده پودر جمع‌آوری و با پودرهای مصرف نشده مخلوط می‌شود و به مخزن پودر برگردانده می‌شود. همانطور که در شکل (۱-۸) مشاهده می‌شود امکان مکانیزه شدن این فرآیند (اتومات شدن) فراهم است چون الکتروود به صورت مداوم از کلاف باز شده توسط غلتک‌ها به قوس می‌رسد و در مواردی دو الکتروود که با هم کمی فاصله دارند هم به کار گرفته می‌شود و الکتروودها به محل درز هدایت شده و توسط قوس الکتریکی ذوب می‌شوند. (شکل ۱-۸-۱)



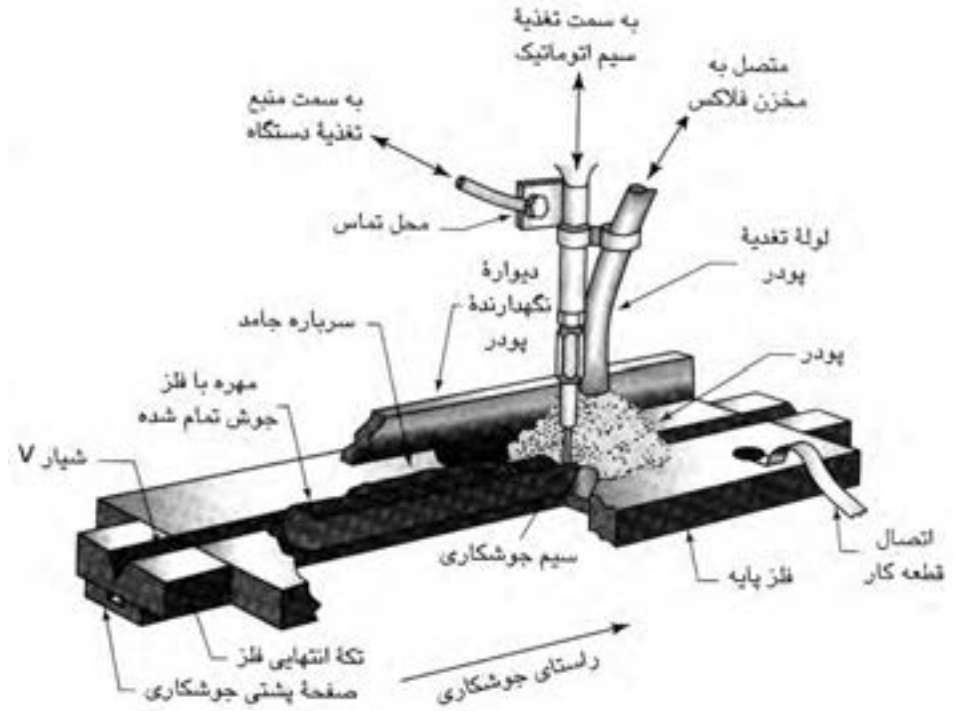
شکل ۱-۸-۱ جوشکاری زیرپودری با دو الکتروود



شکل ۱-۸ جوشکاری زیرپودری با واگن متحرک

پودر توسط لوله قیفی شکل به محل قوس الکتریکی هدایت می‌شود و کار با سرعت معینی حرکت پیشروی داشته و جوشکاری به طور اتومات اجرا می‌شود البته سرعت سیم و سرعت پیشروی باید به طور دقیق تنظیم شده باشد تا مقدار فلز رسوب داده شده به اندازه‌ی لازم باشد.

چنانچه مطابق شکل (۹-۱) کلاف سیم و غلتک‌های هدایت سیم و مخزن و مسیر اتصال پودر از مخزن به محل قوس روی یک ارابه چرخ‌دار نصب شده باشد می‌توان کار ثابت و بی‌حرکت باشد و ارابه با سرعت مناسب حرکت پیشروی را انجام دهد. (شکل ۱۰-۱)



شکل ۱۰-۱ جوشکاری زیرپودری اتومات

شکل ۹-۱ نمای انجام جوشکاری زیرپودری

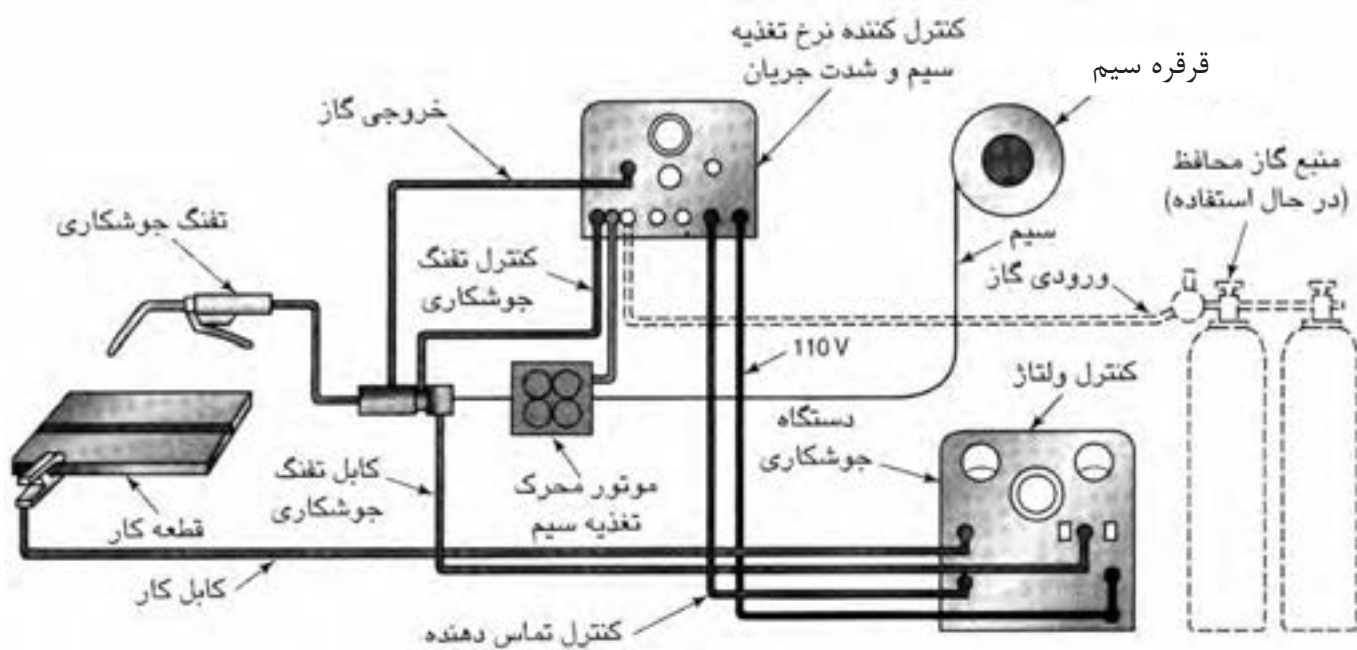
در جوشکاری زیرپودری به دلیل استفاده از کلاف سیم تا قطر ۵ و ۶ میلی‌متری و شدت جریان بالا هم‌چنین سرعت تغذیه سیم زیاد، دارای راندمان خوب بوده و جوش نفوذ کافی داشته و بدون جرقه و پاشش است به دلیل کیفیت مطلوب، جوشکاری روی قطعات ضخیم فولادی با این روش امکان‌پذیر است.

در ساختمان‌های فولادی برای تهیه ستون‌ها و تیرهای حماله که از ورق‌های ضخیم فولادی ساخته می‌شوند و همچنین در ساختار کشتی‌ها با بدنه‌ی فولادی و مخازن و سایر سازه‌های فولادی کاربرد زیادی دارند.

#### ۴-۴-۱ جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود مصرف شدنی تحت پوشش گاز محافظ (GMAW)

در این فرآیند نیز برای ذوب لبه‌های اتصال از قوس الکتریکی که بین سیم یا الکتروود

لخت و قطعه کار ایجاد می شود استفاده می کنیم، الکتروود لخت توسط غلتک های دستگاه تغذیه سیم از کلاف باز شده و پس از عبور از تورچ Torch جوشکاری (انبر جوشکاری) از طریق تماسی که با نازل دارد به یک قطب جریان الکتریسیته دستگاه وصل شده و در تماس با کار (که قطب دیگر دستگاه جوشکاری به آن وصل است) قوس برقرار می شود غلتک ها با سرعت تنظیم شده سیم را به قوس هدایت و مذاب سیم با مذاب لبه های کار با هم مخلوط شده فلز جوش را تشکیل داده و اتصال شکل می گیرد. (شکل ۱-۱۱)



شکل ۱-۱۱ نمای تجهیزات جوشکاری MIG/MAG



شکل ۱-۱۱-۲ جوشکاری با تورچ دستی MIG/MAG

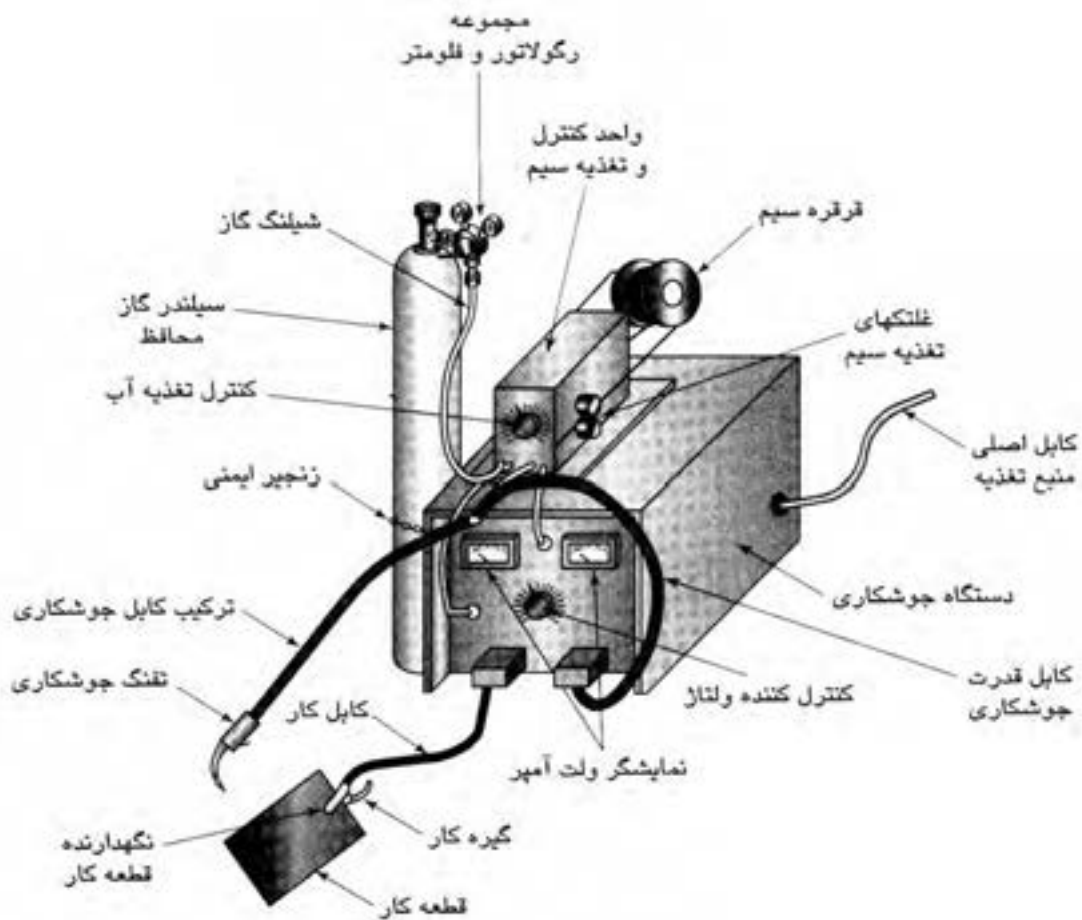


شکل ۱-۱۱-۱ دستگاه جوشکاری MIG/MAG



حفاظت از مذاب و ستون قوس الکتریکی به عهده‌ی گاز محافظ است<sup>۱</sup> که از اطراف نازل سیم از درون شعله‌پوش به آرامی به سطح کار در محل تشکیل قوس دمیده می‌شود و جایگزین هوا در محل تشکیل قوس می‌شود و پوشش لازم را می‌دهد در کشورهای اروپایی این فرایند با نام MIG/MAG<sup>۲</sup> شناخته می‌شود. این نامگذاری با توجه به خصوصیات گاز محافظ انتخاب می‌شود.

این فرایند وقتی توسط جوشکار انجام شود نیم اتومات (شکل ۱۲-۱) و زمانی که رباط به کار گرفته شود به طور کامل اتومات است و به دلیل قابلیت جوشکاری در خطوط تولید صنایع فلزی که با ورق‌های فلزی ساخته می‌شوند کاربرد فراوانی دارد و نقش بزرگی را ایفا می‌کند.



شکل ۱۲-۱ نمای واحدهای مختلف جوشکاری MIG/MAG

۱ - در خصوص گاز محافظ و نقش آن در پایداری قوس و انتقال حرارت در تحصیلات دانشگاهی خواهید آموخت..

۲ - Metal inert Gas = MIG  
Metal active Gas = MAG



## تجهيزات جوشکاری «GMAW» یا MIG/MAG

تجهيزات این فرایند مطابق شکل عبارتست از:

۱. دستگاه تأمین قدرت
۲. دستگاه تغذیه سیم (وایر فیدر)
۳. واحد گازرسانی
۴. تورچ یا مشعل جوشکاری
۵. سیستم خنک کننده تورچ (آبرسانی) در بعضی از دستگاهها



دستگاه تغذیه سیم (وایر فیدر)



دستگاه تأمین قدرت



واحد گازرسانی



تورچ یا مشعل جوشکاری

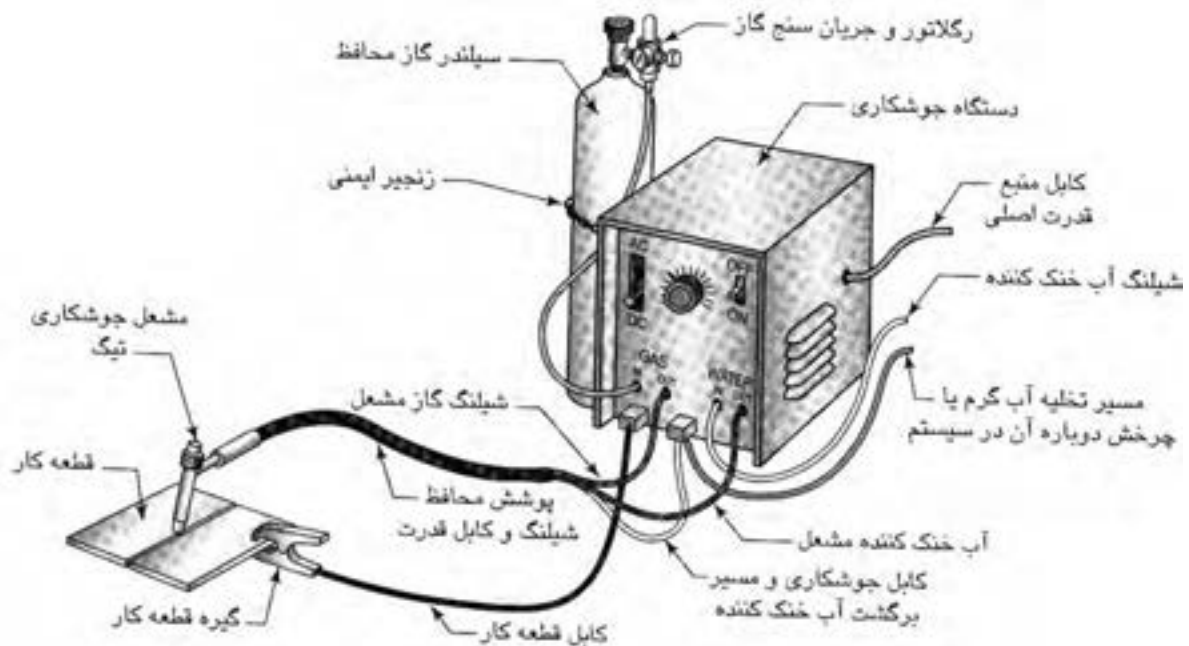
شکل ۱-۱۲-۱ تجهیزات لازم در جوشکاری MIG/MAG

## ۴-۱-۵ جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود مصرف نشدنی (GTAW)

### Gas Tungsten Arc welding تحت محافظت گاز

به فرایند TIG<sup>۱</sup> نیز معروف است فرایندی است که قوس الکتریکی بوسیله الکتروود مصرف نشدنی (شکل ۱-۱۳) از جنس ولفرام (تنگستن) و قطعه کار به وجود می آید. با حرارت قوس لبه های کار ذوب شده و با مذاب فیلر<sup>۲</sup> (سیم جوش) با هم مخلوط شده فلز جوش را تشکیل دهند.

حفاظت از مذاب و ستون قوس در مقابل آتمسفر هم به عهده ی گاز بی اثر است و هیچ گاه از گاز فعال حتی برای جوشکاری فلزاتی که در مقابل آتمسفر حساسیت کمتری دارند نمی توان استفاده کرد چون الکتروود تنگستن با گاز فعال ترکیب شده و آسیب می بیند گاز از طریق کپسول و رگولاتور و شیلنگ با دبی<sup>۳</sup> (میزان خروج گاز) قابل تنظیم به محل تشکیل قوس جریان پیدا می کند گاز محافظ می تواند گاز آرگن یا هلیوم و یا مخلوط آن دو باشد. (شکل ۱-۱۳-۱)



شکل ۱-۱۳-۱ نمای دستگاه TIG

۱- Tungsten Inert Gas

۲- Filler

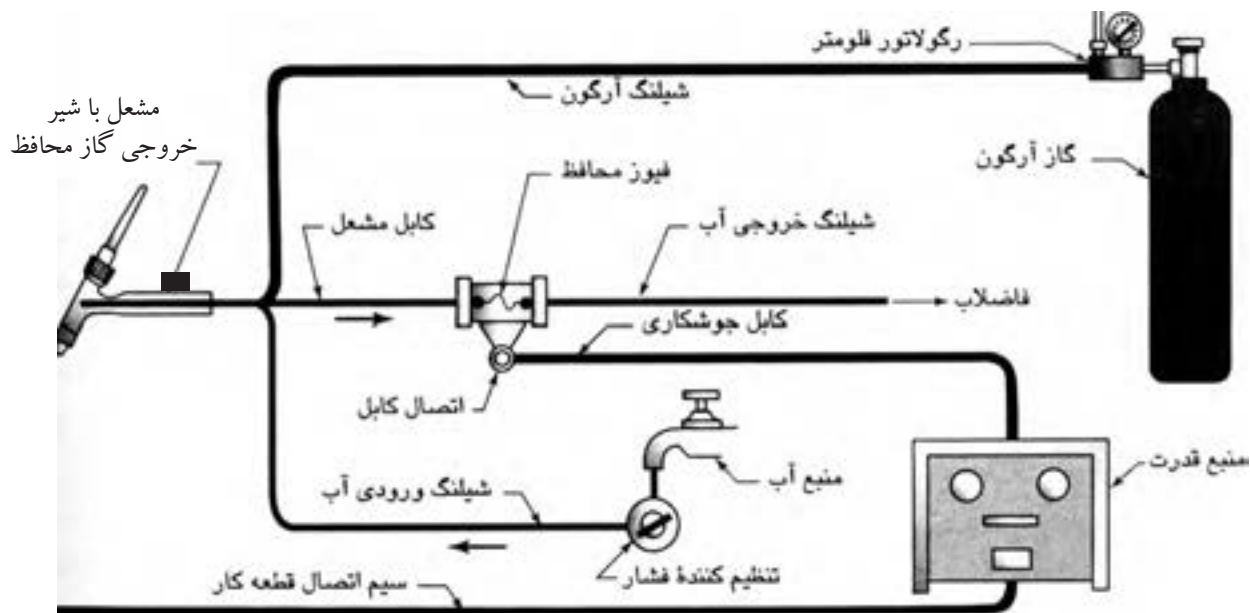
۳- Flow rate

## تجهیزات جوشکاری TIG (جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود مصرف نشدنی)

- دستگاه تأمین قدرت یا دستگاه اصلی جوشکاری
- واحد گازرسانی
- تورچ (انبر جوشکاری)
- سیستم گردش آب

### کاربرد جوشکاری TIG در صنعت

به دلیل عدم وجود پاشش در جوشکاری TIG، به منظور اجرای جوشکاری پاس ریشه<sup>۱</sup> در لوله‌های انتقال گاز یا مواد نفتی به کار می‌رود تا کیفیت جوش مطلوب بوده و جوش دارای نفوذ خوب در تمام طول جوش باشد. هم‌چنین در جوشکاری فلزات غیر آهنی و فولادهای پُر آلیاژ کاربرد دارد. در جوشکاری پاس ریشه می‌توان از رکتی‌فایر جوشکاری SMAW که دارای یک کلید مخصوص جوشکاری TIG است هم استفاده کرد به شکل (۱-۱۴) توجه کنید یک کیسول گاز آرگن و یک تورچ که شیر باز و بسته کردن گاز روی آن قرار دارد به کار گرفته می‌شود و برای شروع قوس هم ابتدا آمپر دستگاه را کم کرد و با تماس الکتروود به کار قوس شروع شده سپس با گردش کلید تغییر آمپر به میزان لازم جریان را افزایش می‌دهیم و با دور کردن تورچ از کار قوس را قطع کرده و شیر گاز، روی دسته‌ی تورچ را می‌بندیم.



شکل ۱-۱۴ واحدهای مختلف دستگاه جوشکاری TIG



- ۱- کدام گزینه درباره جوشکاری غلط بیان شده است؟
- (الف) جوشکاری یعنی یک پارچه شدن قطعات فلزی
- (ب) استحکام کافی یک اتصال جوش از طریق پیوند بین اتمی آنها به وجود می آید.
- (ج) اتصال قطعات به هم با استفاده از گرما
- (د) حذف فاصله و ایجاد جاذبه بین اتمها در فصل مشترک دو قطعه
- ۲- در جوشکاری ذوبی لبه‌های قطعات تا چه مرحله‌ای باید گرم شوند؟
- (الف) نزدیک ذوب شدن
- (ب) سرخ شدن و چکش خوار شدن
- (ج) ذوب شدن و کمی بالاتر از ذوب
- (د) به نوع روش جوشکاری بستگی دارد
- ۳- در جوشکاری با شعله گاز به ترتیب تأمین گرما، حفاظت از مذاب و پر کردن درز به عهده کدام است؟
- (الف) مشعل - حرارت - دست جوشکار
- (ب) سوختن گاز - گازهای حاصل از سوخت - سیم جوش
- (ج) گرمای سوختن - ندارد - سیم جوش
- (د) سوختن گاز - ندارد - لبه‌های کار
- ۴- در جوشکاری با قوس الکتریک و الکتروود روپوش دار SMAW.....
- (الف) ایجاد قوس و گرما و حفاظت از مذاب و پر کردن درز به عهده الکتروود است.
- (ب) دستگاه قوس ایجاد می کند و الکتروود حفاظت و پر کردن درز را عهده‌دار است.
- (ج) گرما و حفاظت به عهده قوس و الکتروود درز را پر می کند.
- (د) گرما و حفاظت را روپوش الکتروود و پر کردن درز را مغز الکتروود تأمین می کند.

۵- در کدام فرایند جوشکاری زیر امکان استفاده از دو الکتروود با هم میسر است؟

الف) SMAW      ب) GTAW

ج) OFW      د) SAW

۶- اتصال جریان به سیم در فرایند GMAW در چه قسمتی اتفاق می افتد؟

الف) کلایف      ب) نازل

ج) قرقره‌ها      د) محل اتصال تورچ به سیستم تغذیه سیم

۷- در روش GMAW سیستم آب گرد برای خنک کردن کدام گزینه به کار می‌رود؟

الف) تورچ

ب) دستگاه قدرت

ج) دستگاه تغذیه سیم

د) تمام موارد

۸- در فرایند GTAW یا TIG کدام گاز به کار نمی‌رود؟

الف) Ar      ب) Ar + He

ج) He      د) Ar + Co<sub>۲</sub>

۹- کدام یک از فرایندهای زیر الکتروود مصرف نشدنی است؟

الف) GTAW      ب) GMAW

ج) SMAW      د) SAW

۱۰- آیا در جوشکاری MIG، MAG و TIG ضرورت دارد بعد از قطع قوس دمش

گاز کمی ادامه یابد؟ چرا؟

الف) بلی، حفاظت از الکتروود و انتهای خط جوش

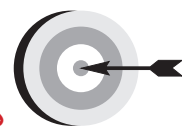
ب) خیر، کار سریع سرد می‌شود

ج) بلی، سالم ماندن شعله پوش

د) بلی، سرد شدن تورچ جوشکاری



## فصل دوم



### هدف‌های رفتاری

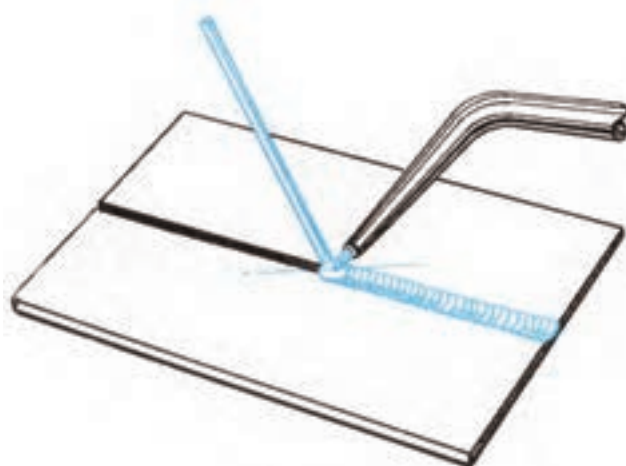
پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. گازهای قابل احتراق در جوشکاری گاز را نام ببرد.
۲. ویژگی استیلن به عنوان بهترین گاز سوختنی را شرح دهد.
۳. مقدار حجم کپسول اکسیژن و میزان فشار و ظرفیت آن‌ها را بیان کند.
۴. ویژگی‌های کپسول گاز قابل اشتعال را شرح دهد.
۵. رگولاتورهای دو مرحله‌ای و مزیت آن‌ها را توضیح دهد.
۶. تفاوت مشعل برشکاری با مشعل جوشکاری را شرح دهد.
۷. محاسن استفاده از شمعک نصب شده روی میز جوشکاری را توضیح دهد.
۸. نام دو نوع مشعل جوشکاری و تفاوت آن‌ها را بیان کند.

## ۲- اصول جوشکاری ذوبی با شعله گاز

با استفاده از مذاب کنترل شده می توان جوش های مناسبی به دست آورد با ایجاد حوضچه مذاب کوچک در فصل مشترک دو قطعه به وسیله ی گرمای حاصل از سوختن گاز لبه های اتصال ذوب شده و مذاب لبه ها به هم می رسند همان طور که می دانیم در مذاب اتم های فلزی بی نظم بوده و نظم خاصی ندارند و از طرف دیگر مذاب در تماس با فلز جامد است.

حال چنان چه حوضچه مذاب سرد شود انجماد صورت می گیرد یعنی از مرز مشترک حوضچه مذاب با جامد، دانه های فلزی شکل می گیرد و به مرکز حوضچه مذابی که در حال سرد شدن است گسترش می یابد تا انجماد کامل شود در حقیقت اتم های جامد در سطح تماس با مذاب دارای پیوندهای پر نشده هستند که اتم های ذوب در حال انجماد خودشان را به آن ملحق می کنند و با ادامه این وضع انجماد کامل می شود و قطعات با هم یکپارچه می شوند، با ذوب کردن سیم جوش و اضافه شدن به مذاب لبه ها شیار و پخ بین دو قطعه هم به طور کامل پُر می شود. (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲ جوشکاری ذوبی با شعله

بدیهی است برای اتصال در تمام طول درز مشعل جوشکاری به صورت پیوسته و با سرعت مناسب پیشروی کرده و به جوشکاری تداوم می‌بخشد. امروزه این روش جوشکاری بیشتر در کارهای تعمیراتی و خصوصاً لحیم کاری سخت مورد استفاده است و کاربرد صنعتی آن بیشتر در برشکاری و گرم کاری و عملیات حرارتی است (شکل ۲-۳) هم‌چنین برای صافکاری و راست و روکاری نیز به کار گرفته می‌شود و استفاده آن در اتصال قطعات ضخیم کم است زیرا حجم وسیعی از فلز را باید حرارت دهیم تا لبه‌های آن ذوب شود، ناحیه HAZ<sup>۱</sup> بزرگی دارد و از نظر مصرف انرژی و زمان به صرفه نیست. (شکل ۲-۲) در این فرایند از دو نوع گاز استفاده می‌شود. ۱. قابل احتراق ۲. عامل احتراق



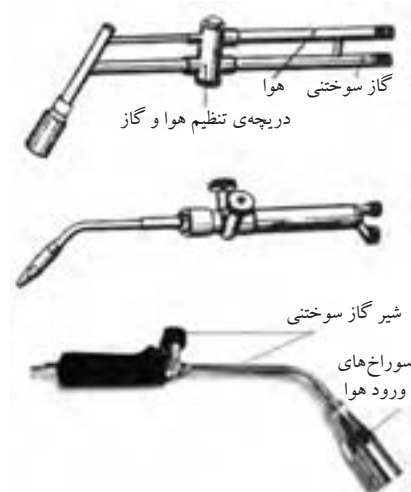
شکل ۲-۲ جوشکاری با شعله گاز

## ۲-۱ گازهای قابل احتراق

چند نوع گاز سوختنی در جوشکاری و برشکاری با شعله به کار گرفته می‌شود از جمله:

جمله:

- ایدروژن
- استیلن
- پروپان
- گاز مپ استیلن پروپادین MPS.MAPP
- گازهای طبیعی مخلوطی از ایدروکربورها



شکل ۲-۳ مشعل‌های گرمکاری

۱- Haz = Heat Afect Zone منطقه تحت تأثیر گرما

در این میان استیلن بهترین گازها است زیرا تمرکز حرارتی بیشتری داشته و کمترین واکنش را با فلز در حوضچه مذاب جوش دارد ولی گازهای دیگر برای برشکاری، جوشکاری بعضی از فلزات، لحیم کاری سخت و گرمکاری استفاده می شود (شکل ۲-۳) و برای استفاده هر گاز، مشعل مخصوص همان گاز باید به کار گرفته شود و حداکثر دمای گازهای مختلف در جدول ۲-۱ آمده است.

جدول ۲-۱		
ارزش حرارتی شعله Kcal/m <sup>۲</sup>	درجه حرارت شعله به °C	گاز سوختنی
۱۳۰۹۰	۳۰۸۷	گاز استیلن
۸۹۰۰	۲۵۳۸	گاز طبیعی
۲۲۲۴۰	۲۵۲۶	گاز پروپان
۲۱۲۴۰	۲۹۲۷	گاز مپ
-	۲۲۶۰	گاز نیدروژن

### ۲-۱-۱-۱ استیلن

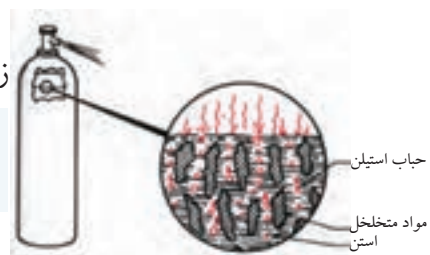
گاز استیلن بهترین گاز سوختنی برای جوشکاری و برشکاری با شعله است که با راندمان حرارتی بالا سوخته و درجه‌ی حرارتی در حدود ۳۲۰۰°C تولید می کند (شکل ۲-۴) که با این درجه حرارت می توان اکثر فلزات و آلیاژها را ذوب نمود. گازی است بی رنگ با بوی نامطبوع و در اغلب مایعات آلی به نسبت های متفاوت حل می شود و مهمترین حلال گاز استیلن مایع استن (CH<sub>۳</sub>COCH<sub>۳</sub>) است، هر لیتر استن در درجه حرارت ۱۵°C و فشار معمولی ۲۵ لیتر استیلن را در خود حل می کند و به آرامی می تواند گازهای حل شده را آزاد کند به همین دلیل برای ذخیره بیشتر در یک کپسول گاز استیلن را در مایع استن به صورت محلول ذخیره و نگهداری می کنند. (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۴ شعله‌ی سوختن گاز استیلن با اکسیژن

زیرا چنانچه:

**استیلن خالص متراکم شود و فشار آن بیش از اندازه گردد خود به خود تجزیه و منفجر می شود.**



شکل ۲-۵ فضای داخل کپسول استیلن

همین طور:

مخلوط استیلن با اکسیژن یا هوا با ترکیب‌های زیر قابلیت انفجار دارد.

۱- مخلوط ۲/۳٪ استیلن و ۹۷/۳٪ هوا

۲- مخلوط ۸۲٪ استیلن و ۱۸٪ هوا

۳- مخلوط ۹۳٪ استیلن با ۷٪ اکسیژن

#### نسبت مخلوط قابل انفجار استیلن با اکسیژن یا هوا

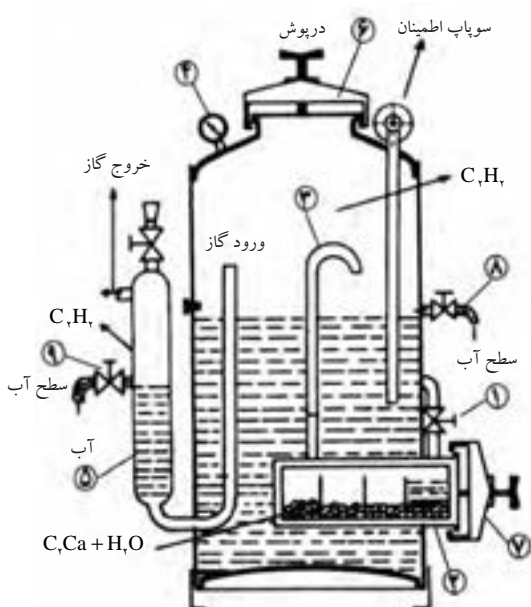
ردیف	درصد استیلن	درصد هوا	درصد اکسیژن
۱	۲/۳	۹۷/۳	—
۲	۸۲	۱۸	—
۳	۹۳	—	۷
۴	۱۰۰	با ۲ اتمسفر فشار	

وقتی استیلن به صورت واحدهای کوچک در استن حل باشد خطر انفجار از بین می‌رود.

#### ● طرز تهیه استیلن:

از ترکیب کاربید کلسیم با آب گاز استیلن تولید می‌شود در سال‌های گذشته تهیه

استیلن در کارگاه‌های کوچک جوشکاری توسط مولد استیلن انجام می‌شد (شکل ۶-۲) و سنگ کاربید و آب را در مولد با هم ترکیب کرده و از گاز استیلن تولید شده برای جوشکاری و برشکاری استفاده می‌کردند ولی امروزه این گاز به صورت محلول در استن در کپسول‌ها ذخیره شده و در اختیار صنعت گران قرار می‌گیرد.



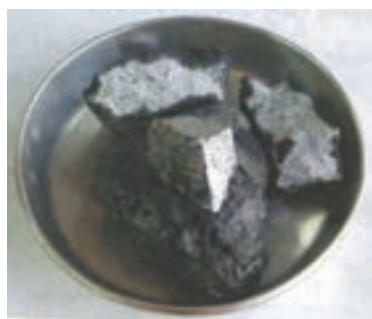
شکل ۶-۲ یک نوع مولد استیلن



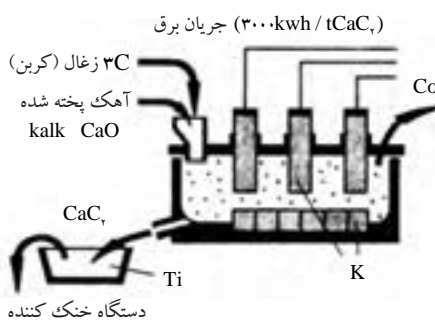
رسوب آب آهک



در کارخانجات تولید کاربید، آهک زنده (CaO) را با ذغال کک (C) در کوره الکتریکی حرارت داده و کاربید کلسیم به صورت مذاب تولید می‌شود (شکل ۲-۷) که پس از سرد شدن به صورت کلوخه و پودر در بشکه‌های سر بسته به بازار عرضه می‌شود. کاربید علاوه بر مصارف جوشکاری در صنایع پتروشیمی نیز کاربرد دارد. (شکل ۲-۸)

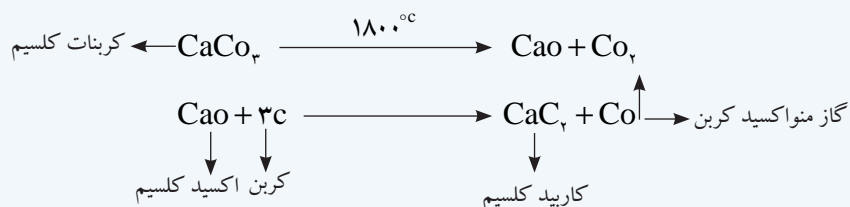


شکل ۲-۸ مقطع شکسته شده‌ی سنگ کاربید و شکل ظاهری آن



شکل ۲-۷

### فرمول شیمیایی تهیه‌ی کاربید به شرح زیر است:



### ۲-۱-۲ ویژگی‌های حرارتی گازها

در جوشکاری ارزش حرارتی - درجه حرارت شعله - و نسبت مخلوط گاز با اکسیژن برای رسیدن به سوخت کامل همواره مورد توجه قرار دارد.

- ارزش حرارتی: مقدار گرمایی که یک گاز سوختنی هنگام احتراق کامل در شرایط معمول ایجاد می‌کند ارزش حرارتی آن گاز نامیده می‌شود.
- درجه حرارت شعله: بیشترین دمای سوختن کامل هر گاز را گویند.
- میزان اکسیژن مصرفی: نسبت مخلوط اکسیژن با گاز سوختنی زمان احتراق کامل مورد نظر است و در جدول ۲-۲ خصوصیات حرارتی گازها آمده است.

جدول ۲-۲ درجه حرارت شعله و ارزش حرارتی گازهای سوختنی در برشکاری

ارزش حرارتی شعله Kcal/m <sup>۲</sup>	درجه حرارت شعله به C°	گاز سوختنی
۵۶۹۰۰	۳۰۸۷	استیلن
۱۸۰۰۰	۲۵۳۸	گاز طبیعی
۹۲۹۰	۲۵۲۶	گاز پروپان



شکل ۲-۹ شیر تنظیم گاز

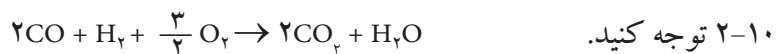
● شعله اکسی استیلن

کامل شدن عمل سوختن در دو مرحله انجام می گیرد:

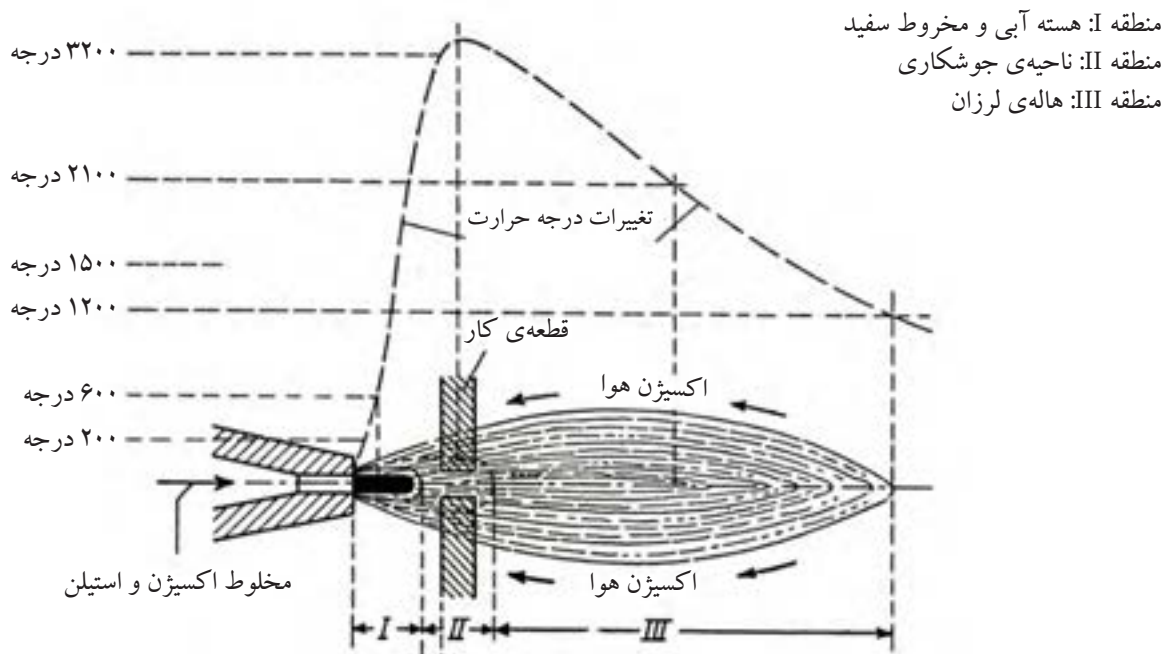
مرحله اول گاز استیلن و اکسیژن به نسبت یک به یک از مشعل خارج می شود (به وسیله پیچ‌های تنظیم روی مشعل) (شکل ۲-۹) و مشتعل می گردد و گاز نیدروژن و اکسید کربن حاصل می شود.



در مرحله دوم گازهای نیدروژن و اکسید کربن (CO) از هوای اطراف خود اکسیژن گرفته و سوختن کامل می شود و گازهای CO<sub>۲</sub> و H<sub>۲</sub>O حاصل سوختن است به شکل



۲-۱۰ توجه کنید.



۲ تا ۵ میلی متر بر حسب بزرگی و طول شعله

شکل ۲-۱۰ نمودار درجه حرارت شعله

## ۲-۲ اکسیژن

آتمسفر موجود در اطراف کره‌ی زمین چنانچه عاری از رطوبت باشد دارای درصدهای حجمی زیر است: (جدول ۲-۳)

جدول ۲-۳ درصد گازها در هوای اطراف کره‌ی زمین			
ردیف	نام گاز	فرمول گاز	درصد موجود در آتمسفر
۱	ازت	N <sub>۲</sub>	۷۸
۲	اکسیژن	O <sub>۲</sub>	۲۱
۳	آرگون	Ar	۰/۹۴
۴	دی‌اکسید کربن	CO <sub>۲</sub>	۰/۰۳
۵	نیدروژن	H <sub>۲</sub>	۰/۰۱
۶	نئون	Ne	۰/۰۰۲۳
۷	هلیوم	He	۰/۰۰۰۴
۸	کریپتون	Kr	۰/۰۰۰۰۵
۹	گزنون	Xe	۰/۰۰۰۰۰۶

البته همیشه همراه هوا درصد بیشتری از گاز CO<sub>۲</sub> وجود دارد که پس از تصفیه مقدار جزئی در هوا خواهد بود.

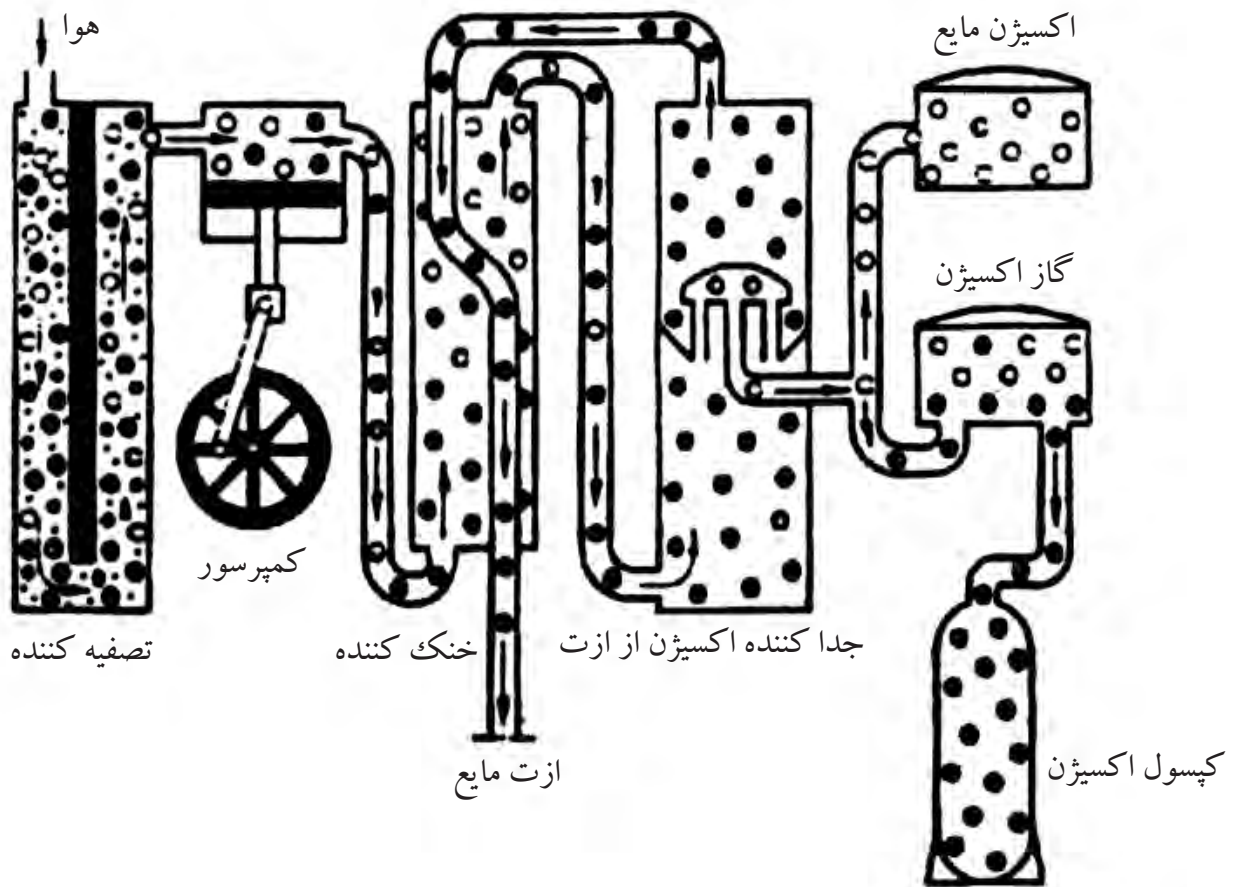
در جوشکاری گازی تنها اکسیژن عامل سوختن است و سایر گازها نقشی در احتراق ندارد. **توجه:** استفاده از هوای فشرده به عنوان عامل سوخت در جوشکاری گاز باعث کاهش ارزش حرارتی شده و بعضی از گازهای موجود در هوا مثل ازت و هیدروژن می‌تواند با فلز جوش ترکیب یا مخلوط شده و کیفیت جوش را کاهش دهند.

اکسیژن گازی است بی بو بدون رنگ و بدون طعم و یکی از فراوانترین عنصر موجود در طبیعت است،  $\frac{۷}{۸}$  وزن آب‌ها را نیز تشکیل می‌دهد. اکسیژن خود نمی‌سوزد ولی برای احتراق و اشتعال هر ماده سوختنی لازم است.

### ۲-۲-۱ طرز تهیه اکسیژن

گاز اکسیژن که مورد نیاز صنایع مختلف و خدمات پزشکی است امروزه طی مراحلی از هوا تهیه می‌کنند که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

در گذشته از روش تجزیه الکتریکی آب برای تهیه اکسیژن و هیدروژن استفاده می شده است.  
 الف) حذف ناخالصی‌ها شامل گرد و غبار، دی اکسید کربن، رطوبت و غیره از هوا.  
 ب) تراکم کردن هوا از ۶ تا ۲۰۰ برابر فشار هوای جو  
 ج) سرد کردن هوای فشرده در فشار ۳۹ اتمسفر و دمای  $-140^{\circ}\text{C}$  تا مایع شود  
 د) کاهش فشار برای جدا شدن ازت از هوای مایع  
 ه) اکسیژن مایع باقی مانده دارای خلوص ۹۸٪ است.  
 که هم به صورت مایع در مخازن مخصوص ذخیره می شود و هم به صورت گاز در کپسول‌ها با ظرفیت‌های متفاوت برای مصارف مختلف به صورت تراکم ذخیره می شود  
 شکل (۱۱-۲) هر لیتر اکسیژن مایع به ۸۵۰ لیتر اکسیژن ۱۵ درجه سانتیگراد تبدیل می شود  
 پس در صنایعی مانند صنایع فولادسازی برای جاگیری کمتر از اکسیژن مایع ذخیره شده در مخزن استفاده می کنند یا پس از تولید مستقیماً توسط لوله به محل مصرف هدایت می شود.



شکل ۱۱-۲ نمای طرز تهیه اکسیژن از هوا

### ۲-۳ شرایط جوشکاری با شعله گاز

- برای ایجاد یک اتصال ذوبی با روش جوشکاری گاز باید شرایط زیر فراهم باشد:
- ۱- دمای شعله باید خیلی بالاتر از نقطه ذوب فلز باشد تا آن را سریع ذوب کند.
  - ۲- حوضچه جوش نباید بزرگ باشد و گرما در ناحیه کوچکی متمرکز باشد.
  - ۳- ظرفیت گرما دهی باید بالا باشد (مقدار کلی گرما یا نرخ گرما دهی مورد نیاز نه تنها بر خواص فیزیکی و حرارتی فلز بلکه به هندسه و شکل و ابعاد اتصال نیز بستگی دارد).
  - ۴- خود منبع گرما (شعله) باید قابل تنظیم باشد و در تمام مراحل جوشکاری ثابت بماند.

### ۲-۳-۱ تجهیزات جوشکاری با شعله گاز

استفاده از مشعل مخصوص (جوشکاری و برشکاری) که جوابگوی موارد فوق باشد همچنین شیلنگ‌های هدایت گاز سوختنی و اکسیژن به مشعل به علاوه کپسول گاز اکسیژن و کپسول گاز سوختنی (استیلن) همراه با رگولاتورهای قابل تنظیم برای هر کدام از گازها و میز جوشکاری لازمه یک دستگاه ساده جوشکاری گاز است. (شکل‌های ۲-۱۲ و ۲-۱۳)



شکل ۲-۱۳ تجهیزات جوشکاری در یک کابین جوشکاری



شکل ۲-۱۲  
تجهیزات جوشکاری با شعله‌ی گاز



## ● برای کار کردن ایمن با شعله گاز به اقلام زیر نیاز

است:

لباس کار، پیش‌بند، دست‌کش چرمی، کفش ایمنی، ساق‌بند و گاهی آستین هم‌چنین از عینک جوشکاری با شیشه و شماره‌ی مخصوص جوشکاری که به طور مختصر به آن‌ها خواهیم پرداخت (شکل ۱۴-۲) و هنگام کار توجه کنید از هیچ‌گونه وسایل از قبیل انگشتر یا ساعت استفاده نکنید.



شکل ۱۴-۲

### ۱-۳-۲ کپسول اکسیژن

اکسیژن مورد استفاده جوشکاری در کپسول‌های فولادی که به روش کششی عمیق و بدون درز ساخته شده است با فشار ۱۵۰ bar پر می‌شود و حجم داخلی کپسول‌های جوشکاری ۴۰ لیتر و یا ۵۰ لیتر است و چون با فشار ۱۵۰ bar پر شده بنابراین ظرفیت کپسول‌ها  $Q = 40 \times 150 = 6000 \text{ lit}$  یا معادل ۶ متر مکعب گاز در شرایط متعارفی است. کپسول‌های گاز اکسیژن با ظرفیت‌های کم‌تر برای مصارف خاص نیز می‌سازند. ضخامت دیواره کپسول اکسیژن ۱۰-۹ میلی‌متر شیر فلکه کپسول راست گرد و با دست باز و بسته می‌شود یک کلاهک شیر فلکه کپسول را حفاظت می‌کند که موقع استفاده از کپسول باید باز شود. کپسول‌های گاز باید همواره به دیوار یا چرخ حمل کپسول با زنجیر بسته شوند. (شکل ۱۵-۲) رنگ کپسول اکسیژن سیاه بوده و به رنگ تیره مشاهده می‌شود.



شکل ۱۵-۲ کپسول‌ها بالت وزنجیر

### ● مخزن اکسیژن مایع

اگر مصرف اکسیژن خیلی زیاد باشد می‌توان از اکسیژن مایع استفاده کرد در شکل (۱۶-۲) نوعی مخزن اکسیژن مایع نشان داده شده است که قسمت‌های مختلف آن نمایان است. در کارگاه‌های بزرگ که چندین جوشکار مشغول کار هستند می‌توان با به هم بستن

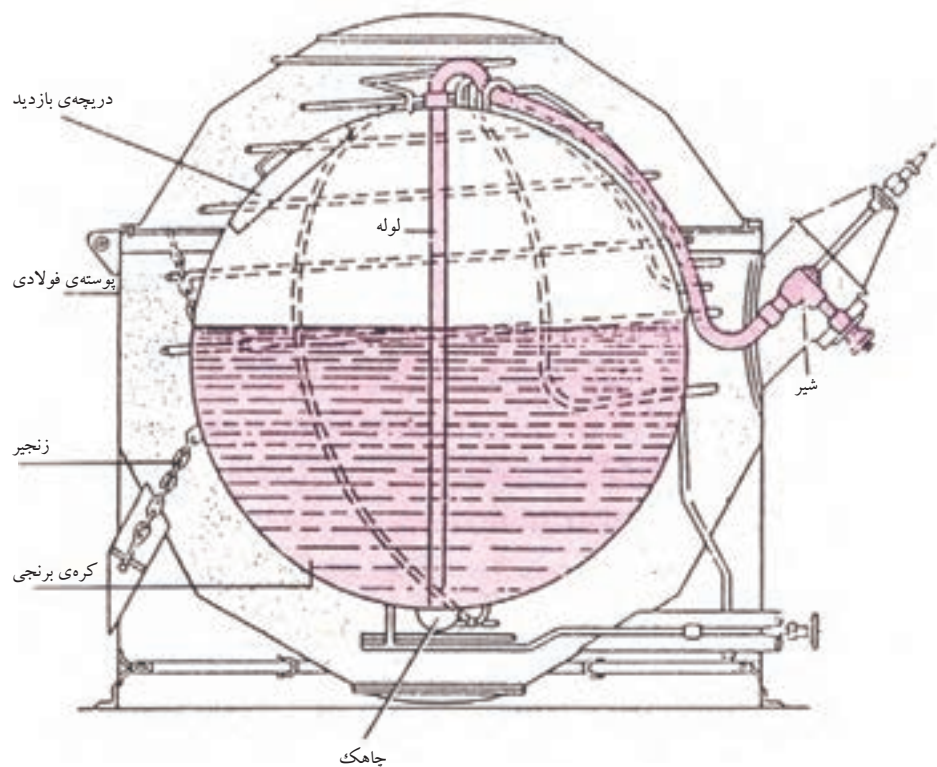
کپسول‌های اکسیژن یک پست مرکزی تدارک دید و توسط لوله‌ی فولادی بدون درز که اکسیژن با فشار ایمن در آن‌ها جریان پیدا می‌کند را به چندین محل جوشکاری رساند. (شکل ۲-۱۶)



اتصال کپسول اکسیژن به خط لوله



لوله کشی پست مرکزی گاز اکسیژن



نوعی مخزن برای ذخیره‌سازی اکسیژن مایع

شکل ۲-۱۶

## ۲-۳-۲ کپسول استیلن

یک کپسول فولادی است که قطر بزرگ‌تری از کپسول اکسیژن دارد و از ورق‌های فولادی ساخته شده و درزهای آن جوشکاری شده است داخل کپسول برخلاف کپسول اکسیژن توسط ماده‌ای متخلخل (سیمان مخصوص و ذغال چوب و سنگ‌های متخلخل

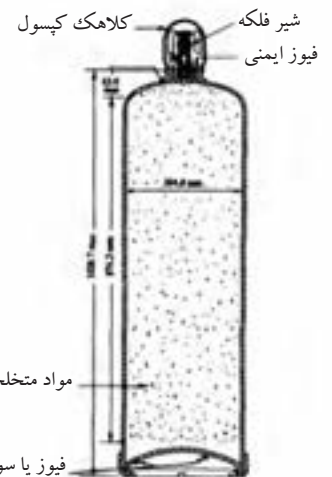
سیلیس دار) پوشانده شده که با مقدار ۱۶ لیتر مایع استن قابلیت حل مقدار ۶ متر مکعب گاز استیلن را در خود دارد.

چون هر لیتر استن در شرایط متعارفی ۲۵ لیتر استیلن را در خود حل می کند و در فشار ۱۵ bar ( $25 \times 15 = 375$ ) لیتر استیلن در یک لیتر استن حل می شود و در ۱۶ لیتر یعنی  $Q = 16 \times 375 = 6000 \text{ lit}$  ظرفیت کپسول پر است. (شکل ۱۷-۲)

چون هر لیتر استن در فشار ۱۵ bar (وقتی کپسول پر است) می توان ۳۷۵ لیتر استیلن را در خود حل کند.

رزوه محل اتصال به رگولاتور در کپسول های استیلن مانند سایر گازهای قابل اشتعال چپ گرد ساخته شده و روی سطوح جانبی مهره اتصال رگولاتور به کپسول استیلن شیاردار است و قابل شناسایی می باشد. (شکل ۱۸-۲)

نمی توان از هر کپسول استیلن در ساعت بیش از  $\frac{1}{4}$  ظرفیت آن گاز دریافت نمود (مایع استن با گاز خارج می شود) لذا برای مصرف بیشتر و استفاده در خط لوله گاز باید از پست مرکزی استیلن مطابق شکل (۱۹-۲) استفاده کرد.



شکل ۱۷-۲

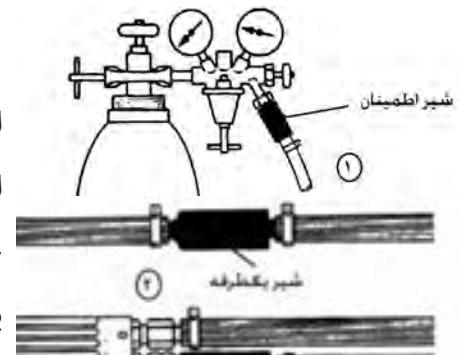


شکل ۱۹-۲ پست مرکزی استیلن



شکل ۱۸-۲ مهره چپ گردوشیار

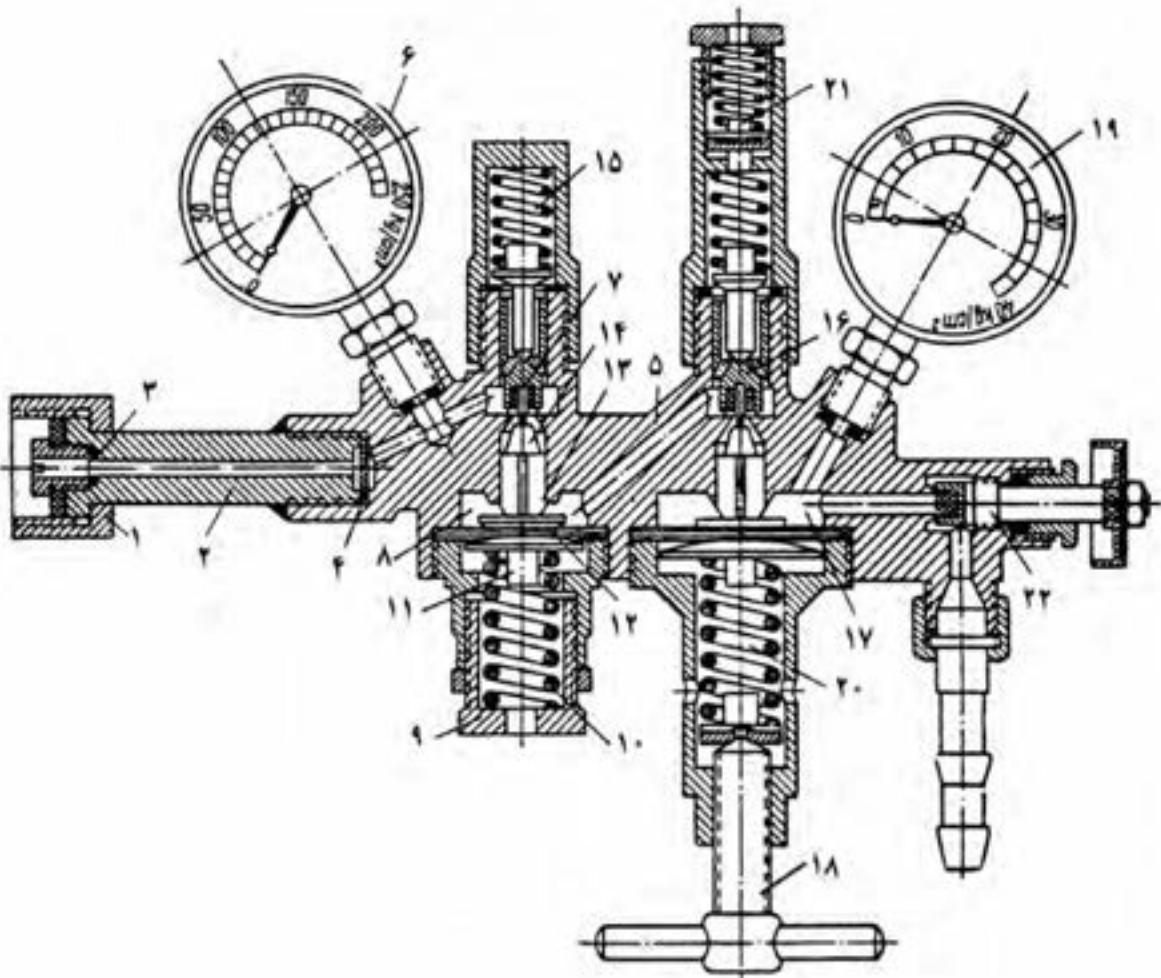
گاز استیلن چون به راحتی مشتعل می شود و با فشار کم مورد استفاده واقع می شود امکان برگشت شعله به داخل لوله گاز وجود دارد، ضرورت دارد هر کجا از خط لوله استیلن می گیریم یک سوپاپ یک طرفه یا یک کپسول حفاظتی سر راه قرار داشته باشد تا خطر انفجار خط لوله و مخازن گاز مرتفع شود (شکل ۲۰-۲) کپسول های استیلن همواره باید ایستاده مورد استفاده واقع شود و یا به دیواره و یا ارابه محکم بسته شده باشد.



شکل ۲۰-۲ سوپاپ یک طرفه (سوپاپ ایمنی)

### ۲-۳-۳ رگولاتورها

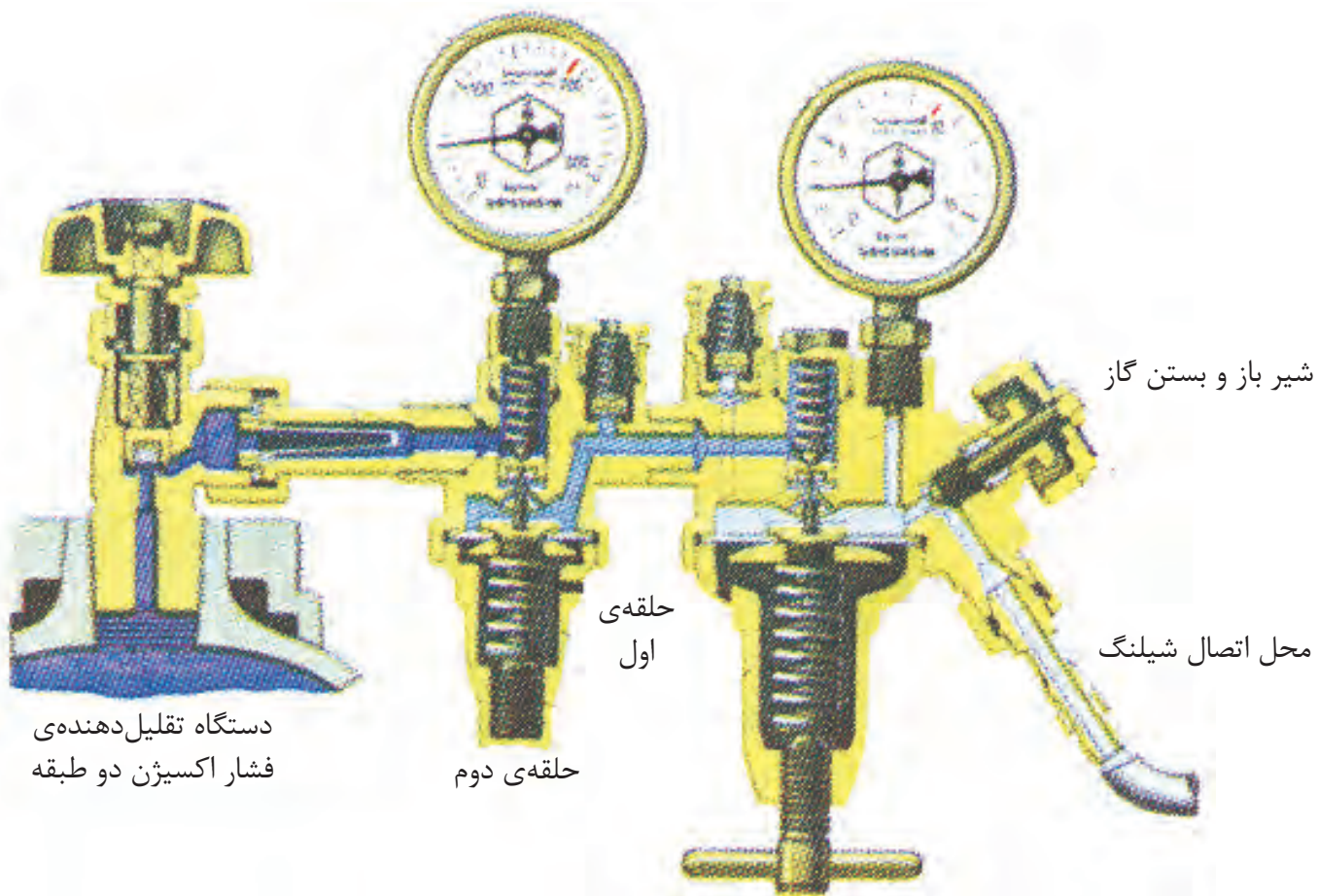
گازها در کپسول با فشار زیادی ذخیره می‌شوند و این فشار برای جوشکاری مناسب نیست و باید با رگولاتور (دستگاه تقلیل و تنظیم فشار) فشار گاز کاهش داده شود تا گاز به طور یکنواخت و با فشار مناسب به طرف مشعل هدایت شود. در عمل از رگولاتورهای یک مرحله‌ای و رگولاتورهای دو مرحله‌ای استفاده می‌شود. (شکل‌های ۲-۲۱ و ۲-۲۱-۱)



- |                         |                            |                                   |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| ۱- مهره اتصال روی کپسول | ۹- مهره تنظیم فشار         | ۱۷- اتافک دوم کاهش فشار           |
| ۲- لوله واسطه           | ۱۰- فنر اصلی               | ۱۸- پیچ تنظیم فشار مورد لزوم      |
| ۳- مجرای ورود گاز       | ۱۱- میله تنظیم فشار        | ۱۹- درجه فشار گاز مورد لزوم       |
| ۴- واشر جذب کننده حرارت | ۱۲- صفحه تنظیم فشار        | ۲۰- فنر اصلی تنظیم فشار مورد لزوم |
| ۵- بدنه                 | ۱۳- واسطه اتصال حرکت       | ۲۱- سوپاپ ایمنی                   |
| ۶- درجه فشار کپسول      | ۱۴- واسطه بالا برنده سوپاپ | ۲۲- پیچ قطع جریان گاز             |
| ۷- سوپاپ کاهش فشار      | ۱۵- فنر برگشت سوپاپ        |                                   |
| ۸- اتافک اول کاهش فشار  | ۱۶- سوپاپ کاهش فشار        |                                   |

شکل ۲-۲۱ نمای برش خورده یک نمونه رگولاتور فشار گاز، نوع دو مرحله‌ای

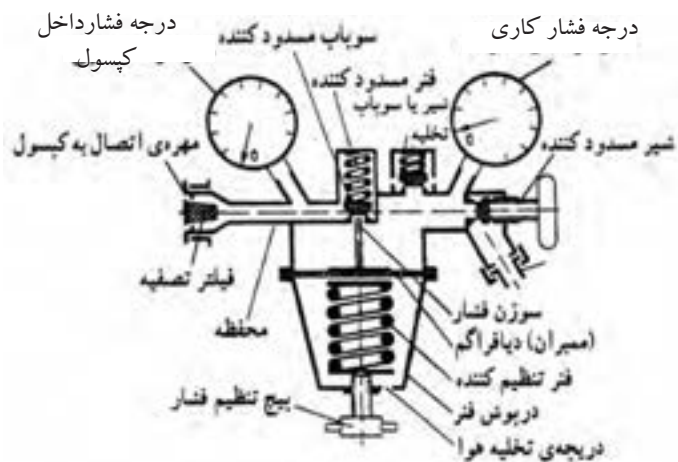




پیچ تنظیم گاز

شکل ۱-۲۱-۲ نمای برش خورده رگولاتور دو مرحله ای گاز اکسیژن

در عمل بیشتر از رگولاتورهای یک مرحله استفاده می شود در این رگولاتورهای یک فشارسنج فشار گاز داخل کپسول و فشارسنج دیگر فشار گاز مصرفی را نشان می دهد. (شکل ۲۲-۲)



شکل ۲-۲۲ برش رگولاتور یک مرحله ای



روش کار بدین ترتیب است که گاز از دریچه‌ی اول وارد یک فضای بزرگ‌تر شده و انبساط پیدا می‌کند و فشار آن کاهش می‌یابد و از طریق شیر به شیلنگ هدایت می‌شود. هر رگولاتور دارای یک پیچ است که با گردش آن می‌توان حجم این فضا را بزرگ‌تر کرده و یا کاهش داد و فشار گاز را تنظیم نمود با توجه به شکل (۲-۲۲) سایر قسمت‌های رگولاتور و طرز کار آن‌ها مشاهده کنید و برای دوستان خود توضیح دهید.

در رگولاتور دو مرحله‌ای فشار گاز در دو مرحله کاهش یافته و تنظیم می‌شود مطابق شکل (۲-۲۱) مثلاً از مرحله‌ی اول از ۱۵۰ به ۱۵ و در مرحله بعد به ۲ یا سه بار کاهش می‌یابد. **حُسن رگولاتورهای دو مرحله‌ای در تنظیم دقیق‌تر و ثابت بودن فشار گاز مصرفی در مراحل مختلف خالی شدن کپسول گاز است.**

رگولاتور کپسول اکسیژن دارای نشانه‌ی آبی در وسط صفحه مدرج است به علاوه فشار اولیه تا (۲۰۰ bar) درجه‌بندی شده است.

و چنانچه گفته شد رگولاتور استیلن دارای مهره چپ گرد بوده و مهره اتصال به کپسول شیاردار است به علاوه روی فشار سنج اولیه درجات تا (۱۵ bar) مشاهده می‌شود و در داخل صفحه مدرج نشانه زرد رنگ دیده می‌شود. (شکل ۱-۲۲-۲)



شکل ۱-۲۲-۲ بستن رگولاتور به کپسول

#### ۲-۳-۴ شیلنگ‌های انتقال گاز



شکل ۲-۲۳ لایه‌های شیلنگ‌های گاز

شیلنگ‌های مورد استفاده در جوشکاری گاز در ردیف انواع پر فشار و از جنس نئوپرن ساخته شده و روکش سه لایه کامپوزیت از برزنت و لاستیک دارند در نتیجه هم سبک بوده و هم استحکام کافی داشته و در مقابل سایش مقاومت می‌کنند. (شکل ۲-۲۳)

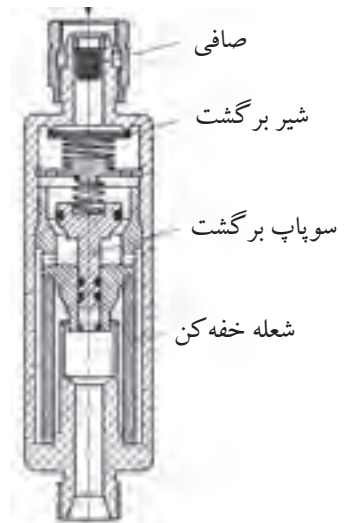
گروهی از این شیلنگ‌ها دو قلوبه هم چسبیده بارنگ‌های سبز و قرمز یا آبی و نارنجی تهیه می‌شوند. شیلنگ‌ها با قطر داخلی  $\frac{3}{16}$ ،  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{3}{8}$  اینچ در بازار وجود دارد نوع  $\frac{3}{16}$  اینچ بسیار سبک و قابل انعطاف است و برای کارهای سبک جوشکاری مورد استفاده است. نوع  $\frac{3}{8}$  اینچ برای جوشکاری و گرمکاری و برشکاری قطعات فلزی ضخیم‌تر مورد استفاده است، شیلنگ‌ها، واسطه‌ی بین رگولاتور و مشعل جوشکاری هستند. دو سر شیلنگ‌ها به وسیله‌ی بست مخصوص بر سر شیلنگی محکم شده و به رگولاتور و مشعل پیچ می‌شوند. (شکل ۲-۲۴)



شکل ۲-۲۴ شیلنگ و سر شیلنگی

#### ۲-۳-۵ شیر، مانع برگشت شعله (شیر اطمینان)

با نصب شیر مانع برگشت شعله در مسیر عبور گازها می‌توان از خطر انفجار مخلوط گاز و اکسیژن در اثر برگشت شعله جلوگیری کرد، برگشت شعله زمانی اتفاق می‌افتد که فشار یک گاز کم شده و گاز دیگر وارد شیلنگ گاز دوم شود و دو گاز در حالی که گرم هستند با هم مخلوط شوند که باعث ترکیب سریع آن دو شده و سریعاً انفجار اتفاق می‌افتد این گونه شیرها مانع برگشت گازها شده و خطر مرتفع می‌شود. شیرها مانع برگشت مورد استفاده باید استاندارد باشد و مورد تأیید قرار گرفته باشد. (شکل ۲-۲۵)



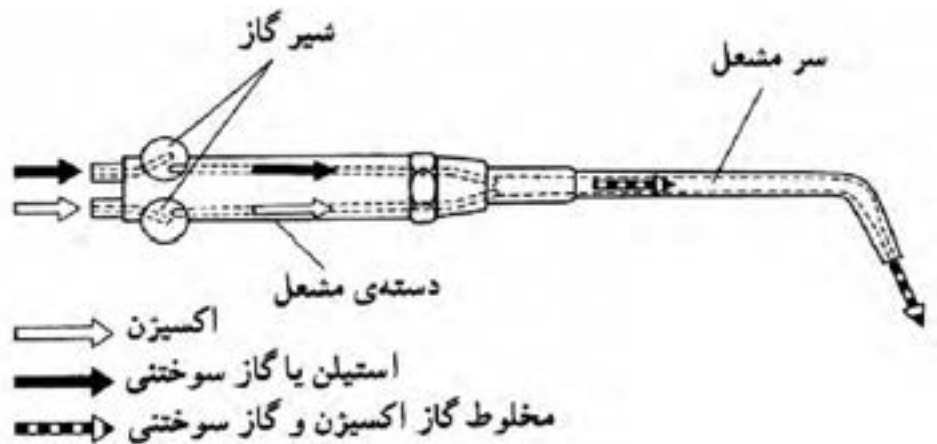
شکل ۲-۲۵ شیر اطمینان

### ۲-۳-۶ مشعل های جوشکاری

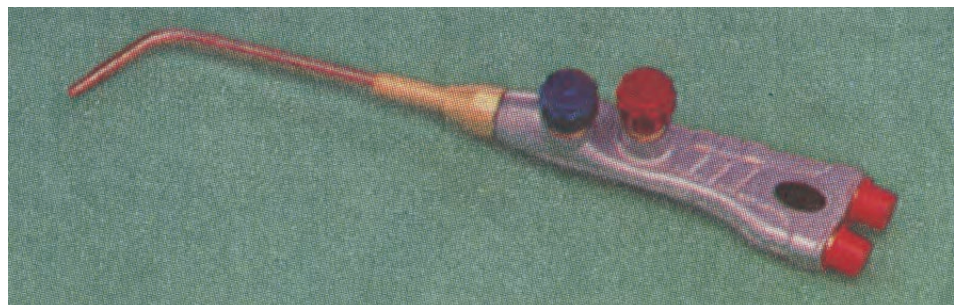
وسیله ای برای مخلوط کردن گازها و تنظیم میزان و نسبت آن‌ها تا از دهانه سر مشعل خارج شده و بسوزد به علاوه شعله حاصل از سوخت یک شعله هم گرا باشد تا تمرکز حرارت ایجاد شده موجب ذوب کردن حجم کوچکی از لبه های اتصال شود. مشعل های جوشکاری دو دسته اند:

الف) فشار قوی یا برابر      ب) فشار ضعیف یا انژکتوری

در مشعل های فشار برابر مطابق شکل (۲-۲۶) گاز اکسیژن و استیلن با فشار مساوی وارد محفظه اختلاط شده و با هم مخلوط می شوند و در سر مشعل با جرقه فندک جوشکاری روشن شده و شعله متمرکز ایجاد می کنند در گذشته این مشعل در جوشکاری مورد استفاده بوده است. (شکل ۱-۲۶-۲)



شکل ۲-۲۶-۲ مسیر گاز در مشعل جوشکاری

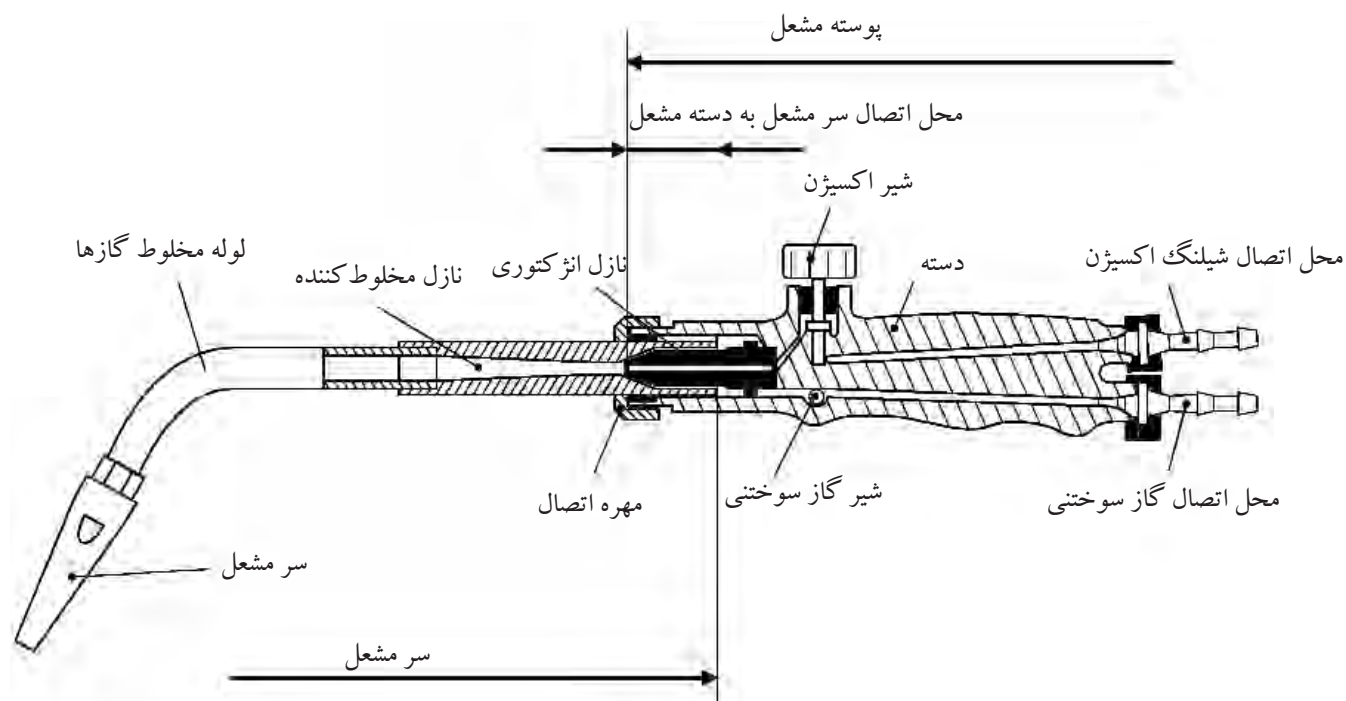


شکل ۱-۲۶-۲ قسمت های ظاهری مشعل

### ● مشعل های فشار ضعیف یا انژکتوری

در این مشعل ها فشار گاز سوختی کم و فشار اکسیژن بیشتر است و گاز سوختی و اکسیژن به وسیله ای انژکتور با هم مخلوط می شوند و امروزه بیشتر مورد استفاده است.

عمل مخلوط شدن گاز اکسیژن با گاز سوختی در سر مشعل انجام می‌شود. انژکتور دارای سوراخ ریزی است در وسط که اطراف آن روزنه‌هایی به شکل تاج دایره تعبیه شده است. (شکل ۲۷-۲)



شکل ۲۷-۲ دسته مشعل و سر مشعل جوشکاری

گاز سوختی از روزنه‌های اطراف انژکتور با فشار کمتر از یک bar وارد محفظه اختلاط شده و اکسیژن از طریق سوراخ ریز انژکتور که در وسط قرار دارد با فشار (۲-۳ bar) به محفظه دمیده می‌شود تا گازها را با هم مخلوط کند و از پستانک سر مشعل خارج شوند سوراخ پستانک سر مشعل مخروطی شکل است و شعله متمرکز ایجاد می‌کند. همراه هر دسته مشعل جوشکاری چند سر مشعل جوشکاری با شماره‌های مختلف وجود دارد در بعضی از انواع قدیمی تعداد زیادی سر مشعل وجود دارد و امروزه با تعداد کمتری سر مشعل به بازار عرضه می‌شود که در شکل‌های (۲-۲۸) و (۲-۲۸-۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۲۸



شکل ۲-۲۸-۱ سر مشعل‌های مخصوص جوشکاری

سر مشعل‌ها دارای شماره‌هایی هستند که روی سر مشعل حک می‌شود و استاندارد خاصی ندارند و با توجه به ضخامت ورق مورد استفاده یا مصرف هر کدام از گازها در یک ساعت شماره گذاری شده‌اند جدول (۲-۴).

جدول ۴-۲ شماره‌ی مشعل با توجه به ضخامت ورق

شماره‌ی مشعل میلی‌متر	ضخامت ورق میلی‌متر	مصرف استیلین لیتر در ساعت
۱-۲	۱	۱۵۰
۲-۴	۲ تا ۴	۳۰۰
۴-۶	۴ تا ۶	۵۰۰

فشار گازها با توجه به بزرگی و کوچکی سر مشعل باید تنظیم شود به جدول (۲-۵)

توجه کنید.

جدول ۵-۲ انتخاب سر مشعل در رابطه با ضخامت ورق و فشار گاز

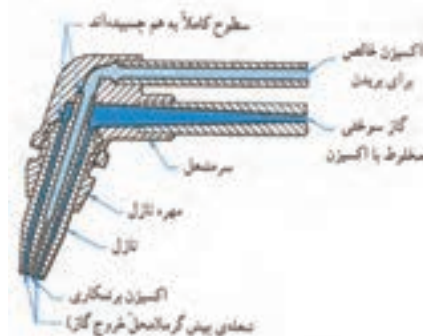
ضخامت ورق فولادی بر حسب اینچ	فشار گازها بر حسب پوند بر اینچ مربع PSi				اندازه‌ی قطر سوراخ نازل بر حسب اینچ
	فشار قوی		انژکتوری		
	O <sub>۲</sub>	C <sub>۲</sub> H <sub>۲</sub>	O <sub>۲</sub>	C <sub>۲</sub> H <sub>۲</sub>	
۰/۰۱	۱	۱	۵-۷	۵	۰/۰۲۲۵
۰/۰۱۶	۱	۱	۷-۸	۵	۰/۰۲۸۰
۰/۰۱۹	۱	۱	۷-۱۰	۵	۰/۰۲۸۰
$\frac{1}{32}$	۲	۲	۷-۱۸	۵	۰/۰۳۵۰
$\frac{1}{16}$	۳	۳	۸-۲۰	۵	۰/۰۴۶۵
$\frac{3}{32}$	۴	۴	۱۵-۲۰	۵	۰/۰۵۵۰
$\frac{1}{8}$	۴	۴	۲۴-۱۲	۵	۰/۰۵۹۰
$\frac{3}{16}$	۵	۵	۲۵-۱۶	۵	۰/۰۷۰
$\frac{1}{4}$	۶	۶	۲۰-۲۹	۵	۰/۰۸۱
$\frac{3}{8}$	۷	۷	۲۴-۳۳	۵	۰/۰۸۶
$\frac{1}{2}$	۸	۸	۲۹-۳۴	۵	۰/۰۹۸
$\frac{5}{8}$	۹	۹	۳۰-۴۰	۵	۰/۱۲۸۵
$\frac{3}{4}$	۱۰	۱۰	۳۰-۴۰	۵	۰/۱۳۶۰
۱	۱۲	۱۲	۳۰-۴۲	۵	۰/۱۵۴۰



## ۲-۳-۷ مشعل برشکاری

مشعل برشکاری دارای قسمت‌های زیر است:

- دسته مشعل
- شیرهای تنظیم گاز
- لوله اختلاط
- پستانک



مسیر عبور گاز در مشعل برش

مشعل‌های برشکاری علاوه بر شیر اکسیژن برای سوختن گاز، یک مسیر اضافی اکسیژن دارد که به آن اکسیژن برشکاری می‌گویند در حقیقت اکسیژن برشکاری که با یک اهرم یا یک شیر اضافی باز و بسته می‌شود و اکسیژن اضافی موجب سوختن فلز شده و آن را اکسید کرده و ضمن ایجاد گرمای بیشتر عمل برشکاری هم انجام می‌شود و با حرکت مشعل روی مسیر برشکاری انجام می‌شود.



مقطع مشعل برش



شکل ۲-۲۹ مشعل دوپارچه برشکاری

مشعل برشکاری دو گونه‌اند یکی از این مشعل‌ها به دسته مشعل جوشکاری بسته می‌شود زیرا این گونه دسته مشعل هم برای جوشکاری و هم برای برشکاری طراحی شده است. (شکل ۲-۲۹)

گروه دیگر مشعل‌های مخصوص برشکاری هستند که فقط برای برشکاری مورد استفاده واقع می‌شود. (شکل ۲-۳۰)



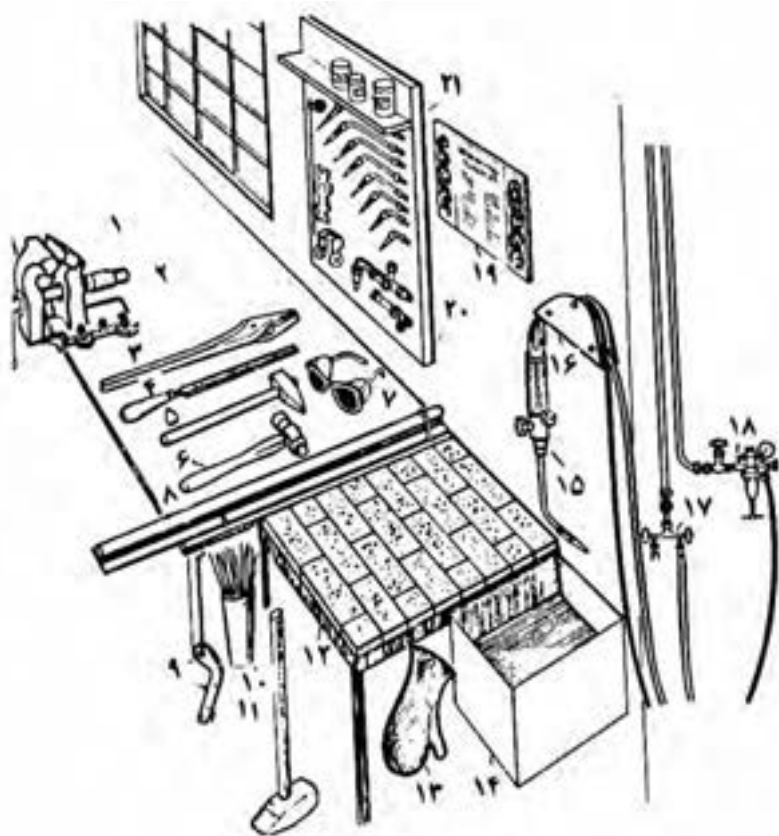
شکل ۲-۳۰ مشعل یک پارچه برشکاری



در این نوع مشعل‌های برش، مشعل و دسته مشعل یکپارچه هستند و شیلنگ‌های گاز سوختنی و اکسیژن به طور مستقیم به آن‌ها وصل شده و مورد استفاده واقع می‌شود چون در برشکاری از گازهای پروپیلن و پروپان و استیلن استفاده می‌شود لازم است از مشعل برش مخصوص همان گاز استفاده شود. مشعل‌های برشکاری که با استیلن کار می‌کنند دارای مسیرهای عبور گاز باریک‌تر و مشعل‌هایی که با گازهای نفت کار می‌کنند دارای مسیرهای گاز سوختنی با قطر بیشتر هستند در شکل (۲-۳۱) یک مشعل جوشکاری که تبدیل به مشعل برشکاری شده مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۳۱ یک مشعل جوشکاری که با نصب «کله‌گی» مبدل به مشعل برشکاری شده در انتهای آن چرخ‌های هدایت، قرار گرفته است.



شکل ۲-۳۲ میز و ابزار کار جوشکاری با شعله گاز

### ۲-۳-۸ میز کار جوشکاری

یک میز کار جوشکاری با شعله گاز مطابق آن چه که در شکل (۲-۳۲) مشاهده می‌کنید برای جوشکاری و لحیم‌کاری سخت روی قطعات کوچک مورد استفاده است. گازهای مصرفی از طریق سیستم لوله‌کشی به محل کار می‌رسد.

### ۲-۳-۹ دستگاه شمعک روی میز کار

برای صرفه‌جویی در گاز وسیله‌ی بسیار سودمندی در محل جوشکاری گاز و یا روی میز کار جوشکاری نصب می‌شود این وسیله از دو شیر تشکیل می‌شود که در حالت عادی یک فنر آن دو شیر را باز نگه می‌دارد و گازها از این مسیر به مشعل می‌رسند اما به محض آن که جوشکار مشعل را به اهرم کنترل این وسیله آویزان کند (قرار دهد) شیرها بسته می‌شود و شعله خاموش می‌شود و با برداشتن دسته‌ی مشعل از روی اهرم گازها جریان پیدا کرده و مشعل با شمعک روشن می‌شود.



شکل ۲-۳۲ شمعک نصب شده روی میز

با وجود دستگاه شمعک با یک بار تنظیم شعله می‌توانیم بارها و بارها شعله را خاموش و یا روشن کنیم بدون این که نیاز به تنظیم مجدد یا استفاده از فن‌دک داشته باشیم. (شکل ۲-۳۲)

### ۲-۳-۱۰ عینک جوشکاری

شعله گاز دارای نور خیره کننده بوده و درخشندگی زیادی دارد و برای چشم ضرر دارد و استفاده از عینک مخصوص جوشکاری با شماره شیشه ۵ یا ۶ مطابق جدول (۲-۶) ضروری است با استفاده از عینک جوشکاری چشم از آسیب جرقه‌های جوشکاری و برشکاری نیز در امان خواهد بود. (شکل ۲-۳۳)



عینک محافظ جوش گاز  
شکل ۲-۳۳

### جدول ۲-۶ شماره‌ی شیشه‌ی عینک و ماسک جوشکاری برای کارهای مختلف

شماره‌ی شیشه	موارد استفاده	درصد اشعه‌های عبوری از شیشه		
		نور مرئی	مادون قرمز	ماوراء بنفش
۲	انعکاس نور شدید و گرم کاری	۲۸	۰/۸۷	۱۰/۷۵
۳	لحیم نرم با شعله	۱۶	۰/۴۳	۱۰/۳۵
۴	لحیم سخت با شعله‌ی استیلن	۶/۵	هیچ	۰/۰۹۷
۵	جوشکاری و برشکاری سبک استیلن	۲	هیچ	۰/۰۴۶
۶	استاندارد جوشکاری استیلن	۰/۸	هیچ	هیچ
۸	جوشکاری سنگین با گاز برشکاری و جوشکاری برق تا ۷۵ آمپر	۰/۲۵	هیچ	هیچ
۱۰	جوشکاری و برشکاری برق تا ۲۵۰ آمپر	۰/۰۱۴	هیچ	هیچ
۱۲	جوشکاری و برشکاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	۰/۰۰۲	هیچ	هیچ
۱۴	جوشکاری و برشکاری با الکتروود کربنی	۰/۰۰۰۳	هیچ	هیچ

## سوالات پایانی فصل دوم



- ۱- کدام یک از گزینه‌های زیر غلط است؟
- الف) استیلن گازی است که شعله آن تمرکز حرارتی دارد.  
ب) گاز استیلن بی‌رنگ بوده و در اغلب مایعات حل می‌شود.  
ج) دمای سوختن شعله استیلن  $3200^{\circ}\text{C}$  است.  
د) کپسول استیلن پر، محتوی گاز حل شده در استن با فشار 150 bar است.
- ۲- اگر به جای اکسیژن از هوای فشرده در مشعل جوشکاری استفاده شود
- الف) راندمان حرارتی کاهش می‌یابد  
ب) هوا دارای گازهای مضر برای جوشکاری است  
ج) فلزات صنعتی به راحتی ذوب نمی‌شوند  
د) تمام گزینه‌ها صحیح است
- ۳- حداکثر فشار گاز در کپسول و حجم کپسول‌های معمولی اکسیژن کدام است؟
- الف) 150 bar و 40 لیتر  
ب) 150 bar و 30 لیتر  
ج) 40 bar و 15 لیتر  
د) 160 bar و 5 لیتر
- ۴- در کپسول استیلن چند لیتر مایع استن باید وجود داشته باشد؟
- الف) 16 لیتر  
ب) 375 لیتر  
ج) 150 لیتر  
د) 6000 لیتر
- ۵- تنظیم دقیق تر فشار در کدام رگولاتور ..... عملی است.
- الف) استیلن  
ب) اکسیژن  
ج) یک مرحله‌ای  
د) دو مرحله‌ای
- ۶- شعله خنثی ..... و دارای ..... است.
- الف) هم‌گرا - دو مخروط  
ب) هم‌گرا - سه مخروط  
ج) واگرا - دو مخروط  
د) واگرا - سه مخروط

۷- فشار گازها با توجه به ..... و ..... سر مشعل باید تنظیم شود.

الف) نوع - شکل (ب) اندازه - فرم

ج) بزرگی - کوچکی (د) گاز - نوع آن

۸- در مشعل‌های انژکتوری باید ..... گاز ..... باشد.

الف) فشار - اکسیژن بیشتر (ب) سوختن - اکسیژن بیشتر

ج) نوع - معلوم (د) نوع شعله - معین

۹- در هر ساعت چه حجم از یک کپسول استیلن پر می‌توان مصرف کرد؟

پاسخ: .....

.....

.....

۱۰- هر لیتر اکسیژن مایع در دمای  $15^{\circ}\text{C}$  می‌تواند به چند لیتر اکسیژن گاز تبدیل شود؟

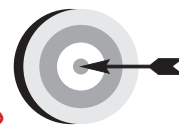
پاسخ: .....

.....

.....



## فصل سوم



### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. وسایل ایمنی فردی در جوشکاری را نام ببرد.
۲. گازهایی که مخاطرات زیادی دارند را معرفی کند.
۳. مواقع استفاده از ماسک دهنی و دلایل آن را شرح دهد.
۴. نحوه‌ی صحیح حمل و نقل و نگهداری کپسول‌ها را توضیح دهد.
۵. در خصوص مثلث اشتعال و اضلاع آن توضیح دهد.
۶. چگونگی نشستی‌یابی و محل‌های کنترل آن را معرفی کند.

### ۳- ایمنی در جوشکاری و برشکاری با شعله گاز



اجرای قواعد و مقررات حفاظت فنی و ایجاد شرایط ایمن در کار یکی از مهمترین و اساسی ترین موضوعی است که هر کس باید قبل از شروع به کار با آن آشنا بوده و با مطالعه و بررسی همه جانبه محیط شروع به کار نماید. (شکل ۳-۱)

اجرای صحیح مقررات و قواعد و دستورات و نکات ایمنی مانع بروز حوادث گوناگون و سوانحی است که در حین کار باعث آسیب رسیدن به کارگران، خسارت جانی و مالی، نقص عضو شده و حتی مانع به خطر افتادن جان انسان می شود و انسان در مقابل سلامتی خود و دیگران مسئول است پس توجه به نکات و دستورات ایمنی و همکاری با کارفرما از نظر معنوی و مادی دارای اهمیت است. (شکل ۳-۲)

شکل ۳-۱



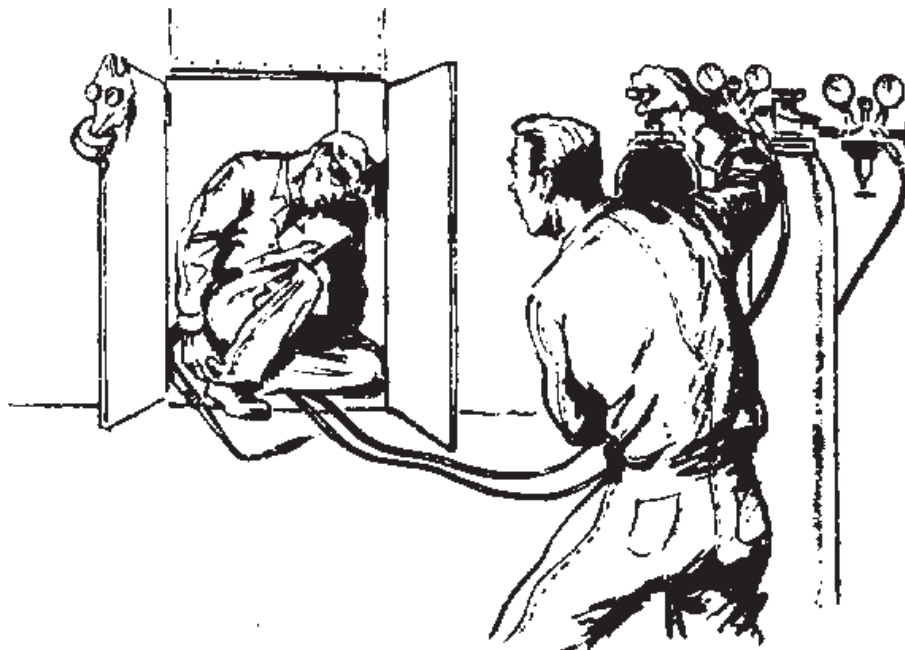
**توجه!**

**اول ایمنی، بعد کار**

شکل ۳-۲



کارگاه‌های جوشکاری و برشکاری در ردیف مکان‌های پر خطر است و در صورت عدم رعایت ایمنی خطراتی مانند: انفجار، آتش‌سوزی، خفگی، سوختگی سطحی و عمقی، آسیب رسیدن به چشم و پوست، برق‌گرفتگی، بریدگی و جراحات سطحی و عمقی و سقوط از ارتفاع در کمین ما خواهد بود که با تقسیم‌بندی مناسب به آن‌ها خواهیم پرداخت. (شکل ۳-۳)



شکل ۳-۳ خفگی در فضای محدود

### ۳-۱ آلودگی‌های گازی

از سوختن گاز استیلن و یا گازهای دیگر برای جوشکاری و برشکاری دود و  $CO_2$  و  $CO$  تولید می‌شود همچنین در جوشکاری و برشکاری قطعات رنگ شده گاز منواکسید کربن  $CO$  تولید می‌شود.

- گاز کربنیک ( $CO_2$ ) هوا سنگین تر بوده و فضای جوشکاری را اشغال کرده و اکسیژن هوا هم صرف سوختن گاز در مشعل می‌شود پس در محل جوشکاری اکسیژن کافی وجود ندارد. از طرف دیگر استنشاق گاز  $CO$  موجب سرگیجه و تهوع و استفراغ و تاری چشم می‌شود.
- در درجات حرارت شعله امکان تشکیل اکسیدهای ازت نیز وجود دارد همچنین در اثر حرارت زیاد شعله فلزات هم تبخیر شده و بخارات فلزی تولید می‌کنند استنشاق بخارات تازه تشکیل شده بسیاری از اکسیدهای فلزی مثل روی، نیکل، مس و کروم

می تواند موجب عارضه تب بخارات فلزی شود جوشکاری ورق های گالوانیزه این مشکل را به وجود می آورند. بخارات حاصل از سیالات چربی گیر نیز بسیار زیان آور است و به طور کلی گازها و بخارات ممکن است عارضه ریوی ایجاد کنند. روان سازها و تنه کارها در لحیم کاری سخت گازهای سمی اسیدی و یا بازی تولید کرده و به مجاری تنفسی به طور جدی آسیب می رسانند. مجاری تنفسی تحریک پذیر است و در صورتی که در این خصوص بی توجهی شود مشکلات زیادی به بار خواهد آمد. راه های جلوگیری تهویه کارگاه و کابین جوشکاری است که می تواند توسط هواکش های قوی گازها را به خارج هدایت کرد این روش خود موجب آلودگی محیط زیست می شود. (شکل ۳-۴)



شکل ۳-۴ تهویه دود و گاز از کابین

تهویه از محل تولید و تصفیه گاز روش قابل قبول است مطابق شکل (۳-۵) توسط یک مجموعه که مکش و عبور دادن از دستگاه تصفیه گاز با هم انجام می شود.



شکل ۳-۵ خروج گاز از محل جوشکاری و تصفیه و هدایت به هوای بیرون

استفاده از ماسک دهنی مناسب خصوصاً زمانی که برشکاری روی ورق های گالوانیزه یا رنگ شده انجام می شود یا موقع لحیم کاری و استفاده از نشادر و روان سازها به طور حتم باید از دهنی با فیلتر مناسب همان گازها استفاده کرد مؤلف خود کارگران زیادی که با لحیم سخت سرکار داشته را ملاقات کرده ام که در سن ۵۰ سالگی به علت مشکلات ریوی دچار بیماری قلبی شده و زندگی را بر خود و خانواده ی خویش دشوار کرده اند. (شکل ۳-۶)

## ۳-۲ نکات ایمنی در خصوص آتش سوزی

در کارگاه هر دو گاز سوختنی و اکسیژن عامل سوخت در کنار هم و در چند میلی متری یکدیگر قرار دارند کمترین بی توجهی آتش سوزی و انفجار را موجب می شود. (شکل ۷-۳)

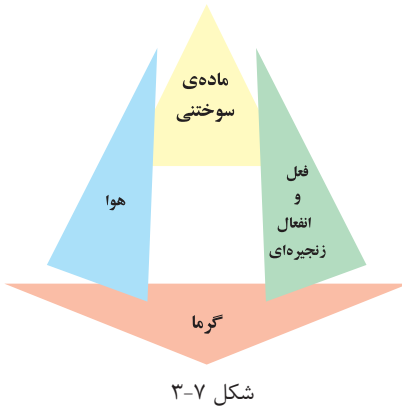
استیلن با هوا ترکیب و انفجار را موجب می شود لذا مسیرهای عبور گاز استیلن اتصالات این مسیر و کپسول استیلن باید دقیقاً بازرسی شود تا از عدم نشت گاز مطمئن بود این عمل با آب صابون انجام شود.

اکسیژن آتش نمی گیرد اما موجب سوختن مواد می شود و آتش سوزی را شدت می بخشد لذا نشت اکسیژن از لوله یا شیلنگ و یا اتصالات آنها موجب غنی شدن هوا از اکسیژن شده و با یک جرقه ممکن است مواد آتش زار را محترق کند. اکسیژن می تواند روغن و چربی را مشتعل کند پس کف کارگاه و لباس کار نباید به روغن آلوده باشد. شاید خود شاهد آتش سوزی بزرگی بوده اید که توسط یک کبریت نیم سوخته یا یک جرقه یا ته سیگار روشن اتفاق افتاده است. عامل اصلی آتش سوزی مثلث احتراق است که در شکل (۸-۳) مشاهده می کنید.

توجه کنید در کارگاه جوش گاز کدام عامل آتش سوزی وجود ندارد؟ آیا لازم است نکات ایمنی در خصوص آتش سوزی را بدانید؟

## رعایت نکات زیر ضروری است

۱. جلو و پشت درهای خروجی اضطراری مانعی نباشد.
۲. محل نصب کپسول های آتش نشانی و شیلنگ های آب و ظرف شن مخصوص آتش نشانی را به خاطر بسپارید.
۳. قبل از روشن کردن مشعل اطراف محل کار را از مواد سوختنی پاک کنید.
۴. از جوشکاری سطوح رنگ شده خودداری نمایید چون امکان آتش سوزی وجود دارد.
۵. وجود سیم های سیار برق در کنار شیلنگ های گاز خطر ساز است.
۶. در هنگام آتش سوزی شیرفلکه گازها را بسته و مواد قابل اشتعال را از محل دور کنید.



۷. طرز کار و نوع کپسول آتش‌نشانی برای مصارف گوناگون را کاملاً فرا بگیرید و گاهی از خود و دیگران در خصوص آتش‌سوزی، نحوه‌ی اطفاء حریق و طرز کار کپسول‌های آتش‌نشانی و راه‌های فرار هنگام آتش‌سوزی را سؤال کنید. (شکل ۹-۳)

### ۳-۳ ایمنی کپسول اکسیژن

۱- کپسول‌ها به طور عمود روی زمین قرار داده و با بست و زنجیر مناسب به دیوار مهار شود یا ارابه‌ی (گاری) ویژه حمل محکم بسته شوند.

۲- از آلوده شدن کپسول و شیر فلکه آن‌ها به روغن و گریس و سایر چربی‌ها جلوگیری شود. (شکل ۱۰-۳)

۳- از وارد شدن ضربه و شوک مکانیکی به هر قسمت از کپسول جلوگیری شود.

۴- کپسول را از هر نوع منبع حرارتی و قرار دادن در گرمای شدید آفتاب محافظت

کنید زیرا افزایش دما باعث افزایش فشار گاز درون کپسول خواهد شد.

۵- از اکسیژن برای پاک کردن لباس کار و باد کردن چرخ دوچرخه و... خودداری کنید.

۶- از غلتاندن کپسول‌ها روی زمین خودداری کنید. (شکل‌های ۱-۱۰-۳ و ۲-۱۰-۳)



شکل ۱۰-۳ کار اشتباه روغن‌کاری کپسول اکسیژن



۷- کپسول‌های پر و خالی را جدا انبار کنید.

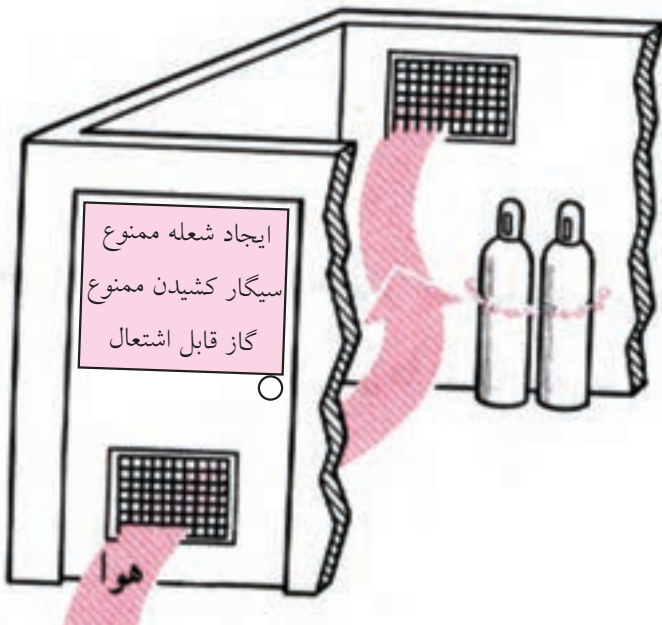
شکل ۱۰-۲-۳ روش غلط جابه‌جایی کپسول

۸- هر سه سال یک بار باید کپسول اکسیژن از سوی مؤسسات صلاحیت‌دار از نظر ایمنی مورد آزمایش قرار گیرد.

### ۳-۴ ایمنی کپسول‌های استیلن

۱- برای جلوگیری از افتادن کپسول‌ها آنها را باید به دیوار با بست و زنجیر مهار کرد.

۲- محل نگهداری کپسول‌ها باید دارای تهویه مناسب باشد. (شکل ۳-۱۰-۳)



شکل ۳-۱۰-۳ ورود و خروج هوا در انبار نگهداری کپسول

۳- کلید چراغ داخل انبار نگهداری کپسول‌های استیلن باید خارج از انبار باشد تا جرقه‌ای ایجاد نکند هم‌چنین کپسول پر و خالی جدا از هم انبار شود. (شکل ۳-۱۱)

۴- اگر بر اثر سرمای شدید کپسول استیلن یخ زد با آب گرم (نه آب جوش) نسبت به رفع یخ زدگی اقدام کنید.

۵- از وارد کردن ضربه به کپسول خودداری نمائید.

۶- اگر به هر دلیل کپسول محتوی گاز استیلن گرم شد به هوای آزاد انتقال داده و با آب خنک کپسول را سرد کنید و گازهای آن را به آرامی خارج کنید در صورت لزوم به شرکت پُرکننده‌ی کپسول گزارش دهید.

۷- هرگز از اتصالات ساخته شده از مس یا آلیاژی که بیش از ۷۰٪ مس داشته باشد برای استیلن استفاده نکنید چون ترکیب قابل انفجار ایجاد می‌کنند.

۸- برای حمل کپسول‌ها از وسائل مخصوص استفاده کنید. (شکل ۳-۱۲)



شکل ۳-۱۱ انبار کردن درست کپسول



شکل ۳-۱۲ حمل و نقل غلط کپسول



### ۵-۳ ایمنی و حفاظت از شیلنگ‌های گاز

شیلنگ‌ها را باید از مجاورت و مقابل گرمای شدید، شعله، جرقه‌های سنگ به دور نگه داشت.

شیلنگ‌های گاز استیلن را با استفاده از واسطه‌های مسی به هم اتصال ندهید. شیلنگ‌ها را در مقابل تماس با لبه‌های تیز و داغ فلزات مصون سازید. شیلنگ‌های آسیب دیده را با چسب و امثال آن تعمیر نکنید. (شکل ۱۳-۳)



شکل ۱۳-۳ کار اشتباه تعمیر شیلنگ با چسب

چرخ‌های لیف تراک یا اجسام سنگین مانند کپسول را از روی شیلنگ‌ها عبور ندهید. برای کنترل نشتی شیلنگ از ظرف آب استفاده کنید. شیلنگ‌های نو به پودر تالک آغشته هستند برای خارج کردن پودر از هوای فشرده استفاده کنید. (شکل ۱۴-۳)



شکل ۱۴-۳ خروج پودر تالک از شیلنگ نو

### ۶-۳ ایمنی و حفاظت از مشعل‌های جوشکاری و برشکاری

از باز و بسته کردن سر مشعل و پستانک مشعل وقتی که داغ هستند خودداری کنید. در صورت داغ شدن سر مشعل آن را با آب خنک کنید. (شکل ۱۶-۳)



از رها کردن مشعل روی زمین خودداری کنید. (شکل ۳-۱۶-۱)  
 مشعل روشن را روی میز کار قرار ندهید.

هرگاه در حین کار اختلالی پیش آمده مشعل را فوری خاموش کنید و سپس به رفع اشکال اقدام کنید.

پس از چند بار کار با مشعل دوده‌های داخل سر مشعل و انژکتور را تمیز کنید و با قرار دادن یک تکه چوب روی میز کار هر چند وقت یک بار شیر مشعل را روی چوب کشیده تا جرقه‌های روی سر مشعل تمیز شود.

هیچ قسمتی از مشعل را روغن کاری نکنید. (شکل ۳-۱۷)



شکل ۳-۱۶-۱ خنک کردن مشعل با آب



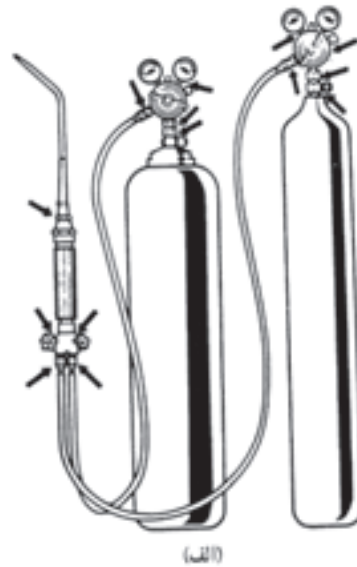
شکل ۳-۱۶-۱ کار اشتباه قرار دادن مشعل روی زمین



شکل ۳-۱۷ کار اشتباه روغن کاری مشعل

### ۳-۷ کنترل نشتی:

مطابق (شکل ۳-۱۸) محل‌های اتصال اجزای یک واحد جوشکاری گاز، باید با محلول آب صابون کنترل نشتی شود و از عدم نشتی گاز اطمینان حاصل گردد.



صابون و آب باریس برای اتصالات موقع کنترل نشتی

(ب)

شکل ۳-۱۸

## سؤالات پایانی بخش ایمنی در جوشکاری و برشکاری



۱- دستگاه‌هایی که با برق کار می‌کنند در صورت نداشتن ..... و ..... خطرناک هستند.

(الف) حفاظ و فنداسیون زیر دستگاه

(ب) سیم ارت و حفاظ

(ج) کلید روشن و خاموش و حفاظ

(د) مهار به زمین و لقی بودن روی زمین

۲- کدام گزینه از وظایف جوشکار نمی‌باشد؟

(الف) شناخت علائم هشدار دهنده

(ب) اعلام بروز مشکل به مسئول کارگاه

(ج) تعمیرات برقی دستگاه جوشکاری

(د) شناسایی محل جعبه‌ی کمک‌های اولیه

۳- پخش کدام گاز در محل کار برای انسان خطرناک‌تر است؟

(الف)  $CO_2$  (ب)  $CO$

(ج)  $O_2$  (د)  $N_2$

۴- کبریت نیمه‌افروخته با کدام گاز افروخته می‌شود؟

(الف)  $CO_2$  (ب) ازن

(ج) اکسیژن (د) آرگن

۵- دانستن کدام گزینه برای کارگران یک کارگاه ضروری است؟

(الف) روش استفاده از کپسول آتش‌نشانی و دستگاه‌هایی که با آن کار می‌کنند.

(ب) محل شارژ کردن کپسول‌های آتش‌نشانی و طرز کار دستگاه‌های موجود در کارگاه.

(ج) کلید اصلی برق دستگاهی که کار می‌کند و راه‌های خروجی کارگاه.

(د) گزینه الف و ج با هم ضروری است.

۶- کلید چراغ روشنایی انبار کپسول استیلن باید ..... باشد.

الف) گردان (ب) اهرمی

ج) خارج انبار (د) داخل انبار

۷- گزینه غیر ایمن کدام است؟

الف) تعمیر شیلنگ‌های گاز با نوار چسب

ب) استفاده از لوله‌ی مسی برای اتصال دو شیلنگ استیلن به هم

ج) استفاده از کبریت برای کنترل نشتی گاز استیلن

د) گزینه الف، ب و ج

۸- گزینه غلط کدام است؟

الف) برای رفع یخزدگی کپسول استیلن از آب گرم استفاده می‌کنیم.

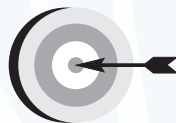
ب) کارگران لحیم‌کار در معرض بیماری‌های دستگاه تنفسی هستند.

ج) تنه‌کارها و روان‌سازها گازهای اسیدی و بازی تولید می‌کنند.

د) پیچ اتصال رگولاتور به کپسول اکسیژن چپ گرد است.



## فصل چهارم



### هدف‌های رفتاری

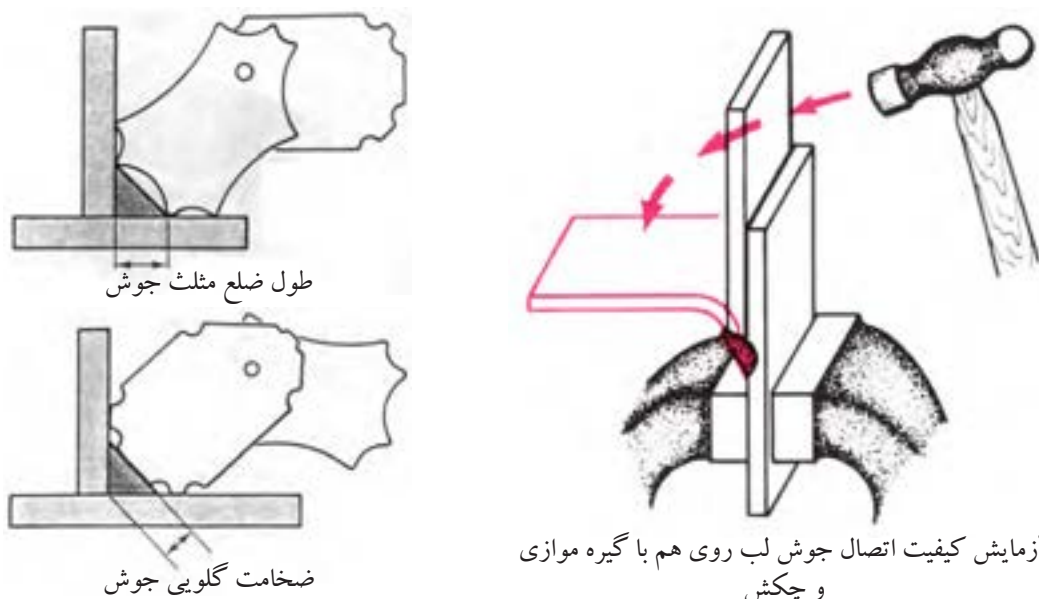
پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. کنترل‌هایی که با دست جوشکار انجام می‌شود را نام ببرد.
۲. ضعف‌هایی که در عیب بریدگی کناره جوش به وجود می‌آید را توضیح دهد.
۳. دلایل به وجود آمدن مشکلات در نقطه‌ی پایانی جوش را شرح دهد.
۴. دلایل نفوذ بیش از اندازه را توضیح دهد.
۵. روش جوشکاری پس‌دستی را شرح دهد.
۶. دلایل پیچیدگی در جوشکاری انشعابات یک‌طرفه لوله را بیان کند.

#### ۴- عیوب جوشکاری با شعله گاز

جوش ها به خودی خود خوب یا بد نیستند، هنگامی یک جوش بد نامیده می شود که اهداف مورد نظر محاسب و طراح را برآورده نسازد.

یادآوری می شود که استاندارد یا کیفیتی که برای یک اتصال در نظر گرفته می شود ممکن است برای موارد دیگر بسیار سخت گیرانه و یا لازم نباشد ولی چون نقص در جوش ممکن است موجب خسارات سنگین و خطرناک شود، همیشه دستورالعمل های بازرسی و کنترل بر اساس نکته سنجی های دقیق تدوین می شود و بازرسی (شامل بازرسی های مخرب DT<sup>۱</sup> و بازرسی های غیر مخرب NDT<sup>۲</sup>) انجام می گیرد. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱ بازرسی جوش

۱- Destructive Testing

۲- Non Destructive Testing



آزمایشات کارگاهی در اتصالات جوش هم بر اساس این دو تست عملی می‌شود گاهی اتصالات نمونه را تخریب و در موارد دیگر با بازرسی چشمی و سپس در صورت لزوم با سایر روش‌های غیر مخرب به عیب‌یابی می‌پردازیم.

ناگفته نماند جوشکاری با شعله‌گاز به دلیل این که حفاظت از مذاب را شعله‌عده‌دار است و (گازهای حاصل از سوختن گاز، محل حرارت دیده کار را از اثرات سوء آتمسفر مصون می‌سازد) انتخاب شعله مناسب نقش مؤثری در کیفیت جوش خواهد داشت.

زیرا سوختن ناقص گرمای کافی نداشته و حوضچه مذاب مطلوبی شکل نمی‌گیرد، بعلاوه در مورد جوشکاری فولادها باعث افزایش کربن در فلز جوش می‌شود. شعله با اکسیژن بیشتر از اندازه موجب اکسید شدن و ایجاد حالت شکنندگی در جوش می‌شود.

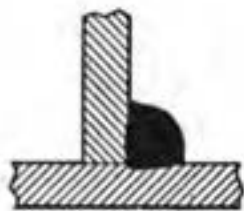
انتخاب سر مشعل مناسب نیز نقش مؤثر در کیفیت جوش دارد. سر مشعل بزرگ‌تر از اندازه با شعله کوچک سبب ناپایداری شعله و قطع و وصل آن شده و مذاب را به اطراف می‌پاشد. استفاده از مشعل کوچک باعث کاهش راندمان جوشکاری و کوچک شدن حوضچه مذاب می‌شود و اتصال جوش شده نفوذ ناکافی را به دنبال خواهد داشت.

تمیزی سطح کار یکی دیگر از پارامترهای مؤثر در انجام جوش مطلوب خواهد بود چون اکسیدهای فلزی دیر ذوب‌تر هستند و مانع از پیشروی مذاب در درز شده و حوضچه مذاب دارای آلودگی اکسیدی می‌شود و چنانچه اکسیدها در فلز جوش حل شوند جوش دچار شکست خواهد شد. (شکل ۲-۴)

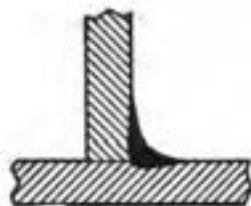


شکل ۲-۴ سنباده‌زنی سطح کار و درز کار و برس‌زنی کار قبل از جوشکاری

کنترل حوضچه مذاب، سرعت پیشروی جوشکاری و مقدار رسوب (فلز جوش) توسط دست جوشکار انجام می شود لذا جوشکاران باید از مهارت کافی برخوردار بوده و سعی در اجرای صحیح جوشکاری که بدون عیب باشد را همیشه در نظر داشته باشند.



تحدب بیش از حد



تقعر بیش از حد

شکل ۳-۴

## ۴-۱-۴ عیوب ظاهری جوش

عیوبی که با چشم رؤیت می شود به بازرسی چشمی مربوط می شود و عبارتند از عدم یکنواخت بودن گرده جوش، بریدگی کناره، برجستگی نامناسب گرده جوش، گودافتادگی، ترک چاله جوش، نفوذ ناکافی و سررفتگی، و ذوب ناقص (شکل ۳-۴).

### ۴-۱-۱-۱ یکنواخت بودن گرده جوش

گرده جوش در تمام طول درز باید دارای پهنای یکسان و موج های جوش منظم باشد و در طول خط جوش به ویژه در محل هایی که ادامه جوشکاری قبلی انجام می شود (سربندها) یکسانی گرده جوش و ذوب شدن انتهای جوش خیلی ضروری است و وجود ناهمواری نشانه عدم کنترل جوش در ذوب سیم جوش است.

### ۴-۱-۲-۲ بریدگی کناره جوش (Under Cut)

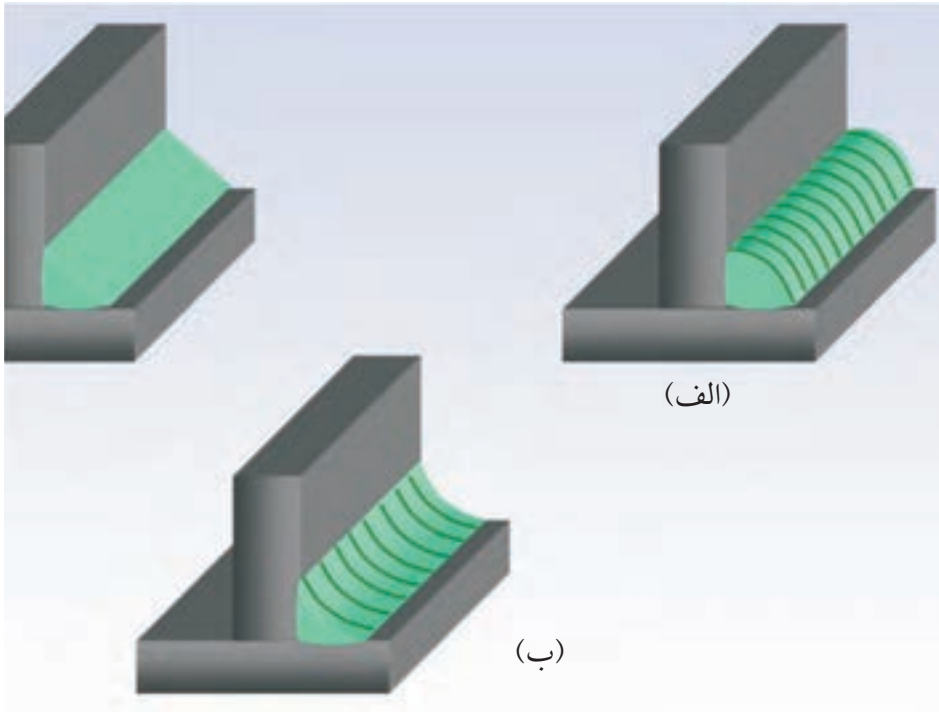
موقع جوشکاری به ویژه جوشکاری های ماهیچه ای (Fillet) چنانچه جوشکار در حرکت مشعل مهارت کافی نداشته باشد دیواره کار ذوب شده و این گود افتادگی کناره جوش به وسیله مذاب سیم جوش توسط جوشکار پر نمی شود و باعث کاهش ضخامت قطعه، اکسید شدن آن منطقه و ضعف در استحکام جوش می شود به علاوه به دلیل تمرکز تنش در گوشه های تیز موجب شکست و احتمال به وجود آمدن ترک در آن ناحیه خواهد بود شکل (۴-۴) بریدگی کناره در جوش ماهیچه ای و شیاری را نشان می دهد.



شکل ۴-۴ بریدگی کناره جوش

### ۳-۱-۴ برجستگی بیش از اندازه (Convexity)

برجستگی بیش از اندازه آن طور که در شکل (۴-۵) (الف) مشاهده می کنید موجب هدر رفتن انرژی، مواد و زمان بوده به علاوه در گوشه های جوش زوایای تیز درست می شود که تمرکز تنش به دنبال داشته و موجب ضعف جوش می شود.

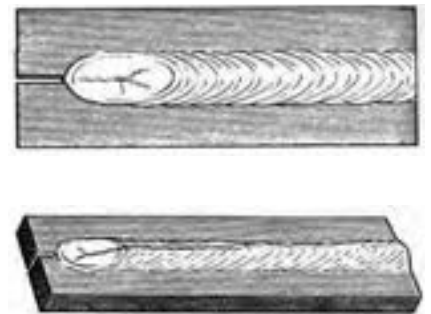


شکل ۴-۵ (الف) تحدب و (ب) تقعر در جوش ماهیچه ای و جوش مناسب

تقعر در جوش باعث کاهش اندازه گلوله جوش شده و استحکام جوش در حد قابل قبولی نخواهد بود.

### ۴-۱-۴ ترک چاله جوش (Crater Cracking)

چاله جوش به نقطه پایانی جوش گفته می شود که در این محل کلّ حوضچه مذاب جامد می شود و ناخالصی های زود ذوب هم که همراه مذاب به این نقطه رسیده اند جامد می شوند پس می توان گفت چاله جوش از ناخالصی ها غنی است، سرعت سرد شدن هم بالا است، چون جوشکاری قطع می شود، حال چنانچه این منطقه توسط جوشکار با ذوب اضافی از سیم جوش پر نشود عیب دیگر یعنی ضخامت کم فلز جوش هم وجود دارد و موجب ترک های ستاره ای شده، خوردگی و شکست نتیجه کار خواهد بود. (شکل ۴-۶)



شکل ۴-۶ ترک چاله جوش

### ۴-۱-۵ عدم نفوذ کافی (LOP)<sup>۱</sup>

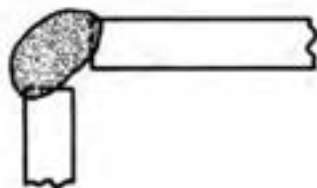
در اتصالات که از یک طرف جوشکاری می شوند جوشکار باید به طرف دوم جوش توجه داشته باشد تا لبه‌های کار ذوب شده و با مذاب سیم جوش فلز جوش را به وجود آورند. در صورتی که شعله لبه‌ها را ذوب نکند و با مذاب سیم جوش مخلوط نشود عدم نفوذ یا نفوذ ناقص مشاهده می شود. (شکل ۴-۷)



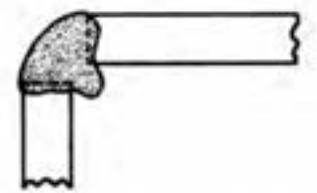
شکل ۴-۷ عدم نفوذ در ریشه

### ۴-۱-۶ نفوذ بیش از حد Excesses Penetration

جوشکاری با گازها با فشار زیاد و عدم کنترل گرمای حوضچه مذاب باعث ایجاد ریزش جوش در ریشه‌ی جوش می شود یعنی مذاب از درز جوش بیرون زده و اکسید شدن و سخت شدن را به دنبال خواهد داشت. (شکل ۴-۸)



نفوذ ناکافی



نفوذ اضافی

شکل ۴-۸

### ۴-۱-۷ سررفتگی (Over Lap)

در جوشکاری گوشه یا ماهیچه‌ای احتمال این که مذاب روی لبه پایین کار پیشروی کرده و لبه کار ذوب نشده باقی بماند وجود دارد که به آن سررفتگی گویند که علاوه بر صرف هزینه باعث ایجاد گوشه تیز در فصل مشترک فلز جوش و قطعه کار می شود و باعث تمرکز تنش و ضعف می گردد. (شکل ۴-۹)



شکل ۴-۹ سررفتگی جوش ماهیچه‌ای

### ۴-۱-۸ عدم ذوب (LOF)<sup>۲</sup>

عدم ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پاید یا بین پاس ها را گویند.

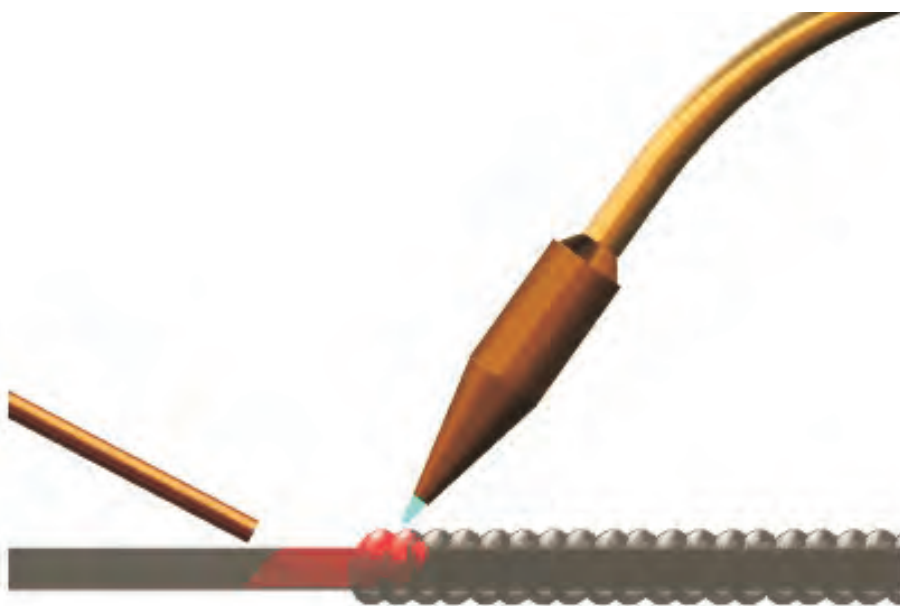
۱- LOP: Lack Of Penetration

۲- LOF: Lack Of Fusion

## ۴-۲-۱ تأثیر پیش‌دستی و پس‌دستی در جوشکاری با شعله گاز

فرایندهای جوشکاری که سرباره‌سازی ندارد، قابلیت اجرای هر دو روش را دارا هستند.

● **جوشکاری به روش پیش‌دستی:** یعنی گرما به طرف قسمت جوش نخورده کار است یعنی درز اتصال قبلاً گرم می‌شود (پیش‌گرم می‌شود) و سپس ذوب شده و حوضچه جوش را به وجود می‌آورد شعله باعث می‌شود که مذاب میل به پیشروی داشته باشد و سیم جوش هم جلوتر از شعله حرکت می‌کند در نتیجه برجستگی جوش کمتر است و چون گرمای شعله بلافاصله از محل منجمد شدن مذاب دور می‌شود جوش سریع‌تر سرد می‌شود. (شکل ۴-۱۰). این روش جهت جوشکاری ورق‌های نازک بهتر است.



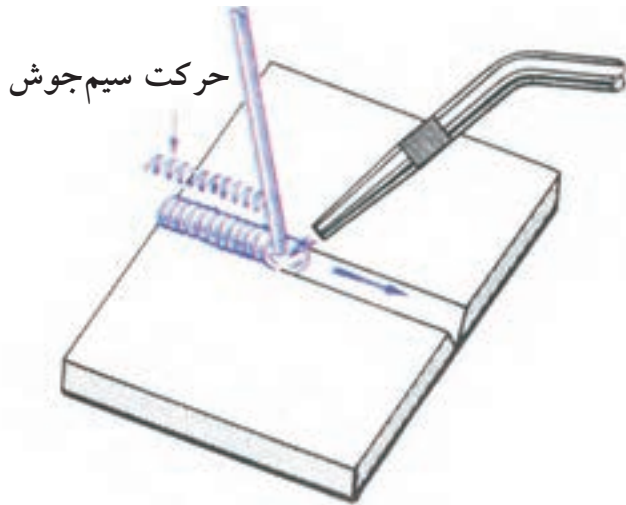
شکل ۴-۱۰ جوشکاری پیش‌دستی





شکل ۴-۱۱ جوشکاری پیش دستی

● **جوشکاری به روش پس دستی:** همان طور که در شکل (۴-۱۱) مشاهده می شود حرارت به طرف قسمت جوش خورده کار است جوش از نفوذ خوبی برخوردار است و گرده جوش هم آهسته سرد می شود و برای جوشکاری قطعات ضخیم مناسب است چون شعله روی قسمت جوش خورده کار قرار دارد جوش آرام سرد می شود. در روش پس دستی استحکام جوش بیشتر و در تمام وضعیت ها قابل اجرا است همان طور که در شکل مشاهده می شود سیم جوش بین مشعل و گرده جوش واقع شده است و با حرکت زیگزاگی مشعل می توان جوش ها با پهنای بیشتر انجام داد. (شکل ۴-۱۲)



پس دستی



پیش دستی

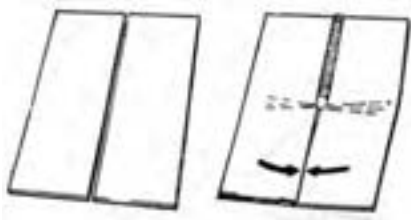
شکل ۴-۱۲

در این روش باید سعی شود که حوضچه مذاب بیش از حد نشود و پخش سازی با زاویه نیم پخ  $30^\circ$  درجه انجام می شود.

### ۴-۳ انقباض و تغییر شکل در جوشکاری ذوبی

از آن جا که جوشکاری ذوبی شامل دوره گرم کردن - سرد کردن است الزاماً به دلیل افزایش و کاهش حجم قطعه اندازه ها تغییر می کند.

در عمل ما به انقباض هنگام سرد شدن پس از عبور منبع گرما از خط اتصال مواجه می شویم و انبساط ناشی از گرم کردن قبل از ذوب شدن لبه ها در بعضی قطعات (مثل ورق های نازک) می تواند باعث پیچیدگی در قطعات گردد. (شکل ۴-۱۳)



۴-۱۳

تغییرات فاصله در حین جوشکاری

## ۱-۳-۴ انقباضی که پس از جوشکاری ایجاد می شود ریشه در سه قسمت دارد

الف) انقباض مذاب

ب) کاهش حجم هنگام انجماد

ج) انقباض فلز جامد گرم شده

### ● الف) انقباض مذاب:

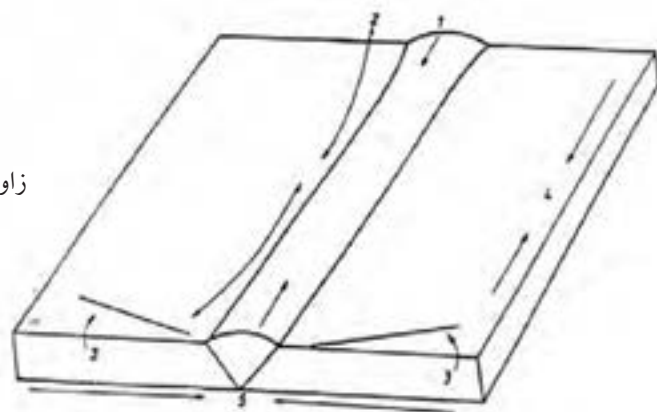
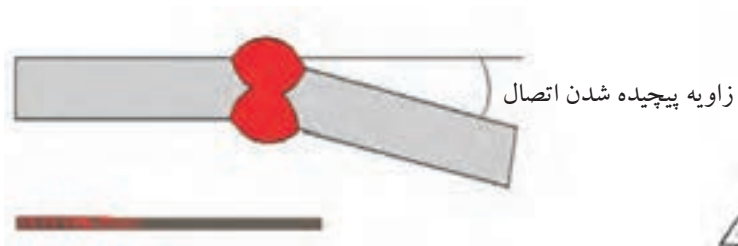
انتهای یک خط جوش (چاله جوش) نمونه خوبی است اگر منبع گرما به طور ناگهانی برداشته شود انجماد به شکل طبیعی رشد می کند ولی به دلیل این که مذاب بعدی جایگزین نمی شود ارتفاع سطح جوش پایین می آید و یک شکاف ایجاد می کند.

### ● ب) کاهش حجم هنگام انجماد:

به همین منظور جوشکاران ماده پرکننده (سیم جوش) اضافه کرده و گرمای ورودی را همزمان کاهش می دهند تا چاله جوش پر شود (همان طور که بیان شد) پر شدن چاله جوش از اهمیت زیادی برخوردار است. در غیر این صورت شروع ترک از این محل خواهد بود.

### ● ج) انقباض فلز جامد:

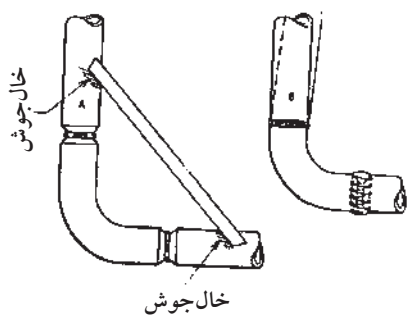
در شروع جوشکاری وقتی فلز حرارت می بیند و ذوب می شود به دلیل این که جوش از هر طرف به صفحات متصل است و امکان انبساط محل حرارت دیده کار در آن جهت وجود ندارد انبساط با افزایش ضخامت محل گرم شده عملی می شود. زمانی که فلز جوش می خواهد منقبض شود، امکان کم شدن فاصله درز وجود ندارد، و با ممانعت از انقباض فاصله قطعات به هم در طول اولیه اش نگهداشته می شود و در نتیجه تغییر شکل مومسان اتفاق می افتد و به دلیل این که پهنای فلز جوش در بالای اتصال بیشتر از ریشه فلز جوش است انقباض حاصل با تغییر شکل زاویه ای رو به رو خواهد شد. (شکل ۱۴-۴)



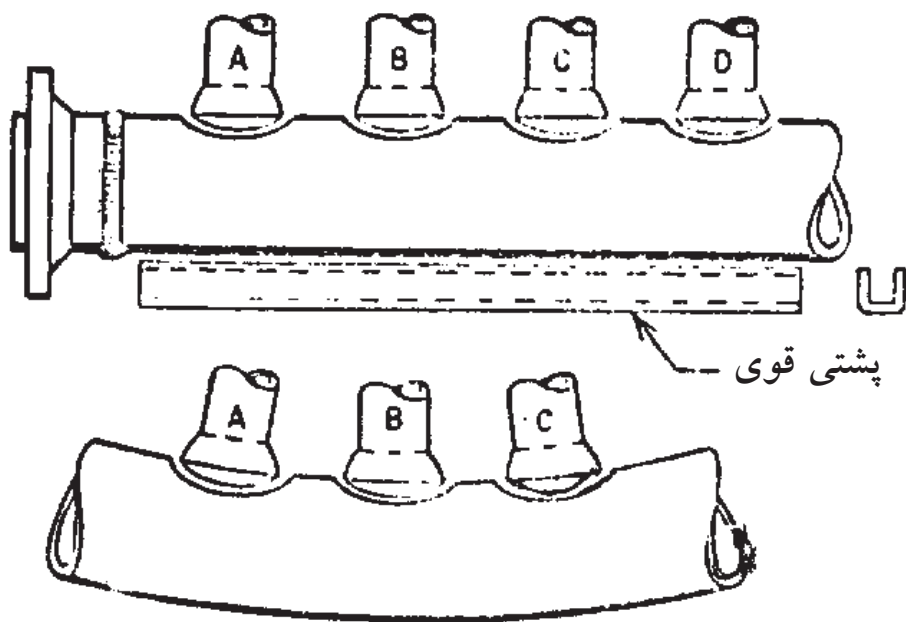
شکل ۱۴-۴ پیچیدگی در جوش

تغییر شکل زاویه‌ای و کمانش طولی به طور معمول در اتصالاتی که با جوش‌های گرده‌ای ایجاد شده‌اند مشاهده می‌شود. (شکل ۱۵-۴)

در محل انشعابات لوله که در یک طرف اجرا می‌شود ضرورت دارد برای جلوگیری از پیچیدگی و خم شدن لوله به طرف اتصالات از مهار استفاده کنیم و یا این که تمام طول لوله، قسمتی که انشعابات در آن ناحیه است به طور کامل حرارت دهیم و پیش گرم کنیم و یا از پشت بند مهاری قوی استفاده کنیم که مانع خم شدن لوله اصلی باشد. (شکل ۱۶-۴)



شکل ۱۵-۴ مهار قطعات قبل از جوشکاری



شکل ۱۶-۴ پیچیدگی در اثر جوشکاری بدون پشت بند

## سوالات پایانی بخش عیوب جوشکاری با شعله گاز



۱- به چه دلیل بازرسی در جوشکاری انجام می‌شود؟

الف) اهداف مورد نظر محاسب و طراح در جوشکاری برآورده شود.

ب) جوش‌های انجام شده دارای ظاهری خوب باشد.

ج) تمام درزهای اتصال جوشکاری شده باشد و سپس رنگ کاری صورت گیرد.

د) جوشکاران از وسائل ایمنی استفاده کنند.

۲- کدام گزینه با بازرسی چشمی ارزیابی نمی‌شود؟

الف) اندازه جوش  
ب) ناپوستگی‌های داخلی جوش

ج) چاله جوش  
د) بریدگی کناره جوش

۳- کدام گزینه موجب تمرکز تنش می‌شود؟

الف) تقعر در جوش ماهیچه‌ای

ب) برجستگی بیش از اندازه در جوش ماهیچه‌ای

ج) بریدگی کناره جوش

د) گزینه ب و ج

۴- کدام قسمت جوش از ناخالصی‌ها غنی‌تر است؟

الف) سطح جوش  
ب) ریشه جوش

ج) چاله جوش  
د) وسط فلز جوش

۵- نفوذ بیش از حد چه زمانی به وجود می‌آید؟

الف) فشار گازها زیاد باشد

ب) شعله بزرگ‌تر از اندازه تنظیم شده باشد

ج) سرعت پیشروی کم باشد

د) تمام موارد را شامل می‌شود

۶- کدام ویژگی در جوشکاری به روش پیش‌دستی وجود ندارد؟

الف) پیش‌گرما  
ب) آهسته سرد شدن جوش

ج) پیشروی بیشتر  
د) عمق ذوب کمتر

۷- پر شدن کدام گزینه از اهمیت زیادی برخوردار است؟

الف) چاله جوش  
ب) سطح جوش

ج) حوضچه مذاب  
د) کپسول گاز

۸- در جوشکاری، کدام گزینه اتفاق می‌افتد؟

الف) انقباض مذاب

ب) کاهش حجم فلز جوش

ج) گزینه الف و ب و ناحیه اطراف جوش H.A.Z انقباض دارند

د) فلز مذاب کاهش وزن دارد



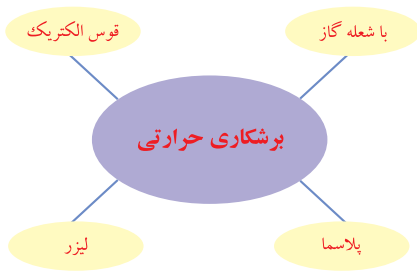




### هدف‌های رفتاری

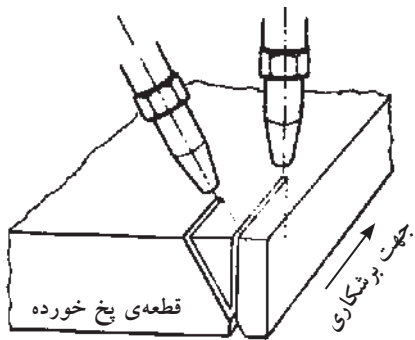
پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. برشکاری حرارتی را معرفی کند.
۲. عوامل مؤثر در برشکاری صاف با دست را نام ببرد.
۳. مزایای برشکاری ریلی را شرح دهد.
۴. قابلیت برشکاری با شعله را توضیح دهد.
۵. ویژگی‌های گاز یونیزه را شرح دهد.
۶. برشکاری با الکتروود روپوش‌دار را توضیح دهد.
۷. کاربرد گوجینگ را شرح دهد.
۸. دلایل کاربرد وسیع لیزر در برشکاری را شرح دهد.



## ۵- برشکاری

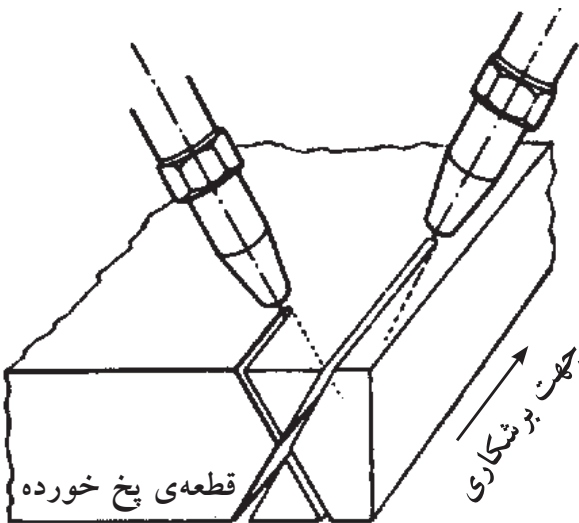
عملیات اجرایی سازه‌ها و مصنوعات فلزی به ترتیب با کمک فرایندهای برشکاری و جوشکاری تحقق می‌یابد دو عمل متضادی که با جمع آن‌ها فعالیت‌های صنعتی گوناگون شکل می‌گیرد. برشکاری برای بریدن و جداسازی قطعات از نیم ساخته‌های فلزی گرفته تا تکه‌برداری و پخ‌سازی (شکل ۵-۱) لبه‌های مورد جوشکاری و یا برداشتن قسمتی از یک جوش عیب دار، حذف راهگاه‌ها در ریخته‌گری و... به کار گرفته می‌شود.



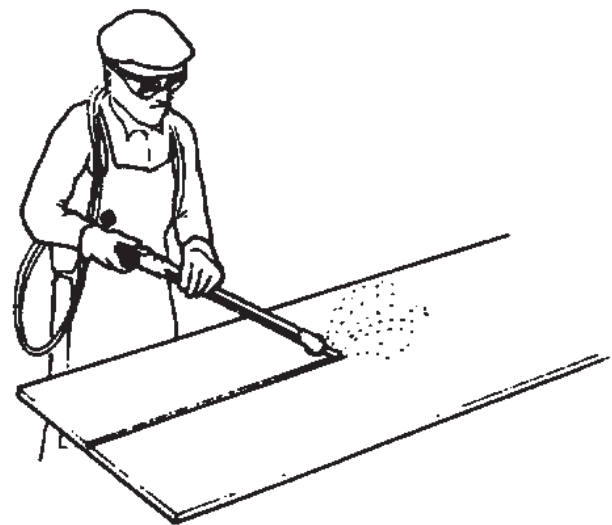
پخ یک‌طرفه  
شکل ۵-۱

عملیات برشکاری می‌تواند مکانیکی بوده (مانند برشکاری با ارّه و گیوتین) و می‌تواند حرارتی باشد، در این کتاب به برشکاری حرارتی می‌پردازیم.

ساده‌ترین و معمولی‌ترین فرایند حرارتی برای آماده‌سازی ورق‌های فولادی برشکاری با اکسیژن و گاز سوختنی است (شکل ۵-۲) این فرایند در صنعت با اهمیت است و برشکاری با اکسیژن و گاز سوختنی خیلی بیشتر از جوشکاری با شعله گاز در صنعت کاربرد دارد. (شکل ۵-۲-۱)



پخ دو طرفه  
شکل ۵-۲-۱



شکل ۵-۲ برشکاری با دست

وسائل مورد استفاده ارزان و قابل حمل هستند و از نظر اقتصادی با صرفه هستند مطابق استاندارد AWS با نام OFC<sup>۱</sup> و برشکاری اکسی استیلن (OAC)<sup>۲</sup> در ردیف همین خانواده است. فقط با تعویض سر مشعل و یا حداکثر با تعویض مشعل جوشکاری دستگاه جوشکاری به دستگاه برشکاری تبدیل می شود که با آن برشکاری های سبک و سنگین انجام می شود. تفاوت مشعل یا سر مشعل برشکاری با مشعل جوشکاری در این است که مشعل برشکاری دارای یک مسیر جداگانه گاز اکسیژن است که با یک شیر یا اهرم به محل داغ شده کار هدایت می شود. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵ مشعل های مختلف برشکاری

### ۱-۵ روش کار در برشکاری با شعله

برای ایجاد یک برش ابتدا فولاد به وسیله شعله گاز سوختنی و اکسیژن گرم می شود تا به دمای نزدیک سرخ شدن برسد آن گاه با شیر یا اهرم، مسیر عبور اکسیژن اضافی را باز کرده و اکسیژن با فشار به محل داغ شده کار دمیده می شود و فولاد را می سوزاند، اکسید شدن و سوختن فولاد گرمازا است و دما را نیز افزایش می دهد و با حرکت پیشروی مشعل برشکاری تداوم پیدا می کند و باید خاطر نشان ساخت که در این فرایند مصرف اکسیژن به طور نسبی زیاد است. (شکل ۴-۵)

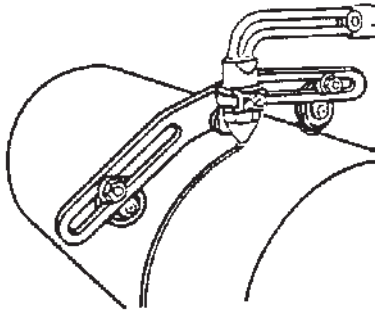


شکل ۴-۵ برشکاری با دست

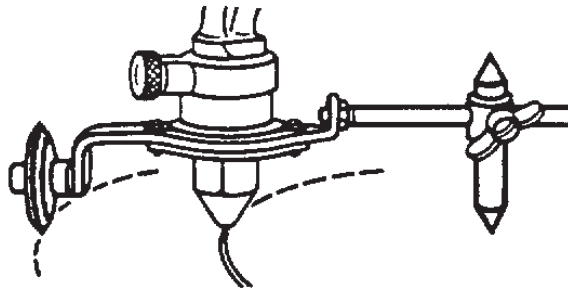
۱- OFC=Oxy Fuel Cutting

۲- OAC=Oxy Acetylen cutting

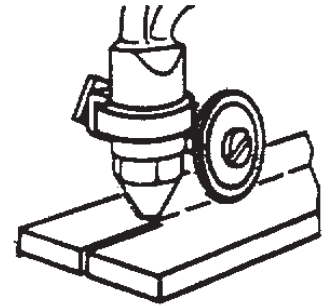
در برشکاری با دست، تمیزی سطح قطعه کار، مهارت برشکار در تنظیم فاصله مشعل تا سطح کار و سرعت پیشروی مناسب بدون لرزش دست در کیفیت یکنواختی و صاف بودن خط برش بسیار مؤثر است. لذا می‌توان با استفاده از دستگاه، تمام موارد فوق را کنترل کرد. ابزارهایی نیز وجود دارد که فاصله مشعل تا کار را ثابت نگاه می‌دارد مطابق شکل (۵-۵).



استفاده از چرخ برش برای بریدن لوله‌ها با شعله گاز



استفاده از چرخ و پرگار برای برش‌های دایره‌ای



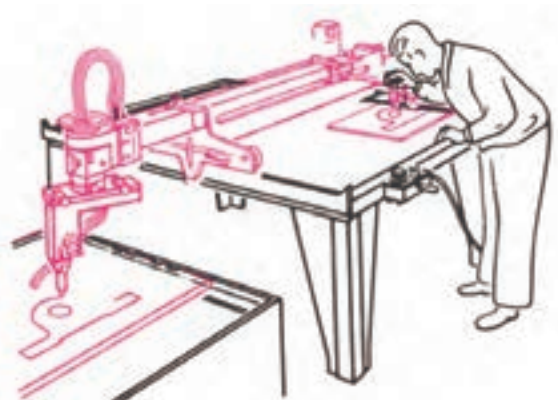
استفاده از چرخ در برش‌های مستقیم

شکل ۵-۵

ماشین‌های برشکاری از یک دستگاه ساده برشکاری ریلی و دستگاه میز برشکاری با امکان برشکاری از روی نقشه (شکل ۵-۶) و چندین برش یکسان با هم طراحی و ساخته می‌شوند و صنعتگران از آن استفاده می‌کنند. (شکل ۵-۷)



شکل ۵-۷ برشکاری اتومات

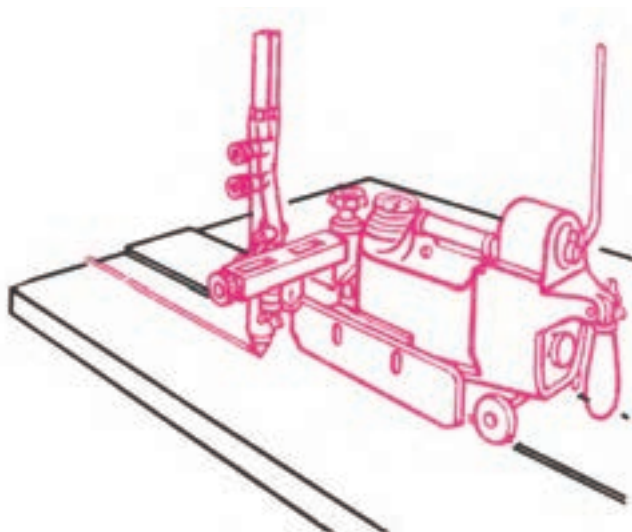


شکل ۵-۶ برشکاری از روی شابلون

### ۱-۱-۵ دستگاه کوچک برشکاری ریلی

دستگاه ریلی برشکاری می‌تواند روی یک ریل مستقیم با سرعت قابل تنظیم حرکت کند و فاصله نوک مشعل تا کار قابل تنظیم است همچنین می‌توان زاویه مشعل به کار را تنظیم نمود تا پخ‌سازی کند و برشکاری با خط مستقیم و با لبه پخ‌دار و بدون پخ قابل اجرا

است. همچنین دارای یک محور شعاعی است که می‌تواند حول آن محور با شعاع قابل تنظیم خطوط دایره با شعاع‌های متفاوت را برشکاری کند. (شکل‌های ۵-۸ و ۵-۹)



شکل ۵-۹ ماشین‌های ساده برقی برشکاری ریلی



شکل ۵-۸

## ۲-۱-۵ میز برشکاری

مانند دریل اونیورسال یک مجموعه متحرک که در جهت و طول و عرض قابل جا به جایی به صورت دستی و اتومات طراحی شده و قابلیت نصب مشعل برشکاری با سوخت گازی یا برشکاری پلاسما یا هردو وجود دارد (در دو قسمت جداگانه).

این سیستم اتومات توسط یک شعاع نوری و وسائل نرم‌افزاری می‌تواند دور یک نقشه را به طور اتومات با سرعت مناسب طی کند و مشعل برش یا مشعل پلاسما را برای بریدن همان شکل با مقیاس بزرگ‌تر، حرکت دهد.

امکان دیگر میز برشکاری در این است که همزمان چند مشعل برش می‌توانند با هم عملیات برشکاری را انجام دهند و در یک زمان چند قطعه با هم برشکاری شود. (شکل ۵-۱۰)



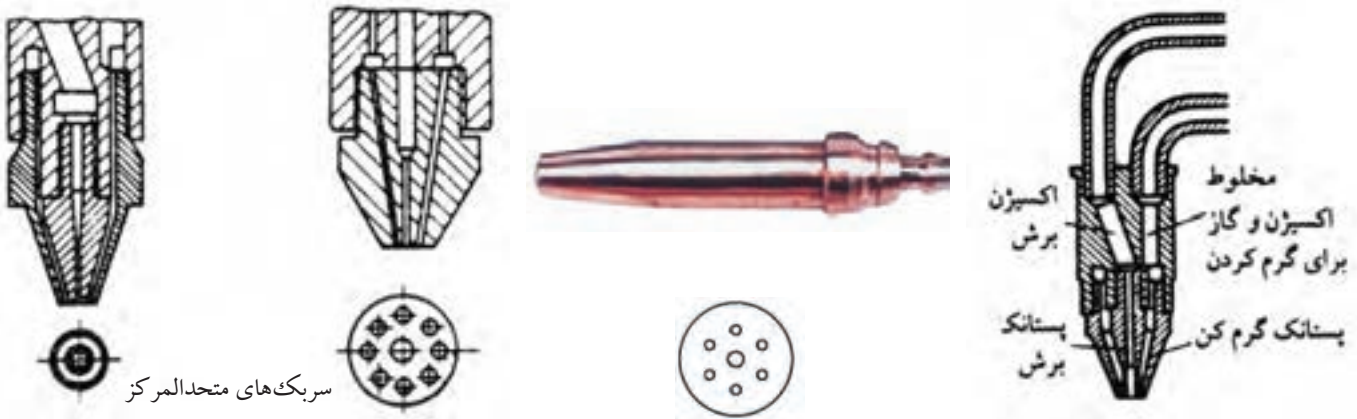
شکل ۵-۱۰ برشکاری هم‌زمان چند خط برش با دستگاه اتومات



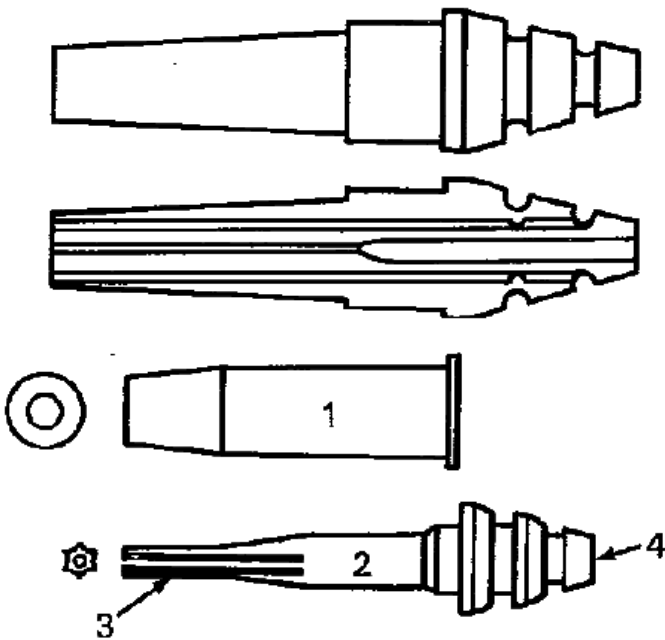
### ۳-۱-۵ سر مشعل‌های برشکاری

در سطح قاعده سر مشعل‌های برشکاری چندین سوراخ محیطی برای ایجاد شعله پیش گرم کننده و یک سوراخ بزرگ‌تر در وسط برای عبور گاز اکسیژن اضافی با فشار بالا تعبیه شده است.

گروهی از سر مشعل‌ها دارای ۴ یا ۶ یا ۸ سوراخ محیطی هستند که مخلوط اکسیژن و گاز سوختنی از آن‌ها خارج شده و می‌سوزد و به طور عمود به مشعل بسته می‌شود و نوک آن‌ها صاف یا مایل است. (شکل ۱۱-۵)



شکل ۱۱-۵ سر مشعل‌های مختلف برشکاری



شکل ۱۲-۵ فشنگی و سر مشعل برشکاری

گروه دیگر دارای یک فشنگی هستند که مخروطی شکل بوده و روی سطح جانبی مخروط شیارهایی وجود دارد که مخلوط گاز سوختنی و اکسیژن از آن عبور کند و در وسط این مخروط سوراخ اکسیژن برشکاری است این فشنگ مخروطی شکل درون فضایی مخروطی جای می‌گیرد و شیارهای سطح جانبی فشنگی در تماس با سوراخ داخلی مخروط راه‌های باریک برای عبور مخلوط گازها ایجاد می‌شود. برای برشکاری قطعات با ضخامت‌های بیشتر از فشنگی‌های متفاوت استفاده می‌شود که وقتی درون محفظه مخروطی سر مشعل قرار می‌گیرند مسیرهای عبور گاز درشت‌تر به وجود آورند و شعله قوی‌تری تشکیل شود. (شکل ۱۲-۵)

با توجه به ضخامت قطعه مورد برشکاری جداول زیر را ملاحظه کنید.

(جدول‌های ۱-۵ و ۲-۵)

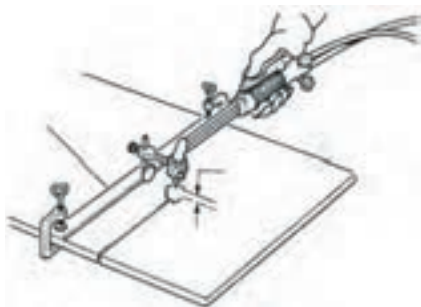
جدول ۱-۵ فشار گازها، فاصله سربک و سرعت پیشروی مشعل در برش با گاز				
۸۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۲۵	۲۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۳	ضخامت قطعه کار بر حسب میلی‌متر
۶/۵ تا ۵	۵ تا ۳/۵	۳/۵ تا ۲	۲ تا ۱/۵	فشار گاز اکسیژن بر حسب بار
۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۲	فشار گاز استیلن بر حسب بار
۵	۴	۳	۲	فاصله سربک تا سطح کار بر حسب میلی‌متر
۲۱۰ تا ۱۷۰	۲۶۰ تا ۲۱۰	۴۲۰ تا ۲۶۰	۵۸۰ تا ۴۲۰	سرعت برش بر حسب میلی‌متر در هر دقیقه

جدول ۲-۵ برشکاری فولاد کم‌کربن به روش دستی با شعله اکسیژن - استیلن						
ضخامت ورق میلی‌متر	قطر مجرای پستانک برش میلی‌متر	سرعت برش متر در ساعت	مصرف اکسیژن		مصرف استیلن	
			لیتر در ساعت	لیتر در متر	لیتر در ساعت	لیتر در متر
-	۰/۹۵-۱	۳۰-۴۵	۱۲۶۰-۱۵۴۰	۳۵-۴۲	۱۹۶-۲۵۲	۶-۷
۶	۰/۹۵-۱/۵	۲۴-۳۹	۱۴۰۰-۲۶۰۴	۵۹-۶۷	۲۵۲-۳۰۸	۸-۱۱
۹	۰/۹۵-۱/۵	۲۲/۵-۳۶	۱۶۸۰-۳۲۲۰	۷۵-۹۰	۲۸۰-۳۳۶	۱۰-۱۲
۱۲/۵	۱/۲-۱/۵	۱۸-۳۳	۱۸۴۸-۳۵۰۰	۱۰۳-۱۰۶	۲۸۰-۳۶۴	۱۲-۱۶
۱۹	۱/۲-۱/۵	۱۸-۳۰	۳۲۷۶-۴۰۰۴	۱۳۳-۱۸۲	۳۳۶-۴۲۰	۱۴-۱۹
۲۵	۱/۲-۱/۵	۱۳/۵-۲۷	۳۶۴۰-۴۴۸۰	۱۶۶-۲۶۹	۳۶۴-۲۵۶	۱۷-۲۷
۳۷/۵	۱/۵-۲	۹-۲۱	۴۰۰۴-۴۹۸۴	۱۸۳-۲۹۶	۴۲۰-۵۰۴	۲۰-۳۱
۵۰	۱/۷-۲	۹-۱۹/۵	۵۱۸۰-۶۴۶۸	۳۳۱-۵۷۳	۴۴۸-۵۶۰	۲۹-۵۰
۷۵	۱/۷-۲	۶-۱۵	۶۷۲۰-۸۱۲۰	۵۴۰-۱۱۱۶	۵۳۲-۶۴۴	۴۳-۸۹
۱۰۰	۲-۲/۲	۶-۱۲	۸۲۰۴-۱۰۸۶۴	۹۰۲-۱۳۶۲	۵۸۸-۷۲۸	۶۱-۹۸
۱۲۵	۲-۲/۲	۵/۲۵-۹/۶	۹۷۱۶-۱۲۲۳۶	۱۲۷۱-۱۸۴۵	۶۷۲-۸۱۲	۸۵-۱۲۸
۱۵۰	۲/۴-۲/۵	۴/۵-۸/۱	۱۱۲۰۰-۱۵۸۷۶	۱۹۵۳-۲۴۸۳	۷۵۶-۹۹۶	۱۱۱-۱۶۸
۲۰۰	۲/۵	۳/۹-۶/۳	۱۴۱۴۰-۱۷۲۲۰	۲۷۲۵-۲۶۱۳	۸۸۲-۱۰۷۸	۱۷۱-۲۲۵
۲۵۰	۲/۵	۲/۸۵-۴/۸	۱۷۰۸۰-۲۱۰۰۰	۴۳۶۲-۵۹۷۱	۱۰۳۳-۱۲۶۳	۲۳۹-۳۵۸
۳۰۰	۳	۲/۱-۳/۹	۲۰۱۶۰-۲۴۶۴۰	۶۲۹۶-۹۵۷۹	۱۱۸۴-۱۴۴۸	۳۷۱-۵۶۳

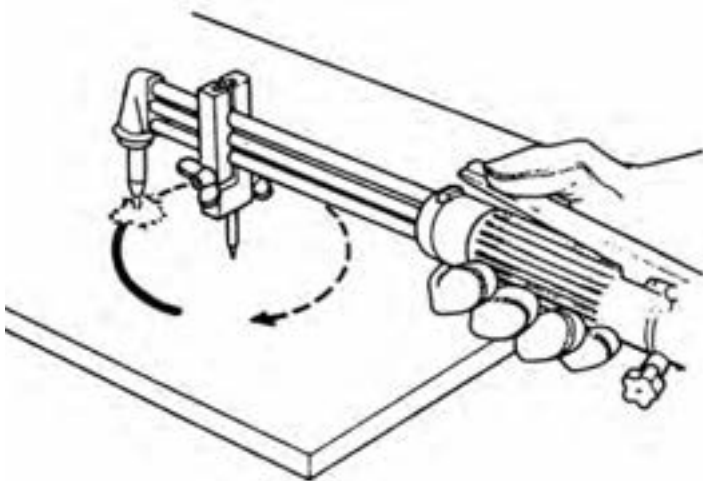
## ● وسائل کمکی برای برشکاری با دست

از آهن نبشی می‌توان به عنوان هادی یا گونبای برش مستقیم و یا پخ‌بری با زاویه  $45^\circ$  استفاده کرد. (شکل ۱۳-۵)

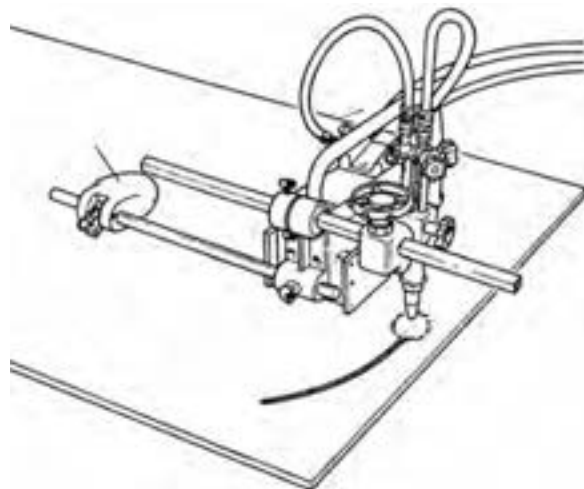
همراه مشعل‌های دستی برشکاری وسیله‌ای که دارای دو چرخ فلزی است وجود دارد که می‌توان به مشعل بست تا فاصله مشعل و کار در طول مسیر برش ثابت بماند. با استفاده از پرگار همراه مشعل می‌توان دواير مختلف را با دست برشکاری نمود. (شکل‌های ۱۴-۵ و ۱۴-۱)



شکل ۱۳-۵



شکل ۱۴-۱-۵ گرد بری بادست



شکل ۱۴-۵ گرد بری با ماشین برقی ساده

## ۳-۱-۵ قابلیت برشکاری با شعله

با توجه به اساس برشکاری شعله‌ای می‌توان گفت این روش برای بریدن فولادهای کم کربن و میان کربن و کم آلیاژ مناسب بوده و فلزاتی که نقطه ذوب اکسید آن‌ها بالاتر از نقطه ذوب فلز باشد یا در آلیاژ عناصری مانند کربن و کروم به مقدار زیاد باشند باعث جذب اکسیژن شده و مانع اکسید شدن و سوختن فلز اصلی می‌شوند لذا با این روش برشکاری نمی‌شوند.

فولادهای پر کربن، فولاد آلیاژی، چدن‌ها، به دلیل کربن بالا و آلومینیوم و کروم و آلیاژهای آن‌ها به دلیل بالا بودن درجه ذوب اکسیدهای آن‌ها با این روش برشکاری نمی‌شوند در مورد فولادها و چدن‌های فوق روش‌های کمکی وجود دارد مانند قرار دادن یک ورق فولاد کم کربن روی قطعه مورد برشکاری و یا رساندن میله آهنی یا پودر آهن، یا فلاکس مخصوص به محل برشکاری است تا با سوختن آن‌ها گرمای زیادی تولید شده و یا اکسیدها را در خود حل کند.

پودر آهن ضمن سوختن و ایجاد گرما، باعث رقیق شدن سرباره اکسیدی فلزات نظیر کروم هم می‌شود، فلاکس‌ها هم با اکسیدها ترکیب شده و باعث ذوب شدن آن‌ها می‌شود.

## ۲-۵ برشکاری با قوس پلاسما

برای بریدن فلزات غیر آهنی و فولادهای پر آلیاژ (زنگ‌نزن) با سرعت بالا از گرمای پلاسما استفاده می‌شود.

پلاسما حالت چهارم ماده است یعنی (جامد - مایع - گاز - پلاسما) وقتی گازها گرم شوند و بین دو قطب جریان الکتریسیته با ولتاژ بالا قرار گیرند یونیزه می‌شوند (یعنی تعدادی از الکترون‌ها از اتم گاز جدا شده) و گاز مجموعه‌ای از الکترون‌ها و ذرات مثبت یون خواهد بود که از لحاظ الکتریکی خنثی است.

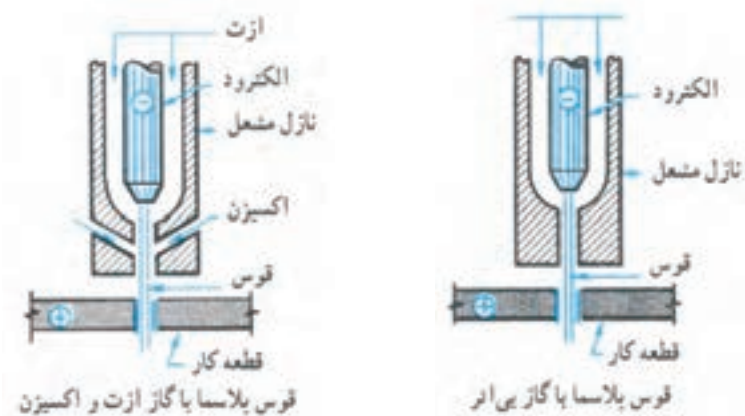
برای یونیزه شدن گازها انرژی گرمایی و انرژی الکتریکی مصرف شود و گاز یونیزه ضمن دارا بودن انرژی گرمایی با افزایش حجم هم روبرو خواهد بود.

حال چنانچه این عمل در یک نازل مطابق شکل (۱۵-۵) متمرکز شود گازهای یونیزه با حرارت و سرعت بالا به هر فلزی برخورد کند آنرا ذوب کرده و با سرعت مذاب را دور می‌سازد و برشکاری انجام می‌شود. امروزه برشکاری پلاسما به فلزات محدود نمی‌شود و امکان بریدن سرامیک و... نیز فراهم است.

در عمل گازها بین الکتروود تنگستن و جداره نازل که دارای اختلاف پتانسیل بالاتر از ۱۰۰ ولت هستند عبور کرده و یونیزه می‌شوند. (شکل ۱۶-۵)



شکل ۱۵-۵ برشکاری پلاسما



شکل ۱۶-۵

برای برشکاری آلومینیوم و فولاد زنگ نزن از مخلوط گاز آرگن و هیدروژن یا ازت و هیدروژن و برای فولادهای کربنی از گاز اکسید کننده مثل مخلوط ازت و اکسیژن (هوا) استفاده می شود. دستگاه های برشکاری در صنعت مورد استفاده است به نام Air Cut که در آن هوا با فشار ۴bar در حدود  $\frac{۴kg}{cm^2}$  وارد و پس از عبور از نازل پلاسما شده و فولاد را به راحتی برشکاری می کند چون در هوا اکسیژن وجود دارد اکسیژن یونیزه شده فولاد را می سوزاند و گرما را نیز افزایش می دهد. فولادهای پر آلیاژ هم با این روش بریده می شوند ولی برشکاری دقیق تر آنها با گاز آرگن و درصد کمی هیدروژن عملی می شود. در جدول (۳-۵) پارامترهای مناسب برای برشکاری فلزات آمده است.

جدول ۳-۵

جریان گاز		قدرت	قطر	سرعت	ضخامت	نوع فلز
لیتر در ساعت		KW		in/min	in	
39	N2	45	$\frac{1}{8}$	25	$\frac{1}{2}$	فولاد زنگ نزن
39	N2	60	$\frac{1}{8}$	7	$\frac{1}{2}$	
31H2	39N2	85	$\frac{5}{32}$	25	$1\frac{1}{2}$	
4.5H2	52.5N2	150	$\frac{1}{4}$	18	$2\frac{1}{2}$	
4.5H2	52.5N2	160	$\frac{1}{2}$	8	4	
30	*	50	$\frac{1}{8}$	25	$\frac{1}{2}$	آلومینیوم
30	*	75	$\frac{3}{32}$	30	$1\frac{1}{2}$	
45	*	80	$\frac{5}{32}$	20	$2\frac{1}{2}$	
60	*	90	$\frac{3}{16}$	12	4	
75	*	55	$\frac{1}{8}$	200	$\frac{1}{4}$	فولاد کربنی
90	*	70	$\frac{5}{32}$	50	1	
105	*	100	$\frac{3}{16}$	25	2	

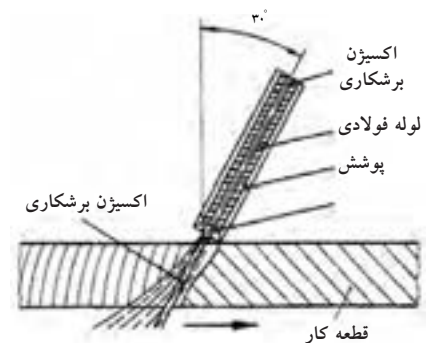
### ۳-۵ برشکاری با قوس الکتریک

از گرمای قوس برای بریدن فلزات استفاده می‌شود. الکترودهای روپوش‌دار مخصوص برشکاری که موقع سوختن روپوش حجم زیادی گاز تولید کرده و پلاسما جت درست می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش دیگر استفاده از الکترودهای توخالی است که از سوراخ وسط الکتروود گاز اکسیژن دمیده می‌شود یعنی قوس گرما و ذوب را به وجود آورده و اکسیژن باعث سوختن و اکسید کردن شده و برشکاری انجام می‌شود که به آن برشکاری قوسی اکسیژن گویند. (شکل ۱۷-۵)



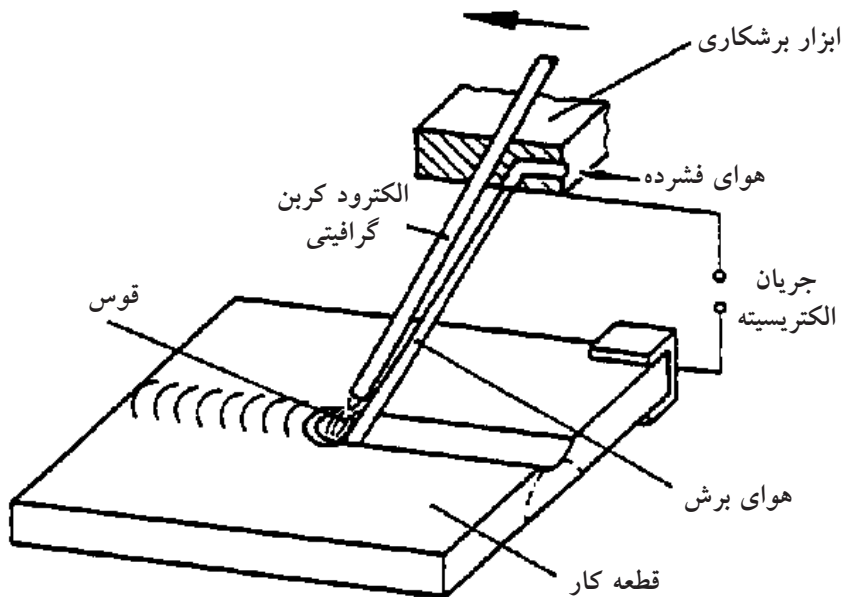
چگونگی برش قوسی با اکسیژن



شکل ۱۷-۵ برشکاری با الکتروود توخالی

### ۴-۵ گوجینگ (Gouging) برشکاری با قوس و هوای فشرده

روش دیگر، استفاده از الکتروود ذغالی است در این عملیات الکتروود گرافیتی با روپوش نازکی از فلز مس قوس الکتریکی ایجاد می‌کند و گرما و ذوب به وجود می‌آورد و از کنار انبر، جت هوا به محل ذوب دمیده می‌شود و برشکاری یا برداشت انجام می‌شود به این روش گوجینگ گویند. و برای برداشتن جوش عیب‌دار و شیارزنی پشت کار هم مورد استفاده قرار می‌گیرد شیار حاصل بسیار صاف بوده و هیچ گونه گوشه‌ی تیز که باعث تمرکز تنش شود ایجاد نمی‌کند. (شکل ۱۸-۵)



شکل ۱۸-۵ برشکاری با الکتروود ذغالی و هوای فشرده

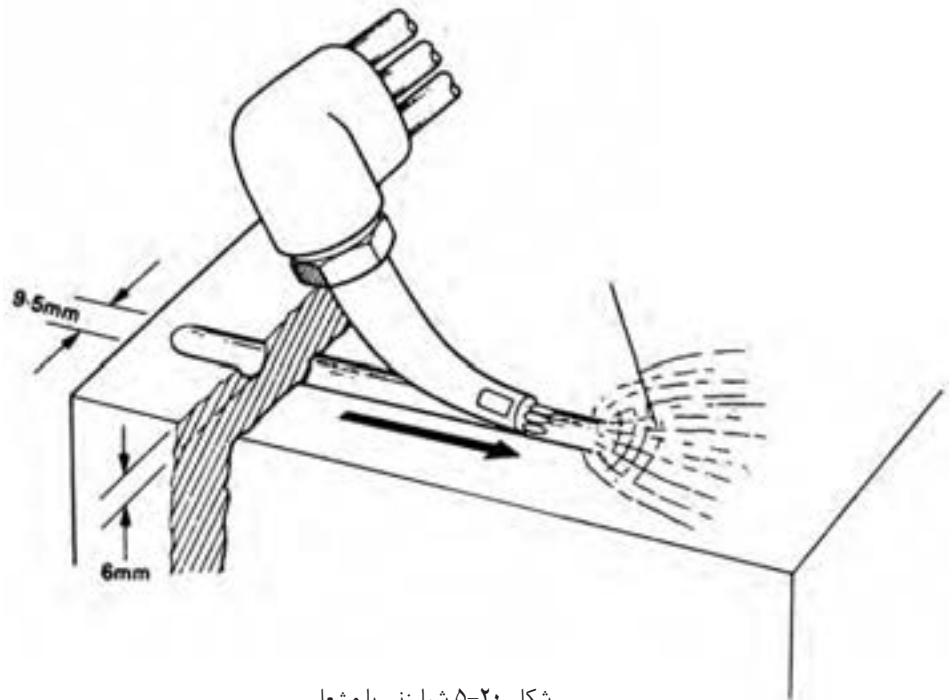


## ۱-۴-۵ شیارزنی و ایجاد پخ پشت درز جوشکاری شده

در دستورالعمل‌های جوشکاری<sup>۱</sup> (WPS) عملیات پشت‌برداری و شیارزنی با شعله هم‌اجازه داده می‌شود روش کار به این صورت است که بعد از اجرای پاس ریشه و پاس گرم (پاس میانی) توسط مشعل برشکاری از پشت پاس ریشه مقداری از فلز جوش و لبه‌های پشت کار را برداشته و یک پاس جوشکاری در شیار حاصل اجرا می‌شود که به آن (Back Weld) گویند. مطابق شکل (۱۹-۵) ایجاد شیار با مشعل برشکاری انجام می‌شود. برای ایجاد شیار و پشت‌برداری از ریشه جوش از روش گوجینگ یا براده‌برداری با سنگ و با ماشین هم در مواردی استفاده می‌شود. (شکل ۲۰-۵)



شکل ۱۹-۵ پشت‌برداری اتصال



شکل ۲۰-۵ شیارزنی با مشعل

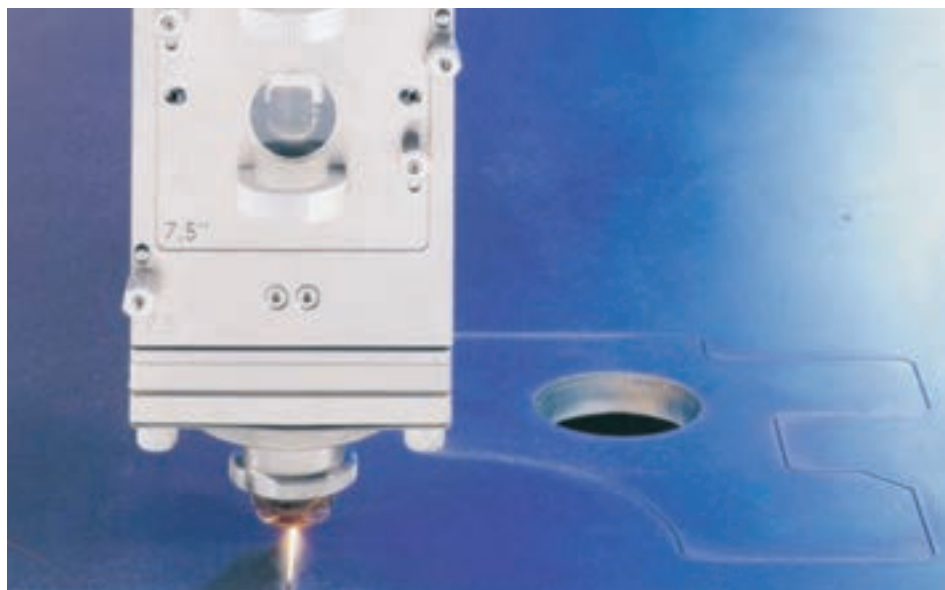
## ۵-۵ برشکاری با لیزر

استفاده از نور تقویت شده (هم فاز که دارای یک طول موج است) برای برشکاری در صنایع مختلف به کار می‌رود و روز به روز بیشتر در خدمت خواهد بود. استفاده از انرژی لیزری در جوشکاری به دلیل تمرکز حرارت در یک سطح بسیار کوچک کاربرد وسیعی در صنایع الکترونیک دارد.

۱- در اجرای عملیات جوشکاری بر اساس استاندارد برای هر اتصال یک دستورالعمل تهیه می‌شود که تمام مراحل کار و پارامترهای جوشکاری از پیش تعیین شده که جوشکار، ناظر و بازرس جوش ملزم به اجرای آن هستند.

برشکاری فلزات با این روش بر مبنای ایجاد سوراخ برای نفوذ در ضخامت قطعه استوار است و فلز مذاب هم به کمک یک جت گاز از سوراخ بیرون رانده می‌شود. این جت می‌تواند گاز خنثی، ازت و یا برای فولادها اکسیژن باشد برشکاری لیزری به فلزات محدود نمی‌شود.

چوب، پارچه، مقوای نازک، سرامیک، پلاستیک بدون نیاز به جت گاز بریده می‌شود ولی برشکاری فلزاتی که دارای ضخامت زیاد هستند دارای کیفیت مطلوب نمی‌باشد. (شکل ۲۱-۵)



شکل ۲۱-۵ برشکاری با لیزر

### ● مزایای برشکاری با لیزر

- عرض شیار باریک است
- سرعت برشکاری زیاد است
- کیفیت سطوح و لبه‌ها مطلوب است
- منطقه حرارت دیده کوچک و پیچیدگی کم است

## سوالات پایانی فصل پنجم



۱- برای تبدیل یک واحد جوشکاری با شعله گاز به واحد برشکاری باید:

الف) یکی از گازها را عوض کرد

ب) مشعل را تعویض نمود

ج) هر دو گاز باید عوض شود

د) مشعل و گازها باید تغییر کنند

۲- از کدام گزینه گرمای لازم برای برشکاری تأمین می‌شود؟

الف) سوختن گاز استیلن

ب) سوختن گاز اکسیژن

ج) سوختن فولاد

د) گزینه الف و ج با هم

۳- کدام پارامترها هنگام برشکاری باید ثابت باشد؟

الف) فاصله سر مشعل تا کار

ب) سرعت پیشروی

ج) زاویه سر مشعل به کار

د) گزینه الف و ب و ج

۴- برش همزمان چند قطعه با هم از روی نقشه چه موقع عملی است؟

الف) چند نفر برشکار از روی نقشه رسم شده روی کار برشکاری کنند

ب) برشکاری ریلی با بستن چند مشعل روی آن

ج) استفاده از وسیله چرخ‌دار همراه با مشعل برشکاری

د) استفاده از میز برشکاری با سیستم شعاع نوری

۵- چرا چدن‌ها را نمی‌توان با مشعل برشکاری اکسی استیلن برید؟

الف) وجود گرافیت آزاد و کربن زیاد در چدن

ب) بالا بودن درجه ذوب چدن

ج) ناصاف بودن سطح چدن

د) رقیق نشدن مذاب چدن

۶- با مشعل برشکاری (OAC) کدام گزینه راحت بریده می شود؟

الف) آلومینیوم چون زود ذوب است.

ب) فولاد زنگ‌نزن چون گرما را پخش نمی کند.

ج) فولاد معمولی چون می سوزد و گرما هم تولید می کند.

د) فولاد پر کربن چون کربن‌ها سوخته و گرما تولید می کند.

۷- پلاسما یعنی چه؟

الف) گازهای اتمی

ب) گاز مولکولی

ج) گاز یونیزه

د) مخلوط گازها

۸- جریان برق از کدام گاز عبور می کند؟

الف) گاز اتمی

ب) گاز مولکولی

ج) گاز پلاسما

د) گزینه الف و ج

۹- گوجینگ در کدام گزینه بیان شده است؟

الف) ایجاد قوس با الکتروود فلزی و هدایت گاز اکسیژن از سوراخ وسط الکتروود به

قوس

ب) برقراری قوس با الکتروود روپوش دار که گاز زیادی تولید می کند

ج) تشکیل قوس با الکتروود ذغالی و دمیدن هوای فشرده به فلز حوضچه مذاب

د) برشکاری با استفاده از پلاسما هوا

۱۰- با کدام روش می توان پارچه و مقوا و سرامیک را برید؟

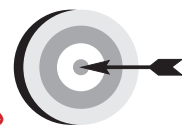
الف) قوس الکتریک و الکتروود روپوش دار

ب) الکتروود مجوف (توخالی)

ج) برشکاری با اُکسی استیلن

د) برشکاری لیزر

## فصل ششم



### هدف‌های رفتاری

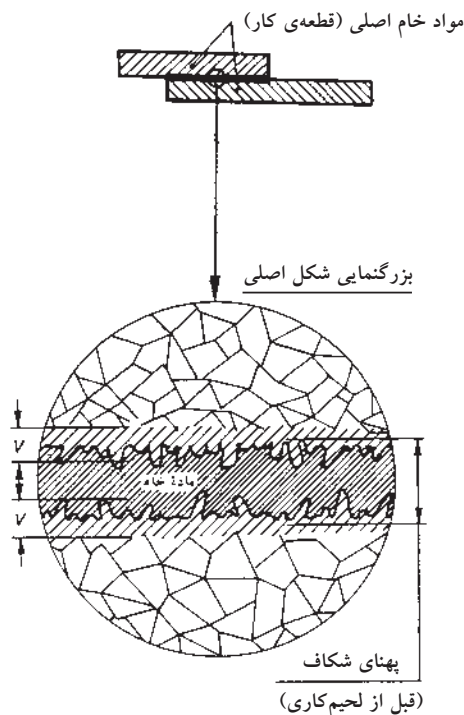
پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. لحیم کاری را معرفی کنید.
۲. روانسازها و انواع آن را معرفی کند.
۳. لحیم سخت و تفاوت آن با لحیم نرم را بیان کند.
۴. نقش روانسازها در لحیم کاری را توضیح دهد.
۵. ماده اصلی روانسازهای لحیم سخت را معرفی کند.
۶. جنس ماده لحیم سخت و نام آن‌ها را بیان کند.

## ۶- لحیم کاری نرم و سخت

یکی از روش‌های قدیمی اتصال فلزات است که امروزه نیز کاربرد فراوانی دارد و در صنایع الکترونیک، الکترونیک و صنایع فلزی سبک و... و اتصال لوله‌های غیر آهنی و اتصال فلزات غیر هم‌جنس که درجه ذوب پایین‌تری دارند و با روش‌های جوشکاری ذوبی امکان جوشکاری راحت آن‌ها وجود ندارد به کار می‌رود.

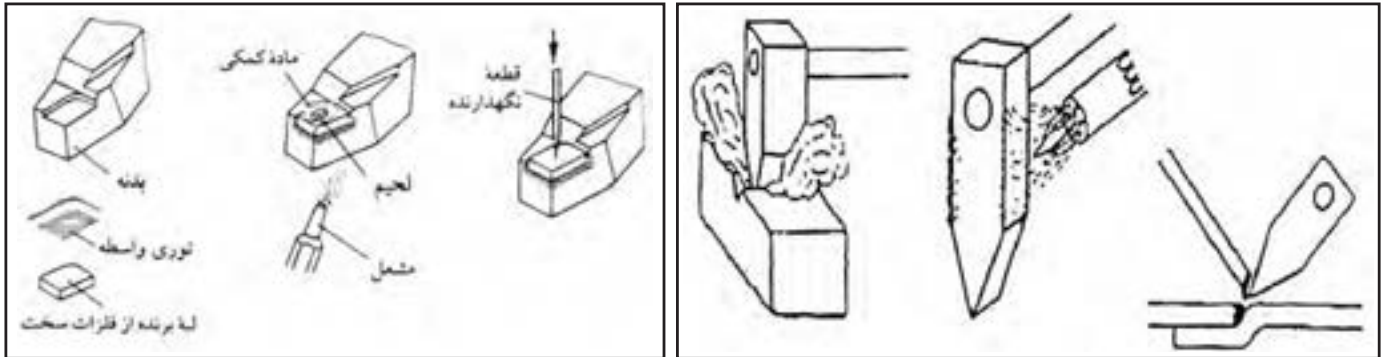
هم‌چنین در مواردی که درجه حرارت بالای جوشکاری در کار و اطراف آن مشکل‌ساز باشد از این روش اتصال استفاده می‌شود. لحیم کاری روش اتصال فلزات است که نیاز به ذوب کردن فلز پایه نمی‌باشد و فقط ماده‌ی لحیم ذوب می‌شود. و با استفاده از خاصیت موئینگی در فصل مشترک اتصال جاری می‌شود.





## ● تعریف لحیم کاری

یکی از روش های اتصال فلزات است که با جاری کردن یک ماده ی فلزی زود ذوب در درز قطعات به منظور حذف فاصله و ایجاد چسبندگی سطحی بین قطعات عملی می شود. لحیم کاری به دو نوع لحیم کاری نرم و لحیم کاری سخت تقسیم می شود. (شکل های ۶-۲ و ۶-۱-۱)



شکل ۶-۲-۱ لحیم کاری سخت

شکل ۶-۲ لحیم کاری نرم

### ۶-۱-۱ لحیم کاری نرم

در لحیم کاری نرم حرارت لازم برای ذوب ماده پرکننده (لحیم) کمتر از  $450^{\circ}\text{C}$  می باشد و هیچکدام از دو فلز متصل شونده ذوب نمی شوند و فقط ماده ی لحیم ذوب شده و در درجه حرارت بالاتر از ذوب در درز دو قطعه جاری و سپس منجمد می شود. باید توجه داشت که اتصالات لحیم نرم شده استحکام کمتری از اتصالات لحیم سخت و اتصالات جوشی دارند.

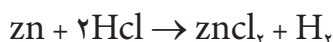
### ۱-۱-۱ اصول لحیم کاری

عمل اتصال در لحیم کاری توسط نفوذ سطحی لحیم مذاب بین کریستال های دو قطعه صورت می گیرد. تمیز کاری و آماده نمودن سطوح برای لحیم کاری ها حائز اهمیت فراوانی است برای تمیز کردن سطوح تنها نمی توان از مایعات پاک کننده کمک گرفت بلکه باید سطوح تماس را از اکسید و زنگ و آلودگی های روغنی و گریس و جرم و کثافات توسط سوهان، شابر و برس سیمی و... پاک کرد (چون این لایه های ایجاد شده روی سطوح مانع اتصال خواهند بود) در عمل از موادی به صورت مایع یا خمیری به عنوان روان ساز هم استفاده می شود.

## ● روان سازهای لحیم نرم Soldering Fluxes

برای برطرف کردن چربی و کثافات و حذف اکسیدهای جزئی از روان ساز استفاده می شود تا از طریق شیمیایی درز را پاک کرده و از اکسید شدن در زمان لحیم کاری محافظت نموده و باعث تخلیه هوای بین دو قطعه می شود.

روان سازها در دو دسته قرار دارند یک دسته به روان ساز فاسد کننده معروف هستند مثل کلرید روی  $ZnCl_2$  که از حل کردن تکه های کوچک فلز روی در اسید کلریدریک تهیه می شود و برای لحیم کاری حلی، ورق گالوانیزه، مس، برنج و... استفاده می شود. (شکل ۳-۶)



دسته دوم روان ساز غیر فاسد کننده که به شکل خمیر یا پودر یا مایع در دسترس است و برای ورق های مسی، برنج، ورق حلی و همچنین برای پاک کردن هویه از اکسیدها هم استفاده می شود. (شکل ۴-۶)



شکل ۳-۶



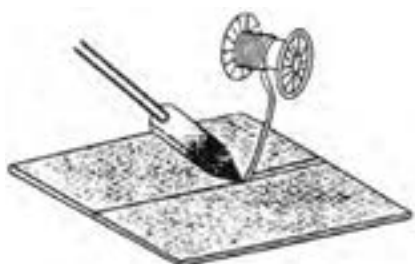
شکل ۴-۶

### ۲-۱-۶ مادهی لحیم کاری نرم

فلز پر کننده درز آلیاژی از قلع و سرب با نسبت های متفاوت که در جدول (۱-۶) آمده است.

جدول ۱-۶ جدول ترکیب سرب و قلع طبق (دین ۱۷،۷)

نام	علامت اختصاری	درصد ترکیبات شیمیایی (درصد)					حداقل درجه حرارت کار $C^{\circ}$	وزن مخصوص $Kg/dm^3$	موارد استفاده
		Sn قلع	Sb آنتیموان	Fe حداکثر آهن	Cu + As + Ni مس + آرسنیک و نیکل	Pb سرب			
لحیم ۹۸/۵	۹۸/۵ L.Pb	-	-	-	-	۹۸/۵	۱۱/۲	لحیم کاری برای کارهای تحت فشار کم	
لحیم قلع ۸	L.Sn ۸	۸	۰/۵	-	-	بقیه	۱۰/۸	لحیم کاری برای کارهای تحت فشار کم	
لحیم قلع ۲۵	L.Sn ۲۵	۲۵	۱/۷	۰/۰۵	۰/۱۰	بقیه	۹/۸	فقط با مشعل لحیم کاری	
لحیم قلع ۳۰	L.Sn ۳۰	۳۰	۲/-	۰/۰۶	۰/۱۲	بقیه	۹/۶	برای بتونه در صافکاری اطاق های اتوبوس و غیره	
لحیم قلع ۳۳	L.Sn ۳۳	۳۳	۲/۲۰	۰/۰۷	۰/۱۴	بقیه	۹/۵	برای درزهای آب بندی	
لحیم قلع ۳۵	L.Sn ۳۵	۳۵	۲/۳۰	۰/۰۷	۰/۱۵	بقیه	۹/۵	برای درزهای ضربه خور	
لحیم قلع ۴۰	L.Sn ۴۰	۴۰	۲/۷۰	۰/۰۸	۰/۱۶	بقیه	۹/۳	برای کارهای ظریف	
لحیم قلع ۵۰	L.Sn ۵۰	۵۰	۳/۳۰	۰/۰۹	۰/۱۸	بقیه	۸/۸	برای کارهای ظریف	
لحیم قلع ۶۰	L.Sn ۶۰	۶۰	۳/۲۰	۰/۰۱۰	۰/۲۰	بقیه	۸/۵	برای قلع اندود کردن سیم های برق	
لحیم قلع ۹۰	L.Sn ۹۰	۹۰	۱/۳	۰/۰۱۰	۰/۲۰	بقیه	۷/۵	برای ظرف و وسائل منزل	

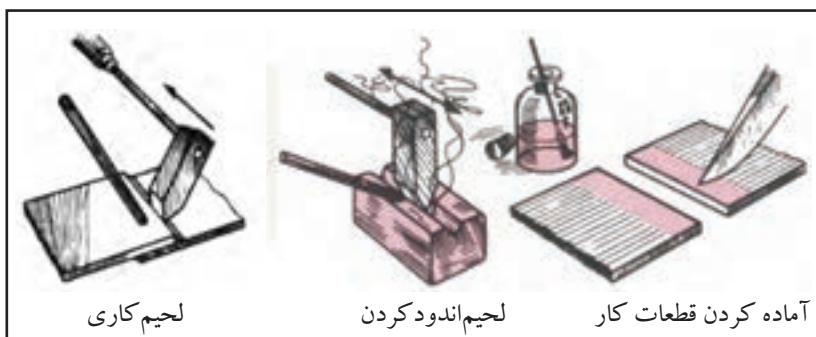


شکل ۵-۶

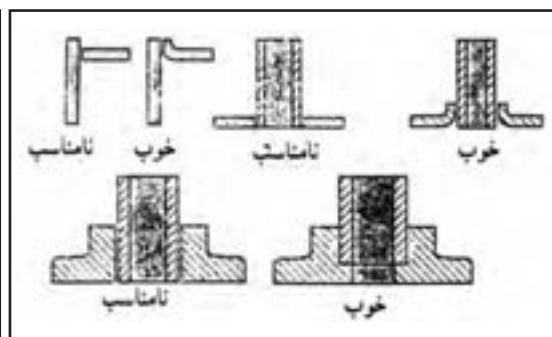
در بازار به صورت میله لحیم و یا کلاف کوچک به فروش می‌رسد و بعضی از انواع آن‌ها به صورت توام با روان‌ساز به فروش می‌رسد که ماده روان‌ساز در مغز سیم به صورت خمیر یا روغن مشاهده می‌شود. (شکل ۵-۶)

### ۳-۱-۶ عملیات قبل از لحیم کاری

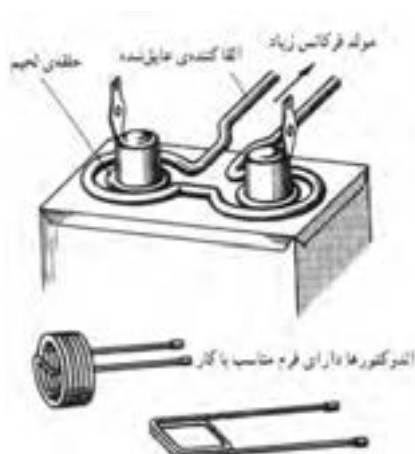
- تمیز کاری درز اتصال
- جفت بودن لبه‌ها (شکل ۶-۶)
- استفاده از روان‌ساز مناسب
- گرم کردن هویه و آغشته کردن آن با لحیم (شکل ۶-۱-۶)
- به کار بردن ماده لحیم مناسب



شکل ۱-۶-۶



شکل ۶-۶



شکل ۷-۶

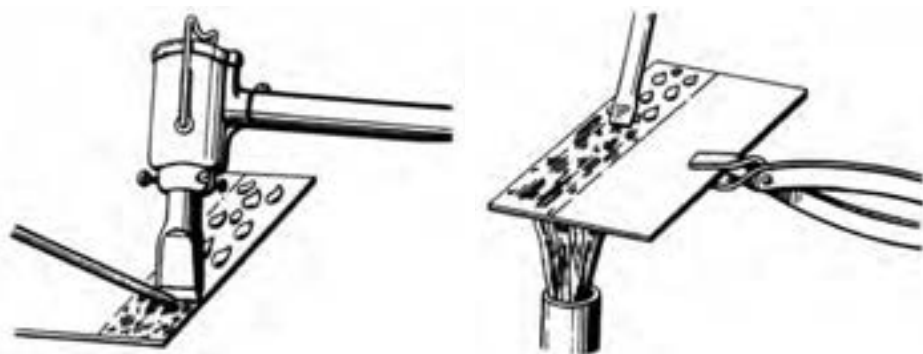
علاوه بر هویه در لحیم کاری نرم از جریان القائی با استفاده از اندکتور که دارای شکل‌های متفاوت است جهت گرم کردن کار و ماده لحیم می‌توان استفاده نمود همان‌طور که در شکل (۶-۷) مشاهده می‌شود ماده لحیم به صورت حلقه دایره‌ای شکل همراه با روان‌ساز در محل لحیم کاری قرار داده می‌شود و جریان القائی موجب گرم شدن لبه‌های قطعه کار و ذوب شدن ماده لحیم کاری می‌شود و ماده لحیم کاری در درز دو قطعه جاری شده و با برداشتن یا قطع برق حلقه القاء کننده از روی کار لحیم سرد می‌شود.

### ۴-۱-۶ درجه حرارت لحیم کاری نرم

معمولاً حدود درجه حرارت لحیم کاری نرم بین  $260^{\circ}\text{C}$ ،  $365^{\circ}\text{C}$  می‌باشد و لحیم کار نباید در موقع لحیم کاری از حرارت بالاتر استفاده کند چون لحیم سوخته و یا ناخالصی‌ها را در خود حل می‌کند.

وقتی یک لحیم نرم حرارت داده شود شروع به ذوب شدن کرده که به نقطه‌ی ذوب لحیم بستگی دارد و در صورت ادامه حرارت دادن مذاب لحیم رقیق شده به حد جاری شدن می‌رسد. حد جاری شدن درجه حرارتی است که لحیم کاری باید در آن محدوده انجام شود. (شکل ۸-۶)

پس از انجام لحیم کاری تا درجه حرارت محیط که لحیم منجمد می‌شود هیچگونه تثنی نباید به آن اعمال شود. درجه حرارت برای روش‌های اتصال حرارتی را مشاهده می‌کنید و لحیم کاران از طریق تجربی به این درجات حرارت آگاهی دارند. لحیم کاران در قلع‌اندود کردن قطعات از دو روش مطابق شکل (۱-۸-۶) استفاده می‌کنند یا کار به وسیله شعله گرم می‌شود و یا به وسیله هویه درجه حرارت قطعه به حد جاری شدن لحیم می‌رسد.



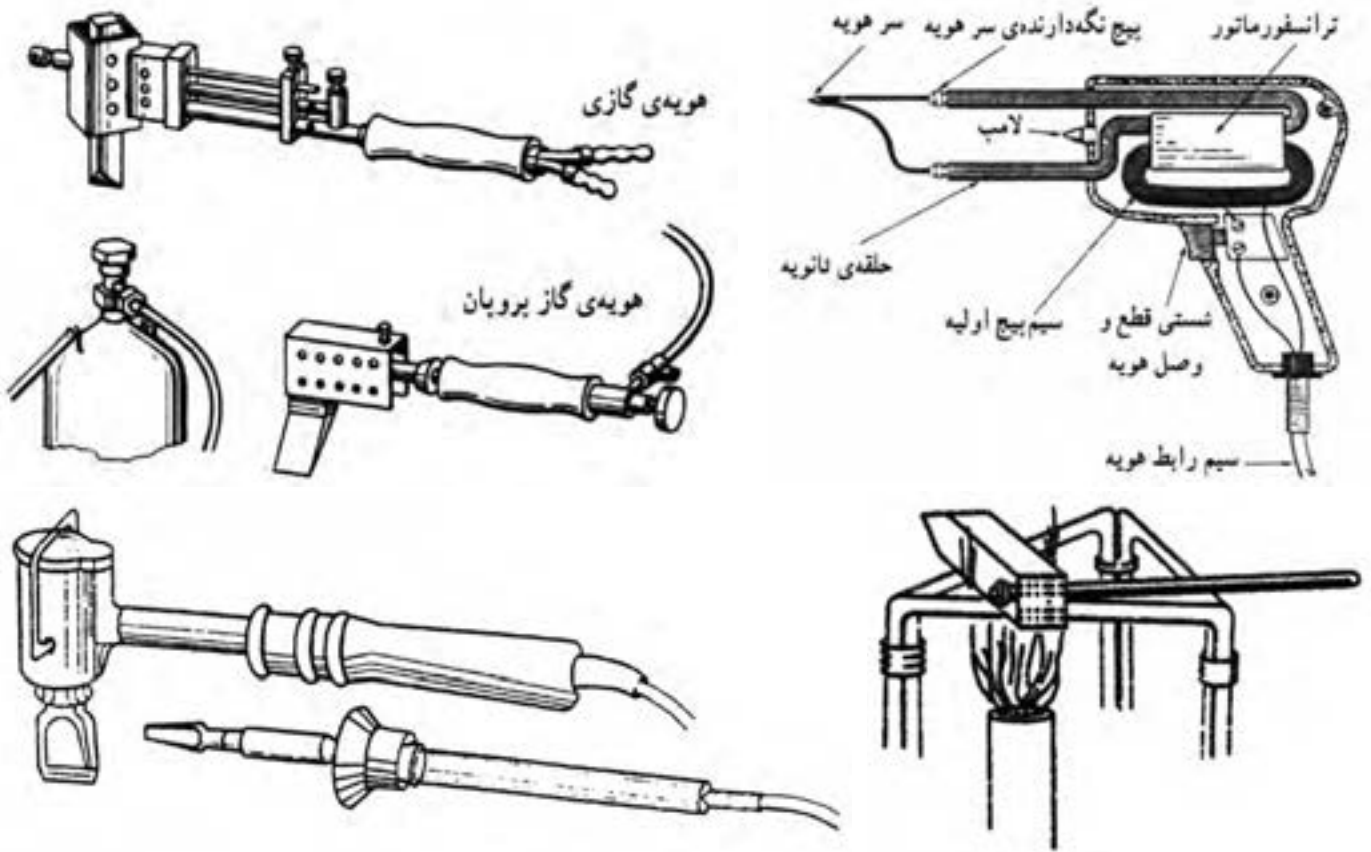
شکل ۱-۸-۶ قلع‌اندود کردن با هویه

### ۵-۱-۶ ابزار لحیم کاری نرم (هویه)

یکی از ابزارهای ضروری برای اجرای لحیم نرم هویه لحیم کاری است که به وسیله‌ی گرمای آن قطعه کار داغ شده و لحیم ذوب شده و در درز جاری می‌شود. هویه‌ها با اندازه‌های مختلف از فلز مس ساخته می‌شوند و نوک هویه با توجه به محل لحیم کاری می‌تواند شکل‌های متفاوت داشته باشد و با شعله یا حرارت مشعل گرم می‌شوند گروهی از هویه‌ها به وسیله‌ی جریان برق گرم می‌شوند که به آن‌ها هویه‌ی برقی می‌گویند که به اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت ساخته شده‌اند. (شکل‌های ۹-۶ و ۱۰-۶)

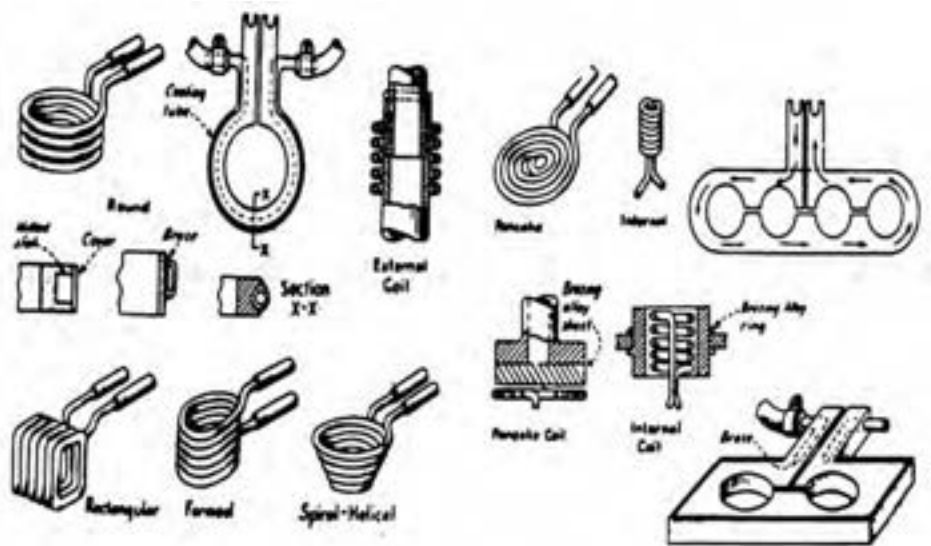


شکل ۹-۶ هویه‌های مختلف لحیم کاری



شکل ۱۰-۶

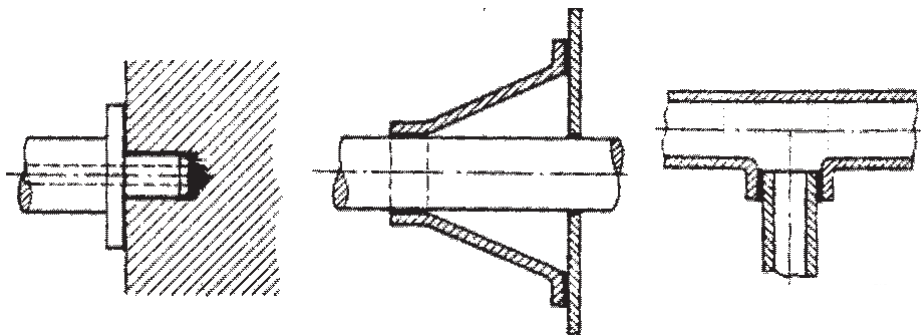
از جریان القایی به شکل حلقه هم برای عملیات لحیم کاری نرم استفاده می شود به شکل (۱۱-۶) توجه کنید.



شکل ۱۱-۶ وسایل گرم کردن و ذوب لحیم با جریان القایی

## ۲-۶ لحیم کاری سخت Brazing

این نوع لحیم کاری با شعله و در کوره یا روش های مقاومتی و القایی و در درجات حرارت بالای  $450^{\circ}\text{C}$  انجام می شود در عملیات لحیم کاری سخت قطعات کار را حرارت می دهند و به کمک فلاکس یا تنه کار اکسید زدایی صورت می گیرد و مذاب ماده ی لحیم سخت که از آلیاژهای متفاوت تهیه شده اند در درز قطعات جریان پیدا کرده و علاوه بر پر کردن فاصله دو قطعه مقداری هم نفوذ اتمی اتفاق افتاده و مذاب لحیم در قطعات کار نفوذ می کنند استحکام این روش اتصال خوب بوده و باروش های جوشکاری های ذوبی تا حدودی برابری می کنند. (شکل ۱۲-۶)



شکل ۱۲-۶ چند نمونه لحیم کاری سخت

### ● تعریف لحیم کاری سخت

یک روش اتصال فلزات است که ماده پرکننده درز در درجه حرارت بالای  $450^{\circ}\text{C}$  ذوب شده و در درز قطعه حرارت دیده جاری می شود و ماده ی لحیم در قطعات نفوذ می کند و پس از انجماد قطعات به هم متصل می شوند.

### ۱-۲-۶ معرفی و نقش روان سازها در لحیم کاری سخت

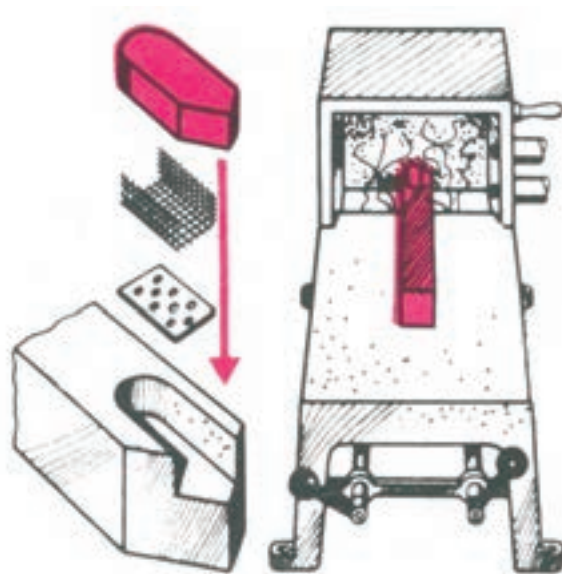
به منظور حفاظت از فلز در مقابل آتمسفر موقع لحیم کاری و همچنین روان شدن مذاب لحیم سخت از ماده ای به نام فلاکس یا تنه کار یا روان ساز استفاده می کنند. در ایران قدیم برای جوش دادن پرّه های کلید در خانه از لحیم سخت کوره ای برنج (آلیاژ مس و روی) و از نرمه های شیشه به عنوان روان ساز و از براده های برنج به عنوان لحیم استفاده می کردند.



امروزه از نمک‌های حاصل از ترکیب هالوژن‌ها F-cl-Br-I با فلزات قلیایی Na - K - NH<sub>۳</sub>g به عنوان روان‌ساز استفاده می‌کنند. (جدول ۲-۶)

جدول ۲-۶ نام و مشخصات فلاکس‌ها در لحیم سخت		
فرمول شیمیایی	نام روان‌ساز	نام
Na <sub>۲</sub> B <sub>۴</sub> O <sub>۷</sub> و ۱۰H <sub>۲</sub> O	براکس	۱
NaCl	کلرید سدیم	۲
KCl	کلرید پتاسیم	۳
K <sub>۲</sub> CO <sub>۳</sub>	کربنات پتاسیم	۴
H <sub>۳</sub> BO <sub>۳</sub>	اسید بوریک	۵
NH <sub>۴</sub> CL	کلرید آمونیم	۶

لحیم کاری سخت با گرمای شعله و کوره و گرمای القائی انجام می‌گیرد. (شکل ۱۳-۶)



شکل ۱۳-۶ لحیم کاری سخت الماسه تراشکاری با استفاده از کوره‌ی الکتریکی ویژه

حفاظت از اکسید شدن فلزات مورد لحیم کاری داغ شده و تمیز کردن سطوح (بعد از عملیات سوهان کاری و سنباده‌زنی و غیره) به عهده فلاکس‌ها است به علاوه مذاب را رقیق می‌کند تا به راحتی در درز جا گرفته و از آسیب رسیدن به محل لحیم کاری از اثرات سوء آتمسفر مصون ماند. (شکل ۱۴-۶)



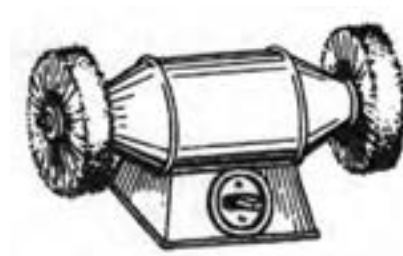
شکل ۱۴-۶ ایجاد گاز در اطراف محل لحیم کاری

## ۲-۲-۶ جنس ماده‌ی لحیم سخت

آلیاژهای مختلف از فلزات (مس، روی، نقره) و گاهی سرب، و سیلیس و کادمیوم به مقدار کمتر به عنوان ماده لحیم سخت به نام لحیم مس، لحیم برنج، لحیم نقره مطابق با استاندارد آمریکایی AWS یا DiN۸۵۱۳ آلمان به بازار عرضه می‌شوند که یک نوع متداول آن که با مشعل اکسی استیلن مورد استفاده قرار می‌گیرد مطابق با استاندارد AWS.Ab-۲۷-۲۸ در جدول (۳-۶) آمده است و در ضمیمه جداول دیگری را مشاهده می‌کنید.

جدول ۳-۶ انواع فرم استاندارد موارد مصرفی بریزینگ طبق استاندارد AWS A5.8

مشخصات ابعادی به میلی‌متر	فرم عرضه در بازار	نوع آلیاژ	ردیف
$\varnothing = 0.8 - 1.6 - 2.4$ $3.2 - 4 - 4.8$ $6 - 8 - 9.5$	سیم جوش پیچیده شده به صورت	RCUZnA	۱
	کوئل	RcuZnB	۲
$L = 455 - 910\text{mm}$ $\varnothing = 0.8 - 1.6 - 2.4$ $3.2 - 4 - 4.8$ $6 - 8 - 9.5$	مفتول	RcuZnC	۳
		۴	
$t = 0.05 - 0.08 - 0.13$ $0.25 - 0.51$	تسمه $0.64 \times 150\text{mm}$	RcuZnD	۵
$L = 455 - 910\text{mm}$ $\varnothing = 0.8 - 1.2 - 1.6$ $2.4 - 3.2$	مفتول	BAG	



برس سیمی گردان

شکل ۱۵-۶

سطح هویه‌های مسی با افزایش دما توسط شعله و یا اجاق کوره اکسید می‌شوند برای پاک کردن اکسیدها از سطح هویه از برس سیمی دستی و یا ماشینی استفاده می‌کنند. (شکل ۱۵-۶ و ۱۶-۶)

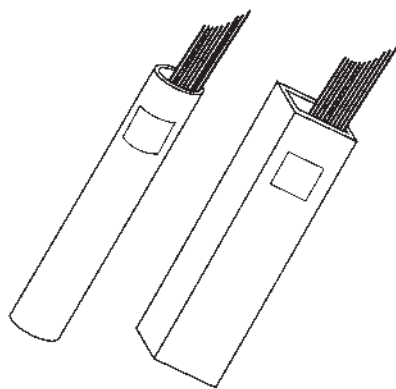
تنه کارها به صورت مایع، جامد، یا پودر به بازار عرضه می‌شود گازهای حاصل از این فلاکس موقع لحیم کاری اسیدی و یا بازی بوده و برای فرد لحیم کار بسیار مضر است و استفاده از ماسک‌های دهنی مناسب الزامی است.



برس سیمی برای نظافت هویه

شکل ۱۶-۶

### ۶-۲-۳ نگهداری و انبار کردن مفتول‌های لحیم سخت



شکل ۱۷-۶ قوطی‌های نگهداری سیم جوش

وارد شدن اکسید در مذاب لحیم موجب کاهش کیفیت اتصال شده و در مواردی اشکال به وجود می‌آورد. لذا مفتول‌های لحیم کاری سخت و مفتول‌هایی که فلاکس به آن‌ها چسبیده باید دور از رطوبت نگهداری شده و از وارد شدن ضربه و صدمه مکانیکی به آن‌ها خودداری شود. معمولاً این مفتول‌ها در ظرف‌های استوانه‌ای (قوطی مانند) غیر قابل نفوذ به بازار عرضه می‌شوند (شکل ۱۷-۶)

### ۶-۲-۴ دلایل استفاده از روان‌سازها (فلاکس‌ها)

۱. جلوگیری از اکسید شدن فلز داغ و حل اکسیدهای سطح فلز؛
۲. تمیز کردن سطوح اتصال از مواد شیمیایی مثل چربی‌ها (بعد از تمیز کاری، سوهان و سنباده و غیره)؛
۳. تسهیل در جاری شدن مذاب لحیم در درز قطعه کار؛
۴. کنترل آتمسفر گازی که اطراف محل لحیم کاری را احاطه کرده است زیرا فلزات در مقابل بعضی از گازها حساس هستند؛ مثلاً فلز مس در مقابل گاز هیدروژن حساس است.

**نکته:** همانطور که در جدول ۶-۲ مشاهده می‌کنید:

روان‌سازها از ترکیب دو ماده فعال (هالوژن و فلز قلیایی) بدست می‌آید، پس گازهای حاصل از لحیم کاری یا خاصیت اسیدی دارد و یا بازی که هر دو برای سلامت انسان مضر است و استفاده از ماسک‌های دهنی مناسب ضرورت دارد.

• مزایای لحیم کاری نسبت به جوشکاری

a امکان اتصال قطعات غیر هم جنس

b پیچیدگی کمتر

c امکان اتصال قطعات با ضخامت کمتر با دمای پایین تر

## سوالات پایانی بخش لحیم کاری



۱- کدام گزینه در مورد لحیم کاری غلط است؟

الف) امکان اتصال فلزات غیر هم جنس با لحیم کاری وجود دارد.

ب) مواردی که درجه حرارت بالای جوشکاری مشکل ساز باشد لحیم کاری کاربرد

پیدا می کند.

ج) در لحیم کاری هم لبه های کار همراه با ماده ی لحیم کاری ذوب می شود.

د) ماده فلزی زود ذوب به عنوان ماده ی لحیم کاری مصرف می شود.

۲- کلرید روی یک ..... است که در لحیم کاری به کار می رود.

الف) روان ساز

ب) روان ساز فاسد کننده

ج) روغن لحیم

د) تنه کار یا فلاکس

۳- دمای لحیم کاری نرم در چه حدودی است؟

الف) کمتر از  $450^{\circ}\text{C}$

ب) بیشتر از  $450^{\circ}\text{C}$

ج)  $600^{\circ}\text{C}$  و  $700^{\circ}\text{C}$

د)  $420^{\circ}\text{C}$  و  $700^{\circ}\text{C}$

۴- در چه دمایی لحیم کاری باید انجام شود؟

الف) دمای ذوب قطعه

ب)  $200^{\circ}\text{C}$  درجه کمتر از دمای ذوب قطعه

ج) حد جاری شدن لحیم

د)  $200^{\circ}\text{C}$  درجه بالاتر از دمای جاری شدن

۵- در لحیم کاری سخت ..... و ..... به کمک تنه کار یا فلاکس

انجام می شود.

الف) حفاظت و روان شدن مذاب

ب) اکسیدزدایی، حفاظت و روان شدن مذاب

ج) روان سازی و حذف اکسیدها

د) ذوب شدن و جاری شدن ماده ی لحیم

۶- ماده‌ی روان‌سازها از ترکیبات کدام گزینه است؟

الف) فلزات قلیایی خاکی و هالوژن‌ها      ب) فلزات قلیایی و هالوژن‌ها

ج) هالوژن‌های قلیایی و فلزات هالوژنی      د) اسید کلریدریک و براده‌ی روی

۷- چرا گازهای حاصل از فلاکس‌های، لحیم سخت مضر است؟

الف) خاصیت اسیدی دارند      ب) خاصیت بازی دارند

ج) سمی هستند      د) گزینه الف و ب

۸- در لحیم‌کاری نرم علاوه بر گرمای هویه از کدام گزینه استفاده می‌شود؟

الف) گرمای کوره      ب) جریان القایی

ج) گرمای قوس      د) لیزر

۹- لحیم‌کاری سخت در دمای ..... به بالا انجام می‌شود؟

الف)  $350^{\circ}\text{C}$       ب) بالای  $450^{\circ}\text{C}$

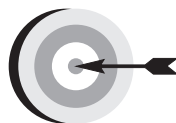
ج)  $260^{\circ}\text{C}$       د)  $100^{\circ}\text{C}$  الی  $150^{\circ}\text{C}$  زیر دمای ذوب

۱۰- برای لحیم‌کاری لوله‌های نازک مسی از آلیاژ کدام ماده لحیم سخت استفاده

می‌شود؟

الف) مس و روی      ب) مس و آلومینیوم

ج) نقره و مس      د) قلع و سرب



### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. جوشکاری فشاری را تعریف کند.
۲. روش‌های گرم کردن قطعات در جوشکاری فشاری را توضیح دهد.
۳. نحوه‌ی دوران و توقف قطعه در جوشکاری اصطکاکی را بیان کند.
۴. مهمترین انواع جوش مقاومتی را نام ببرد.
۵. دوره‌های چهارگانه نقطه جوش را شرح دهد.
۶. روش جوشکاری لوله‌های درزدار را توضیح دهد.
۷. فلزاتی که راحت نقطه جوش می‌شوند را نام ببرد.
۸. موارد کاربرد پیش طرحی را توضیح دهد.
۹. کاربردهای جوش زائده‌ای را نام ببرد.
۱۰. روش‌های تبدیل انرژی مکانیکی به حرارتی در جوش اصطکاکی را نام ببرد.



## ۷- جوشکاری فشاری (در حالت جامد)

تعریف: جوشکاری فشاری فرآیندی است که در آن لبه‌های مورد اتصال تحت فشار و با استفاده از حرارت یا بدون آن در هم ادغام می‌شوند و قطعات به هم جوش می‌خورند. یکی از راه‌های رسیدن به تماس نزدیک، فشار دادن سطوح به یکدیگر است.

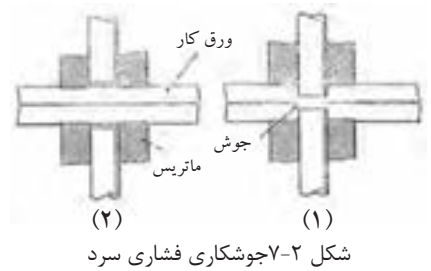
(شکل ۷-۱)



شکل ۷-۱ نحوه نقطه جوش

سطوح تحت فشار تغییر شکل می‌دهند، و فلزات در تماس نزدیک قرار می‌گیرند و اتم‌های دو قطعه در فصل مشترک به هم رسیده پستی و بلندی سطوح تماس در هم ادغام شده و پیوندی اتمی شکل می‌گیرد فرآیندهایی که بر این اساس کار می‌کند جوشکاری «حالت جامد» نام دارد.

## ۷-۱ جوشکاری فشاری سرد

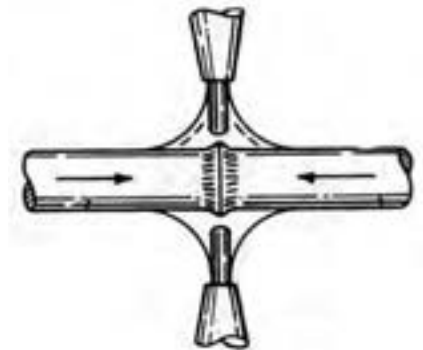


جوشکاری فشاری سرد در موارد قابل استفاده است، مانند کابل‌های آلومینیومی و اتصال‌های آن و همچنین جوش درپوش به لوله و در مواردی که فشار زیاد به قطعات کار آسیب نرسانند قابل استفاده است. (شکل ۷-۲)

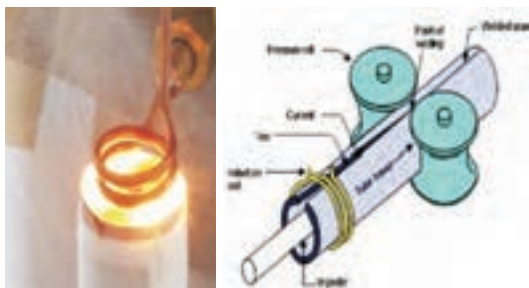
جوشکاری فشاری سرد برای ایجاد تغییر شکل و مومسان شدن سطوح مشترک جهت جوشکاری فلزات سخت و آلیاژها دشوار است برای سهولت در عملیات جوشکاری فشاری سطوح مشترک را حرارت می‌دهند و به آن جوشکاری فشاری در حالت گرم گویند. حرارت دادن سطوح مشترک با چهار روش عملی می‌شود.

## ۷-۲ جوشکاری فشاری گرم و روشهای اعمال حرارت:

- **گرم کردن با گاز:** عبارتست از حرارت دادن فصل مشترک با شعله گاز که پس از گرم شدن با اعمال فشار قطعات در هم ادغام شده و جوشکاری صورت می‌گیرد. (شکل ۷-۳)
- **گرم کردن با مقاومت الکتریکی:** در اثر عبور جریان با شدت زیاد از محل تماس باعث گرم شدن سطوح تماس شده و با اعمال فشار در هم ادغام می‌شوند.
- **گرم کردن القایی:** در اثر عبور جریان با فرکانس بالا از یک سیم پیچ که قطعات جوش دادنی را احاطه نموده است شکل (۷-۴) باعث ایجاد یک جریان القایی قوی در قطعه شده و آن را گرم می‌کند سپس با اعمال فشار قطعات یا لبه‌ها به هم جوش می‌خورند.



شکل ۷-۳ جوشکاری فشاری با گرمای شعله



شکل ۷-۴ گرم کردن به روش القایی

● **گرم کردن با اصطکاک:** ماشینی که برای این روش جوشکاری، استفاده می‌شود مانند یک ماشین تراش است که یکی از قطعات مورد جوشکاری را در دهانه‌ی سه‌نظام یا چهارنظام دستگاه که قابلیت دوران دارد بسته و قطعه‌ی دیگر به سه‌نظام یا چهارنظام ثابت بسته می‌شود آن‌گاه فک دور را به گردش در می‌آورند سپس سه‌نظامی که ثابت است به فک در حال دوران نزدیک می‌کنند تا سطوح مورد جوشکاری به هم سائیده شده تا در اثر اصطکاک گرمای زیادی تولید شود و سطوح تماس را تا مرحله‌ی خمیری شدن گرم کند سپس با اعمال فشار نهایی و حذف ناگهانی دوران، قطعات به هم جوش می‌خورند. (شکل ۵-۷)



شکل ۵-۷ جوشکاری اصطکاکی

### ۳-۷ انواع فرآیند جوشکاری در حالت جامد

با استفاده از روش‌های مختلف گرم کردن سطوح تماس و انرژی‌های متفاوت برای اعمال فشار، فرآیندهایی از این نوع جوشکاری ابداع شده است و چون روشی است که به راحتی قابل اتوماسیون شدن است با تدابیر گوناگون در خطوط تولید مورد بهره‌برداری صنعتی قرار می‌گیرد.

از انواع جوشکاری در حالت جامد، می‌توان جوشکاری آهنگری یا پتکه‌ای، جوشکاری مقاومتی، جوشکاری فشاری سرد، جوشکاری اصطکاکی، جوشکاری با امواج مافوق صوت (اولتراسونیک) جوشکاری القایی را نام برد که در این جا به فراخور کاربرد صنعتی به آن‌ها خواهیم پرداخت.

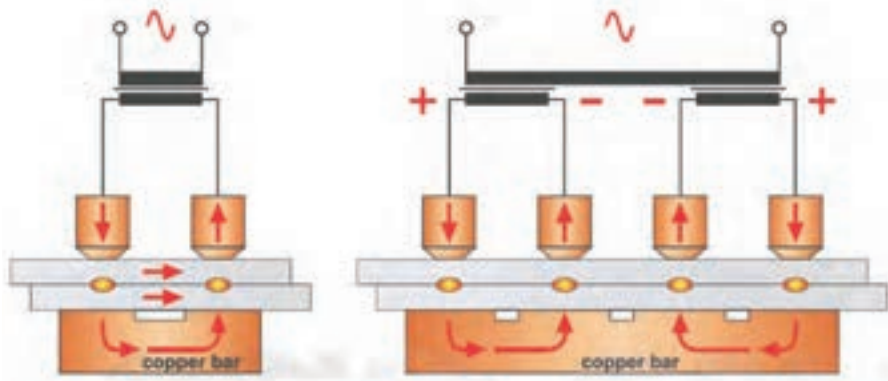


### ۱-۳-۷ جوشکاری آهنگری یا پتکه‌ای

روش قدیمی است که با گرم کردن قطعات در کوره آن‌ها را روی هم قرار می‌دهند یا یک قطعه در شکاف قطعه‌ی دیگر جا گرفته و با کوبیدن ضربات چکش قطعات به هم جوش می‌خورند و در گذشته به این روش جوش چلنگری هم گفته می‌شد.

### ۲-۳-۷ جوشکاری مقاومتی Resistance welding

یکی از فرایندهای در حالت جوشکاری در حال جامد است که در تولیدات صنعتی کاربرد فراوانی دارد. در کارخانجات تولید بدنه‌ی اتومبیل درصد بسیار زیادی از قطعات با این روش به هم جوش می‌خورند اصول جوشکاری مقاومتی بر این اساس است که با استفاده از گرمای حاصل از مقاومت الکتریکی فلزات در مقابل عبور جریان (مانند اجاق‌های برقی)، سطوح تماس را تا حالت خمیری گرما داده و با استفاده از فشار مکانیکی، هیدرولیکی یا پنوماتیکی قطعات را به هم جوش می‌دهند. (شکل ۶-۷)



شکل ۶-۷ جوشکاری نقطه‌ای

### ● مزایای جوشکاری مقاومتی

- سرعت بالای تولید
- عدم نیاز به فلز پرکننده درز
- تجهیزات نیمه اتوماتیک و امکان استفاده از رباط‌ها در کار
- امکان جوشکاری به وسیله کارگران نیمه ماهر
- جوشکاری فلزات غیر متشابه
- کیفیت بالای جوش
- پیچیدگی کمتر قطعات جوشکاری شده
- منطقه حرارت دیده کوچک جهت جلوگیری از حذف سختی حاصل از کار سرد

## ● معایب جوشکاری مقاومتی

- هزینه‌ی بالای تجهیزات
- تعمیر و نگهداری آن پرهزینه است
- در مواردی سطوح نیاز به آماده‌سازی دارد

## ● متغیرهای جوشکاری مقاومتی

این متغیرها عبارتند از:

- شدت جریان
- زمان جوشکاری
- نیروی فشاری
- الکترودها و مقاطع آن‌ها

## ● چگونگی ایجاد گرما در سطوح تماس

گرمای حاصل در این فرایند با مجذور شدت جریان و مقاومت الکتریکی و زمان عبور جریان رابطه‌ی مستقیم دارد. یعنی مطابق قانون ژول  $Q = KRI^2t$  در این رابطه‌ی فیزیکی  $t$  زمان عبور جریان بر حسب ثانیه،  $I$  شدت جریان بر حسب آمپر،  $R$  مقاومت الکتریکی منطقه‌ی عبور جریان بر حسب اهم و  $K$  ضریب ثابت است آنگاه  $Q$  حرارت حاصل بر حسب ژول به دست می‌آید. (شکل ۷-۷)

همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید مقاومت الکتریکی در این فرایند مجموع چندین مقاومت است  $R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5$ . که بیشترین مقاومت در ناحیه  $r_3$  وجود دارد. (شکل ۷-۷)



### ۳-۳-۷ روشهای جوشکاری مقاومتی:

روشهای جوش مقاومتی با به کارگیری تدابیر و بهینه‌سازی متفاوت در صنعت مورد استفاده است که مهم‌ترین و متداول‌ترین آنها به شرح زیر است:

الف: نقطه جوش

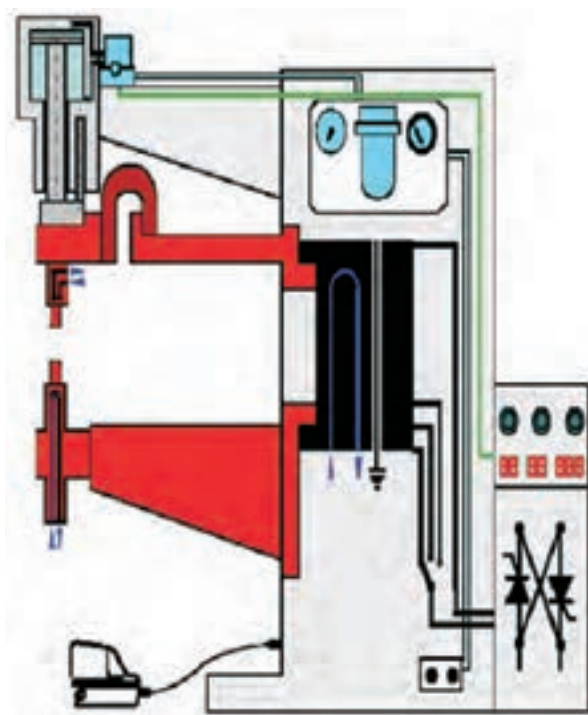
ب: درز جوش

ج: جوش سر به سر

#### الف: نقطه جوش (Resistance Spot welding)

از روشهای جوش مقاومتی است که به طور گسترده در ساخت وسایل اداری و خانگی و اتومبیل‌سازی و صنایعی که با اوراق فلزی یا صنایع تزئینی که با میل‌گردهای باریک سر و کار دارند کاربرد دارد و چون جوش حاصل به صورت دایره‌ای کوچک شکل می‌گیرد به نقطه جوش معروف است.

کاربرد فراوان نقطه جوش در ساخت بدنه اتومبیل به این دلیل است که در صنایع اتومبیل‌سازی با فرم دادن و خم‌کاری‌های متفاوت به ورق‌های نازک، استحکام کار سرد (مکانیکی) می‌دهند، این استحکام در اثر گرمای جوشکاری از دست می‌رود، لذا جوشکاری‌های آن باید محدود به منطقه‌های کوچک باشد و جوشکاری نقطه‌ای این نقش را به خوبی ایفا می‌کند. نحوه‌ی اجرا مطابق شکل (۷-۹-۱) است که قطعات کار در دو نقطه مقابل هم به وسیله دو الکتروود به هم فشرده می‌شوند و زمانی که فشار به حد کافی رسید و مقاومت الکتریکی سطوح تماس کاهش یافت جریان برق با ولتاژ (۱۰-۱) ولت و شدت جریان زیاد تا ۱۰۰۰۰ آمپر از طریق الکتروودهای مسی دستگاه از کار عبور می‌کند و وجود مقاومت الکتریکی بین دو قطعه باعث گرم شدن آن قسمت شده و با فشار وارده به قطعات در هم ادغام شده و جوش می‌خورند. (شکل ۷-۹)



شکل ۷-۸ دستگاه نقطه جوش هیدرولیکی



## ۴-۳-۷ مراحل مختلف عملیات جوشکاری نقطه جوش

عملیات جوشکاری در چهار دوره انجام می‌شود:

۱- مرحله‌ی فشرده‌گی، در این مرحله تا شروع زمان جوشکاری با فشاری که اعمال

می‌شود قطعات در محل تماس به هم فشرده می‌شود تا مقاومت تماسی کاهش یابد.

۲- مرحله‌ی جوشکاری زمانی است که برق وصل شده و از محل تماس از طریق

الکترودها عبور داده می‌شود در این مرحله فشار ثابت است و یا ممکن است به دلیل

نرم شدن قطعات به آرامی کاهش یابد زمان جوشکاری به طور معمول کوتاه است و

کسری از ثانیه را شامل می‌شود تا انتقال حرارت کمتری در قطعه کار صورت گیرد.

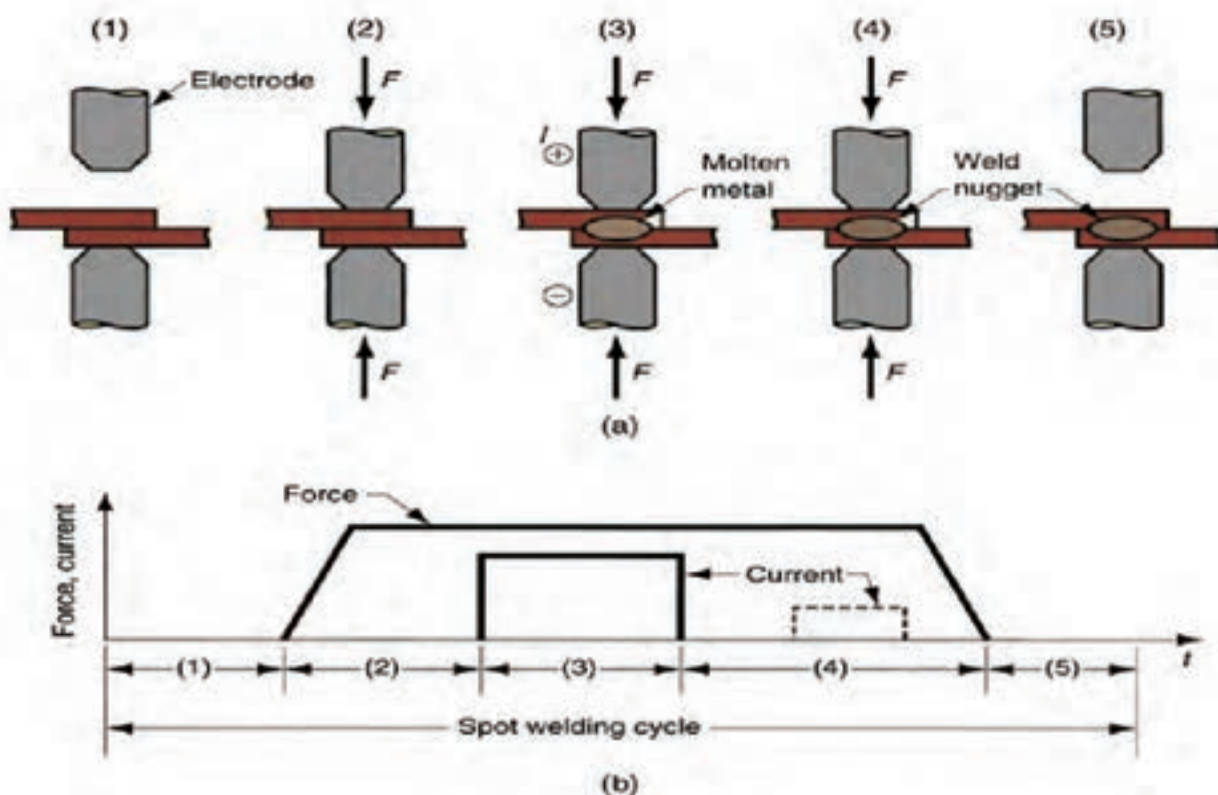
۳- مرحله‌ی نگهداری یا عملیات آهنگری (Forging) در این زمان برق قطع شده و

تحت فشار عملیات ادغام و آهنگری انجام می‌شود و درجه‌ی حرارت کاهش می‌یابد.

۴- مرحله‌ی سرد شدن این دوره (سیکل) مهم است چون سرعت سرد شدن تأثیر

متالورژیکی دارد و این تغییرات موجب می‌شود که نتوان بعضی از انواع فولادها را باین

روش جوش داد. (شکل ۹-۷)

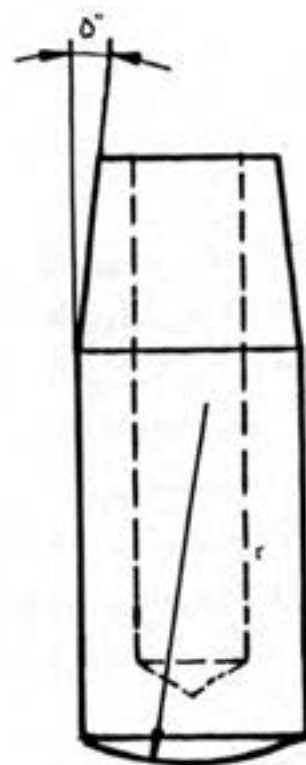


شکل ۹-۷ سیکل‌های مختلف نقطه جوش

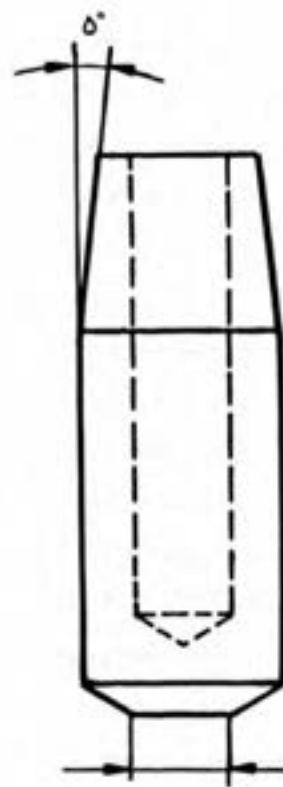
در این فرایند مقاومت الکتریکی فلزات نقش اساسی دارند و امکان اجرای جوشکاری ساده تر و راحت تر با خواص مکانیکی و الکتریکی و متالورژیکی فلزات وابسته است. (جدول ۷-۱)

جدول ۷-۱ خواص فلزات خالص که در جوش مقاومتی مؤثرند

نوع فلز	نقطه ذوب C°	مقاومت الکتریکی بر حسب میکرو اُهم بر سانتی متر مکعب در ۲۰ درجه سانتی گراد	هدایت الکتریکی بر حسب درصد (مس = ۱۰۰)
آلومینیوم	۶۶۰	۲/۷	۶۵
کُرْم	۱۸۹۰	۱۳	۱۳
مس	۱۰۸۳	۱/۷	۱۰۰
طلا	۱۰۶۳	۲/۲	۷۸
آهن	۱۵۳۹	۹/۷	۱۸
سرب	۳۲۷	۲۰/۶	۸/۳
منیزیم	۶۵۰	۴/۵	۳۹
مولیبدن	۲۶۲۵	۵/۲	۳۳
نیکل	۱۴۵۵	۶/۸	۲۵
نقره	۹۶۰	۱/۶	۱۰۸
تانتالیم	۲۹۹۶	۱۲/۴	۱۴
قلع	۳۲۱	۱۱/۵	۱۵
تنگستن	۳۴۱۰	۵/۵	۳۱
روی	۴۱۹	۵/۹	۲۹



شعاع نوک الکتروود عدسی



قطر نوک الکتروود صاف

با توجه به ضخامت قطعات جوش دادنی قطر الکترودها نیز متفاوت خواهد بود به جدول (۷-۲) مراجعه فرمایید.

جدول ۷-۲ رابطه بین ضخامت، پلیت و قطر الکترودها					
قطر نوک صاف		شعاع نوع عدسی شکل		ضخامت پلیت	
in	mm	in	mm	in	mm
$\frac{5}{32}$	۴	۱	۲۵	۰/۰۱۸	۰/۵
$\frac{3}{16}$	۵	۲	۵۰	۰/۰۳۶	۱
$\frac{1}{4}$	۶	۳	۷۵	۰/۰۶۴	۱/۵
$\frac{5}{16}$	۸	۴	۱۰۰	۰/۱۰۴	۲/۵
$\frac{3}{8}$	۱۰	۵	۱۲۵	۰/۱۶۰	۴
$\frac{1}{2}$	۱۲	۶	۱۵۰	۰/۲۵۲	۶/۵

#### موارد دیگر مؤثر در کیفیت جوش مقاومتی عبارتند از:

- تمیز بودن سطوح جوشکاری
- تنظیم فشار و شدت جریان و زمان عبور جریان
- مناسب بودن الکترودها از نظر جنسی و سطح قاعده.
- گردش آب در الکترودها باعث کاهش درجهی حرارت آنها شده و از چسبیدن نوک الکترودها به سطح کار جلوگیری می‌شود.

#### □ قابلیت جوشکاری فلزات با نقطه جوش

فولادهای معمولی با این روش به راحتی جوشکاری می‌شوند فولادهای زنگ نزن که جذب آهن ربا نمی‌شوند (نگیر) به راحتی جوشکاری می‌شوند و چون هدایت گرمایی کمتری دارند باید سیکل جوشکاری کوتاه‌تر در نظر گرفت.

نیکل و آلیاژهای مونل با توجه به مقاومت الکتریکی مطلوبی که دارند مانند فولاد معمولی ساده جوشکاری می‌شوند.

فولادهای سختی‌پذیر به دلیل آن که سرعت سرد شدن بالا است احتمال شکل گرفتن ترک‌های مویی اطراف نقطه جوش وجود دارد در صورت لزوم باید تدابیر لازم به کار برد.

فولادهای روکش شده مثل روکش قلع در حلبی و روکش روی در ورق گالوانیزه و فلزات رنگ شده حتماً محل جوش باید تمیزکاری شوند ورق‌های حلبی و گالوانیزه در جوشکاری مقداری از روپوش خود را از دست می‌دهند و در مقابل خوردگی ضعیف می‌شوند به علاوه نوک الکترود به فلزات روکش آلوده شده و کار را مشکل می‌کند فلزات آلومینیوم، مس و آلیاژهای آن‌ها به دلیل هدایت الکتریکی و گرمایی بالا مشکل جوش داده می‌شوند و تدابیر لازم در میزان آمپر، زمان و فشار اعمال شده باید به کار گرفته شود. (جدول ۳-۷)

جدول ۳-۷ شرایط نقطه جوش کردن چهار فلز یا آلیاژ [۳]

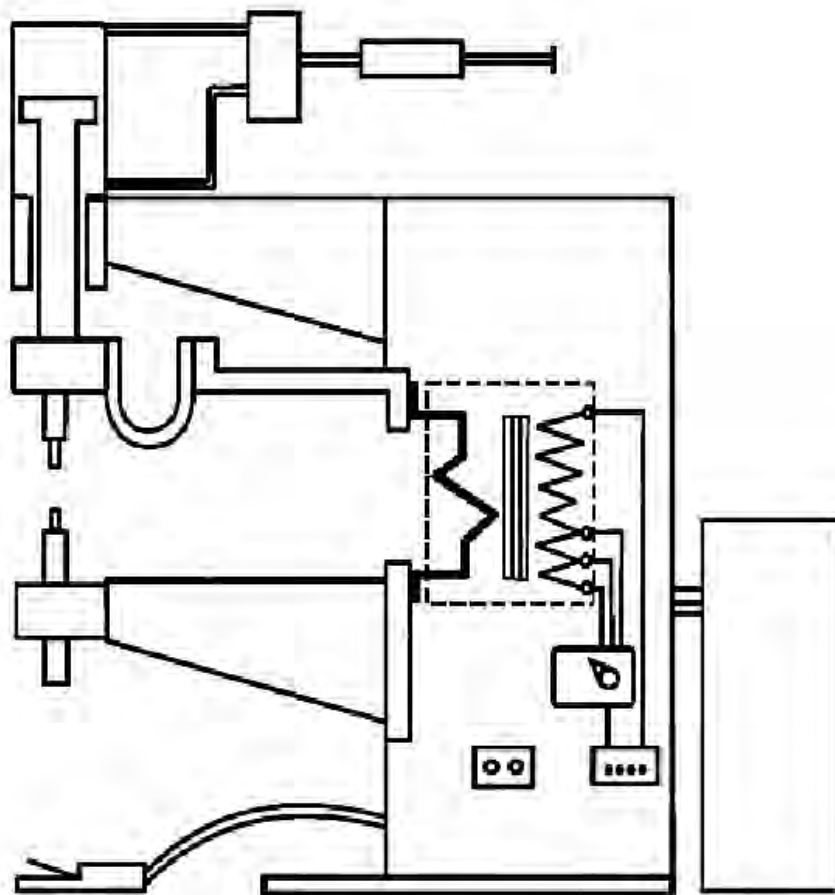
زمان بر حسب سیکل - ثانیه	تست جریان (A)	فشار الکترود		نوع فلز یا آلیاژ
		LB	N	
۵	۵۵۰۰	۶۵۰	۲۸۹۱	فولاد ضد زنگ ۳۰۴
۴	۷۰۰۰	۳۰۰	۱۳۳۴	مونل
۸	۸۰۰۰	۴۰۰	۱۷۸۰	فولاد ساده کربنی (کم کربن)
۲	۲۸۰۰۰	۷۰۰	۳۱۱۳	آلومینیوم

### تجهیزات جوشکاری نقطه جوش

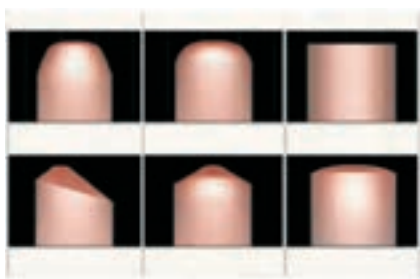
- دستگاه تأمین قدرت
- الکترودهای مصرف نشدنی
- سیستم گردش آب (آب گردان)

در این فرایند، دستگاه جوشکاری یک ترانسفورماتور یا مبدل جریان است که برق ورودی آن برق صنعتی و یک فاز یا دو فاز و برق خروجی با ولتاژ بسیار پایین حداکثر ۱۰ ولتی است و مطابق آنچه که در شکل مشاهده می‌کنید برق خروجی به

وسیله‌ی دو الکتروود کنار هم یا مجزا به محل اتصال می‌رسد و با پدال یا دکمه‌ای یا سیستم کنترل زمانی (رله‌ی زمانی) برق از الکتروود به کار هدایت شده و گرمای مناسب ایجاد می‌کند زمان عبور جریان، شدت جریان، فشار وارد بر الکتروودها یا توسط انسان و دستی کنترل می‌شود یا به وسیله‌ی سیستم‌های الکترونیکی. (شکل ۷-۱۲)



شکل ۷-۱۲ قسمت‌های مختلف دستگاه نقطه جوش

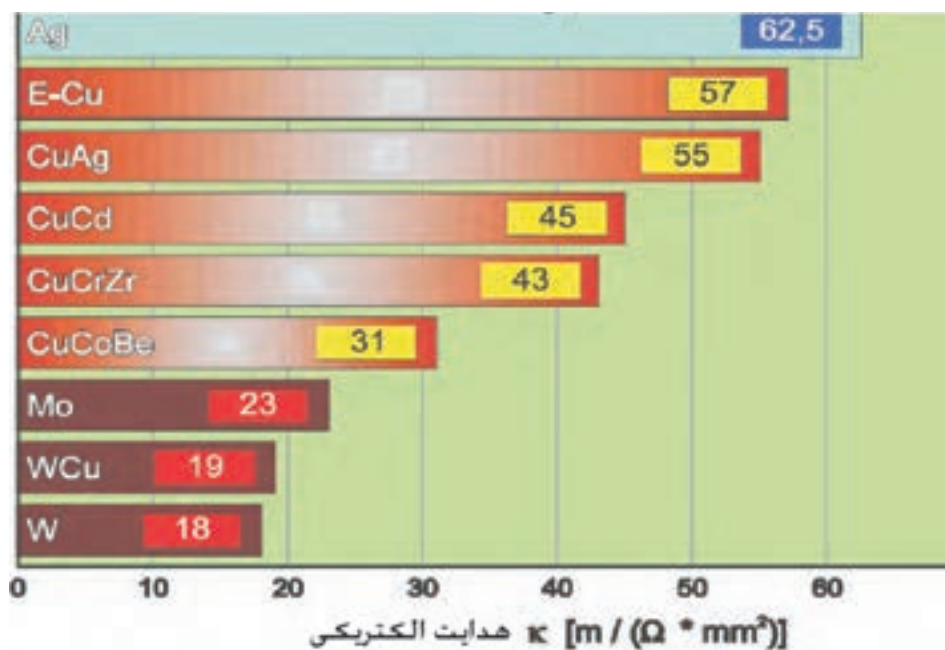


شکل ۷-۱۳ فرم سطح مقطع الکتروودهای نقطه جوش

### ● الکتروودهای نقطه جوش

الکتروودها به صورت میله‌ی استوانه‌ای با قطر مورد نظر ساخته و نوک آن را می‌توان با زاویه‌ی  $30^\circ$  یخ زده و مخروطی نمود و یا به صورت تخت یا انحنادار مطابق شکل (۷-۱۳) دارای طرح‌های متفاوت باشد.

جنس الکترودها از مس و آلیاژهای آن می‌باشد که حرارت را انتقال داده و تمرکز حرارتی در نوک الکتروود نداشته باشیم و بر مبنای این انتخاب می‌شود که هدایت الکتریکی و حرارتی خوب داشته و قابلیت تحمل فشار لازم را داشته و تغییر فرم ندهد و از جنس‌های مس خالص، آلیاژی مس و کادمیوم، مس و کرم ساخته می‌شود در موارد خاص از الکترودهای مسی که نوک آن از آلیاژ مس و تنگستن است استفاده می‌کنند تا استحکام کافی داشته و الکتریسیته را به خوبی از خود عبور دهد. جدول مشخصات الکترودهای متفاوت را نشان می‌دهد. (شکل ۱۴-۷)



شکل ۱۴-۷

الکترودها معمولاً توخالی ساخته می‌شوند تا آب در آن‌ها گردش کند و گرمای زیاد در آن باقی نماند. فرم ظاهری الکترودها بسته به نوع اتصال متفاوت ساخته می‌شود.

### ● سیستم گردش آب

سیستم ساده‌ای است که می‌توان آب شهر با دبی کم را در الکترودهای دستگاه جریان پیدا کرده و وارد فاضلاب کرد و به دلیل ارزش زیاد آب و کمبودهای امروزی آب یک سیستم گردش آب یا یک پمپ و یک رادیاتور می‌تواند همواره الکترودهای یک دستگاه را خنک کند.



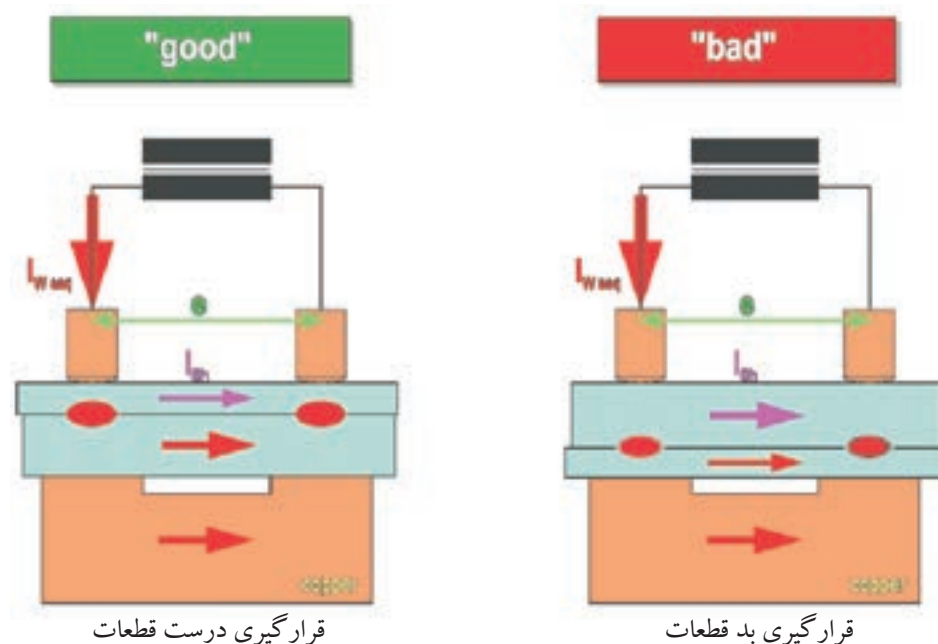
## □ میزان نفوذ جوش در جوشکاری نقطه‌ای

کمترین مقدار نفوذ می‌تواند اتصال اوراق فلزی را موجب شود ولی برای استحکام کافی نقطه جوش، حداقل نفوذ بایستی ۲۰٪ ضخامت ورق باشد و حداکثر می‌تواند ۸۰٪ نفوذ تصور کرد.

به دلیل اعمال فشار توسط الکترودها به قطعات کار سطح جوش در اثر فشار می‌تواند به درجه‌ی سختی قابل قبول برسد و احتمال ایجاد ترک‌های ریز و باقی ماندن حفره‌های کوچک گازی بین اتصال کاهش یابد.

## □ متعادل کردن حرارت در نقطه جوش

همواره مقاومت الکتریکی الکترودها از مقاومت الکتریکی قطعات جوش دادنی کمتر است چنانچه یک قطعه کار نازک تر و یک قطعه کار ضخیم تر باشد باید الکتروود که قطر و سطح تماس بزرگ تری دارد به طرف ورق ضخیم تر باشد. (شکل ۱۵-۷)

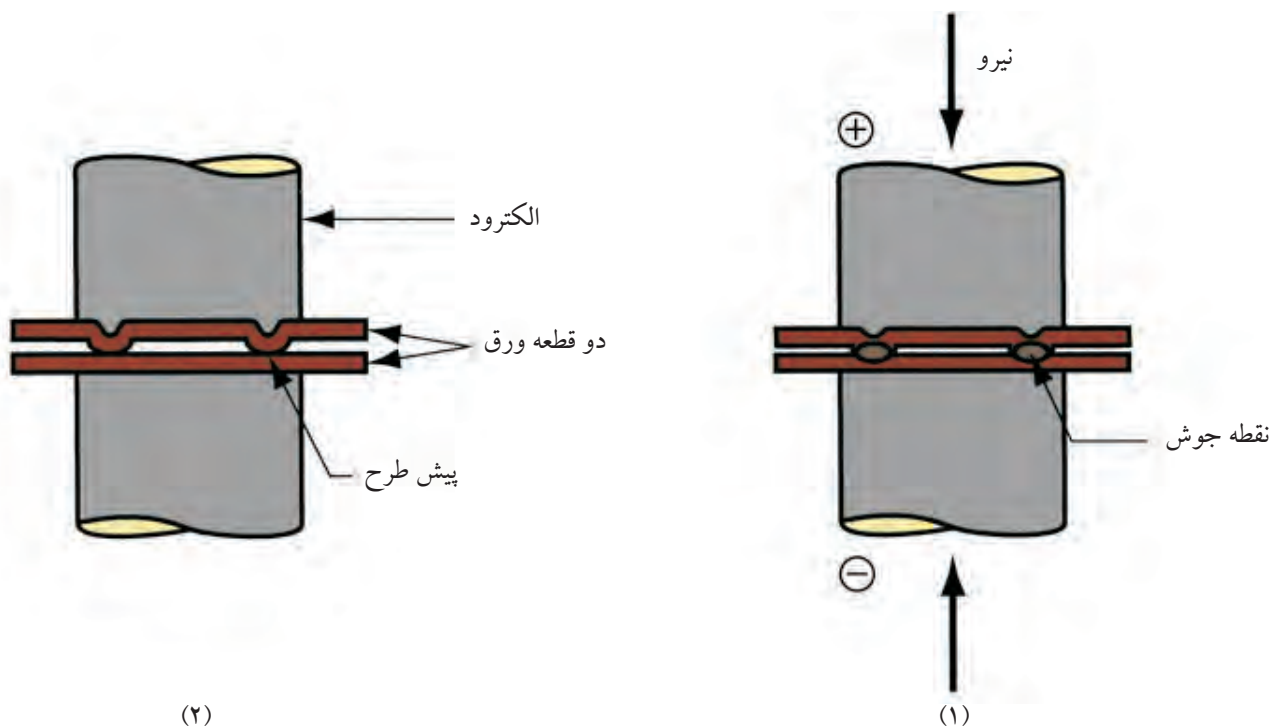


در صورتی که بخواهیم نقطه جوش روی سطح ورق اثر نداشته باشد معمولاً الکتروود با سطح بزرگتر انتخاب کرده یا اغلب یک نوع سری که دارای سطح صاف و پهن است روی الکتروود میله‌ای قرار می‌دهیم که هم لقی داشته و هم تحت زوایای مختلف موازی

با سطح بزرگ و اصلی قطعات جوش دادنی تغییر زاویه دهد مثلاً برای در کمدهای فلزی که با نوار ورق از پشت تقویت شده‌اند یا در موتور و درهای اصلی روی بدنه‌ی اتومبیل این تدبیر به کار می‌رود.

### □ جوشکاری پیش طرحی Projection Welding

اصول این روش مانند جوشکاری نقطه‌ای است تفاوت در این است که برای افزایش تمرکز جریان و سرعت عمل در جوشکاری (جوشکاری چند نقطه با هم) و دوام بیشتر الکترودهای دستگاه، روی قسمت‌های مختلف ورق‌ها در موقع فرم دادن در قالب برجستگی‌هایی ایجاد می‌کنند به شکل توجه کنید محل این برجستگی‌ها بر حسب کاربرد با شکل‌های متفاوتی در طراحی پیش‌بینی می‌شود که به آن پیش طرحی گویند. (شکل ۱۶-۷)



شکل ۱۶-۷ جوشکاری پیش طرحی

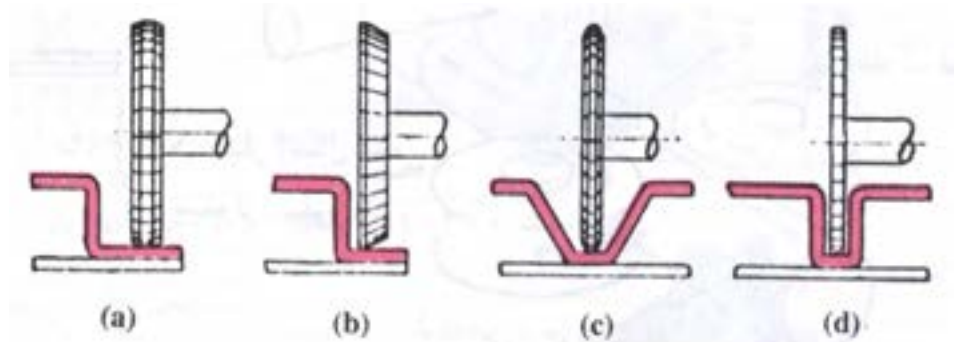
این برجستگی‌ها دارای سطح تماس کوچک بوده و جریان زیاد از آن عبور می‌کند و فشار الکترودها در حالت خمیری اتصال را موجب می‌شود. در عمل ممکن است تعداد چند محل با یک حرکت الکترودها که سطح قاعده آن‌ها مطابق با فرم ورق طراحی و ساخته شده است به هم جوش شود. کاربرد دیگر جوش دادن مهره‌ها به ورق‌ها است که مهره‌ها دارای زائدهایی هستند که

بر روی ورق قرار گرفته و توسط فشار الکتروود و عبور جریان هم در محل جازده شده و هم جوش می خورند.

در ساخت توری های درشت می تواند میله ها به طور عمود بر میله ی دیگری در حالتی که جا زده می شود جوش شود.

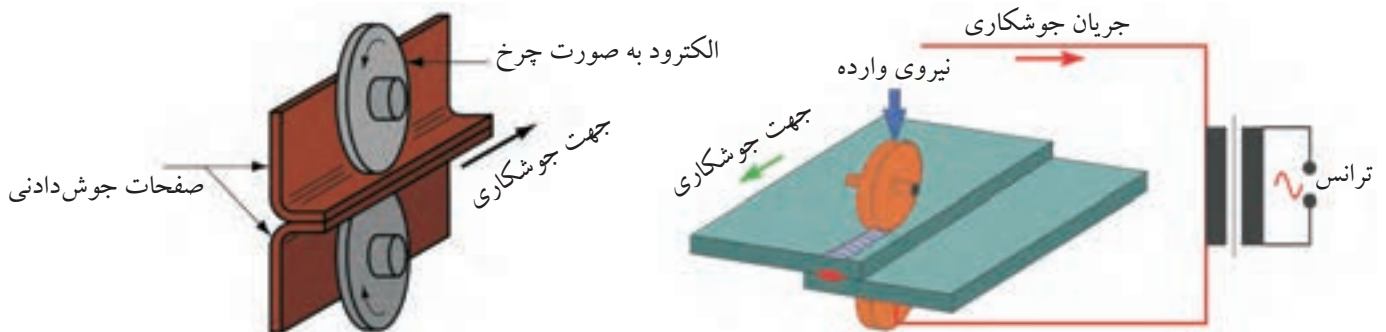
### ب: قرقره جوش یا درز جوش Seam Welding

جوش های مقاومتی و نقطه جوش از نظر استحکام و کیفیت در رده بالایی قرار دارند، ولی درز بند (نشستی گیری) نیستند و برای رفع این مشکل به جای دو الکتروود میله ای می توان از دو قرقره از آلیاژ مس جایگزین کرد کار بین دو قرقره به هم فشرده شده و با حرکت گردشی قرقره ها، کار به پیش می رود. (شکل های ۷-۱۷-۱ و ۷-۱۷-۲)

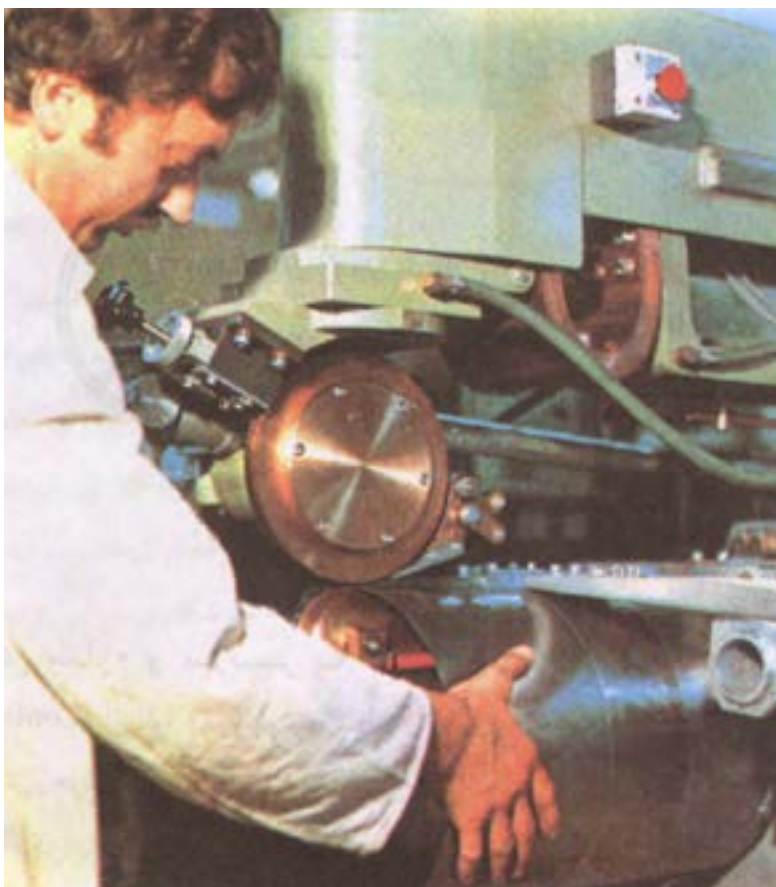


شکل ۷-۱۷ انواع الکتروودهای غلتکی برای جوشکاری اتصالات مختلف

جریان به طور مداوم و یا به تناوب در مدت کوتاهی از قرقره های در حال دوران عبور کرده و نقطه جوش پی در پی یا خط جوش ایجاد می کند زمان عبور جریان سرعت دورانی قرقره ها و فشاری که به کار اعمال می شود قابل تنظیم شدن است. (شکل های ۷-۱۸-۱ و ۷-۱۸-۲)



شکل ۷-۱۸ نمای قرقره جوش



شکل ۱-۱۸-۷ دستگاه کامل درز جوش

### ج: جوش سر به سر Butt Welding

به دو طریق می توان لوله ها، میله ها و بعضی دیگر از اقلام نیم ساخته ی فلزی را به هم جوش داد مثل ساخت دانه های زنجیر، اتصال سر سوپاپ اتومبیل به میله ی بدنه ی سوپاپ و...

۱- جوشکاری مقاومتی سر به سر Resistance Butt Welding

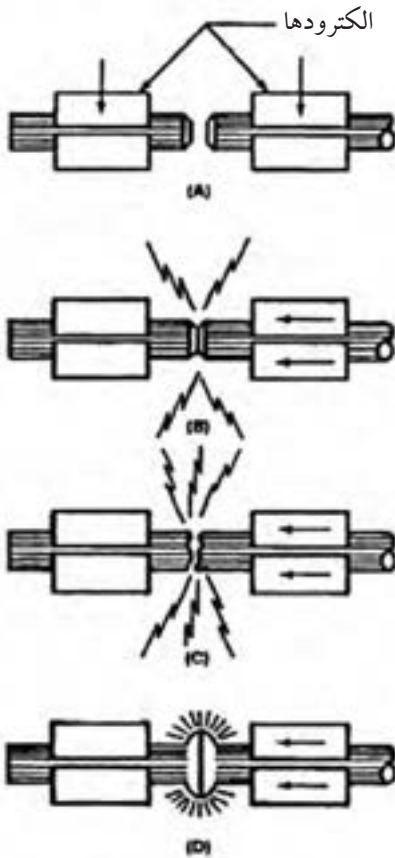
۲- جوشکاری سر به سر جرقه ای Flash Butt Welding

### ● جوشکاری سر به سر مقاومتی

در این فرایند قوس و جرقه ایجاد نمی شود بلکه دو سر میله به هم فشرده می شوند و در نتیجه عبور جریان الکتریکی که از طریق فک ها به قطعات کار منتقل می شود محل تماس دو قطعه گرم شده و پس از چند لحظه به نزدیک درجه ی ذوب می رسد در این وقت با اعمال فشار از طریق فک ها دو سر قطعه در هم ادغام شده و اتصال انجام می شود.

## ● جوشکاری سر به سر جرقه‌ای

در این فرآیند دو قطعه کار توسط گیره‌های مسی که گاهی دارای سیستم خنک کننده آبگرد هستند به هم نزدیک می‌شوند تا قوس الکتریک بین آن‌ها برقرار شود و وقتی قطره‌ی مذاب در سر قطعات شکل گرفت گیره‌ها به هم نزدیک‌تر شده و دو قطعه به هم جوش می‌خورند و درست در لحظه‌ی رسیدن قطعات به هم جریان برق قطع می‌شود، این روش به ولتاژ بیشتری جهت ایجاد قوس نیاز دارد و می‌توان آن را در ردیف جوشکاری‌های ذوبی نیز به حساب آورد. (شکل ۱۹-۷)



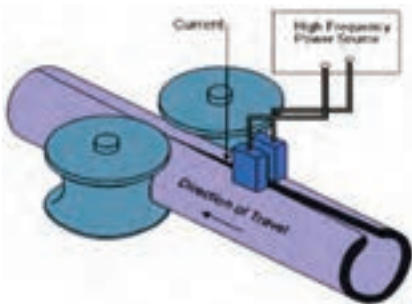
شکل ۱۹-۷ جوشکاری سر به سر جرقه‌ای

## ۷-۴ جوشکاری القایی Induction Welding

در این فرآیند از خاصیت جریان و فرکانس زیاد استفاده می‌شود و اغلب این روش برای جوش درز لوله‌ها و پروفیل‌ها مورد استفاده است که مشابه جوشکاری مقاومتی با فرکانس بالا است که در شکل مشاهده می‌شود. (شکل ۲۰-۷)

در روش القایی به جای کفشک‌های جوشکاری مقاومتی یک هسته (مغزی) آهنی که به شکل نعل است قرار داده می‌شود که روی آن سیم‌پیچی شده جریان با شدت و فرکانس زیاد از سیم‌پیچ عبور کرده و در دو سر این حلقه‌ی فلزی (نعل اسب) حوزه‌ی مغناطیسی ایجاد می‌شود و هر گاه فلزی در این حوزه قرار گیرد جریان در آن القاء شده و چون فلز دارای مقاومت الکتریکی است فلز گرم می‌شود.

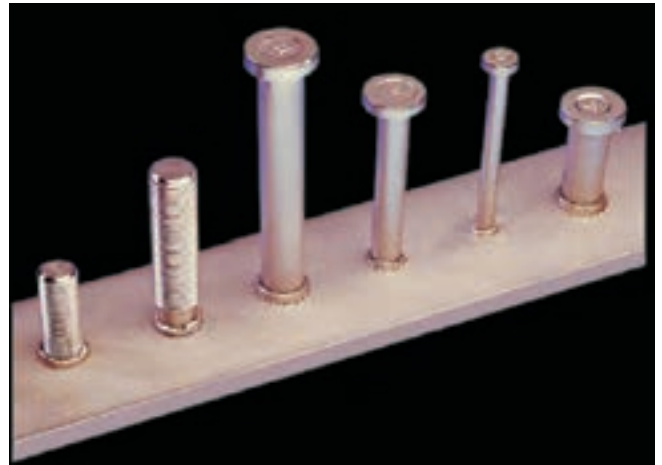
شدت جریان و فرکانس و سرعت پیشروی کار طوری تنظیم می‌شود که حرارت ایجاد شده مناسب با درجه حرارت جوشکاری فشاری باشد و هدایت قطعه کار و فشار توسط غلتک‌ها مانند روش جوشکاری مقاومتی با فرکانس بالا (High Frequency resistance) خواهد بود.



شکل ۲۰-۷ جوشکاری جریان با فرکانس زیاد

### ۷-۵ جوشکاری زائده فلزی یا Stud welding

این فرآیند به طور کلی اتصال زائده فلزی (میله، پیچ یا شبیه آن‌ها) به سطح قطعه کار گفته می‌شود و با روش‌های مختلف قوسی، مقاومتی و اصطکاکی انجام می‌شود. در فرآیند جوشکاری زائده‌ای جریان الکتریسیته در یک خازن جمع شده و در لحظه‌ی تماس دو قطعه از آن استفاده می‌شود. معمولاً قطعه یا زائده در درون تپانچه زائده (پیچ، پیچ و مهره و ...) را روی کار با استفاده از جریان و فشار بر روی سطح جوش می‌دهند. (شکل ۷-۲۱)



شکل ۷-۲۱ چند نوع جوش زائده‌ای

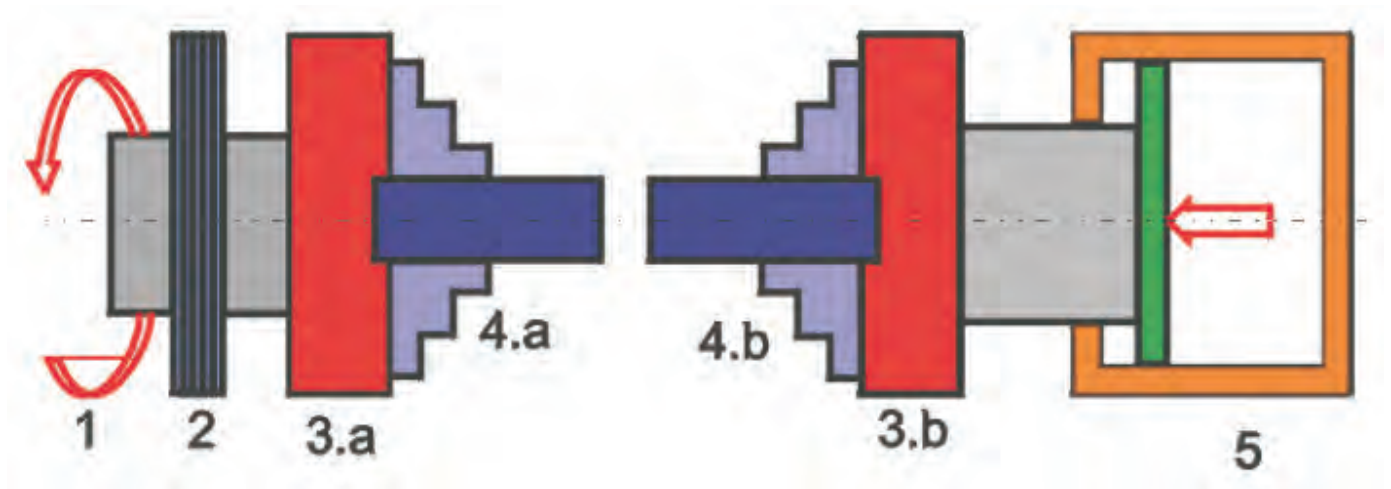
### ۷-۶ جوشکاری اصطکاکی Friction welding

در این فرآیند تبدیل انرژی مکانیکی (جنبشی) به انرژی گرمایی به چند طریق صورت می‌گیرد:

الف) جوشکاری اصطکاکی مداوم (Continuous Drive Friction)

ب) جوشکاری اصطکاکی لحظه‌ای (Inertia Friction)

در روش مداوم یک قسمت از کار در تماس با قسمت دیگر کار که ثابت است و حرکت دورانی داشته و موجب ایجاد حرارت در سطح مالش می‌شود و با اعمال فشار و



شکل ۷-۲۲ جوشکاری اصطکاکی



در روش دوم، حرکت دورانی در یک چرخ لنگر ذخیره می‌شود و یکی از قطعات کار که به کمک گیره و سه نظام با چرخ لنگر مربوط است. برای ایجاد گرما، قطعه‌ی دیگر کار که ثابت است به قسمت گردنده تماس داده تا اصطکاک بین دو قطعه کار، باعث گرم شدن سطوح تماس شود.

با اعمال فشار نهایی، انرژی ذخیره شده در لنگر تحلیل رفته و حرکت دورانی قطع و اتصال انجام می‌شود.

هنگامی که دو سطح بر روی هم مالیده می‌شوند نقاط بلند سطوح به هم برخورد کرده و از بین می‌روند و اکسید سطوح هم پاک می‌شود و به دلیل نیروی گریز از مرکز به خارج درز هدایت می‌شود سپس در اثر گرما، یک باند یا چسبندگی به وجود می‌آید در ادامه حرکت، این باند هم پاره شده و باند تازه شکل می‌گیرد و لبه‌های کار به صورت خمیری در اطراف درز بیرون زده می‌شود و در این لحظه توقف حرکت و اتصال بین دو قطعه عملی می‌شود.

مزایای این روش: عدم نیاز به حفاظت از مذاب و مفتول پرکننده‌ی درز بوده و فقط مقدار کمی جرقه مشاهده می‌شود و امکان جوشکاری فلزات غیر هم‌جنس هم فراهم است با جوشکاری اصطکاکی میله‌های فولادی و لوله‌های ضخامت‌دار را می‌توان به صورت سر به سر به هم جوش داد.

## سوالات پایانی فصل هفتم



- ۱- در مورد جوشکاری در حالت جامد کدام گزینه غلط است؟  
الف) ادغام سطوح تماس دو قطعه با اعمال فشار  
ب) با گرم کردن سطوح تماس دو قطعه به هم جوش می‌خورند  
ج) اتم‌های دو قطعه در محل تماس به هم رسیده و جوش می‌خورند  
د) جوشکاری فشاری در ردیف جوشکاری در حالت جامد است
- ۲- گرم کردن القایی یعنی ..... برای گرم شدن قطعات.  
الف) قرار دادن قطعات جوش دادنی در حوزه مغناطیس قوی  
ب) عبور جریان با فرکانس بالا از یک سیم پیچ  
ج) عبور جریان با شدت جریان زیاد از قطعات  
د) عبور جریان با ولتاژ زیاد از سیم پیچ
- ۳- علت کاربرد فراوان نقطه جوش در ساخت بدنه اتومبیل به دلیل ..... است.

- الف) باقی ماندن استحکام کار سرد پس از جوشکاری  
ب) حذف تنش‌های حاصل از قالب زدن قطعات  
ج) از بین بردن سختی و جلوگیری از شکست قطعات  
د) مصرف برق کمتر و ارزش اقتصادی کار
- ۴- چرا جوش نقطه‌ای برای ورق‌های گالوانیزه مناسب نیست؟  
الف) کاهش مقاومت به خوردگی اتصال  
ب) کاهش مقاومت به خوردگی اتصال و آلوده شدن الکترودهای مسی  
ج) ضرورت انجام تمیزکاری روکش ورق‌ها قبل از جوشکاری  
د) تمام موارد

۵- چرا الکترودها و غلتک‌های نقطه جوش در جوشکاری غلتکی از مس و آلیاژهای آن است؟

الف) هدایت الکتریسیته مطلوب      ب) انتقال حرارت مناسب

ج) راحتی در ساخت الکترودها      د) گزینه الف و ب هر دو

۶- با استفاده از کدام تدبیر سرعت عمل و دوام بیشتر الکترودهای جوشکاری مقاومتی تأمین می‌شود.

الف) جوش پیش طراحی      ب) درز جوش غلتکی

ج) جوشکاری القایی      د) جوشکاری سر به سر

۷- در جوشکاری اصطکاکی با به هم مالیده شدن سطوح قطعات ..... را خواهیم داشت.

الف) از بین رفتن نقاط بلند خارج شدن اکسیدها و داغ شدن سطوح

ب) حذف نقاط برجسته و صیقل شدن سطوح تماس

ج) حذف اکسیدهای سطحی و خارج شدن آن‌ها به دلیل نیروی گریز از مرکز

د) از بین رفتن مقاومت الکتریکی و حذف زنگ و اکسید فلزی

۸- در جوشکاری اصطکاکی انرژی ..... به انرژی ..... تبدیل می‌شود.

الف) دورانی - گرما      ب) مکانیکی - گرما

ج) دورانی - مکانیکی      د) مکانیکی - دورانی

۹- در جوشکاری‌های مقاومتی گرمای حاصل Q بر حسب ژول از کدام به دست می‌آید؟

الف) It      ب) KW

ج) RI      د) KRI't

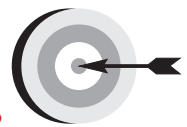
۱۰- جوشکاری مقاومتی کدام گروه مشکل‌تر است؟

الف) نیکل و فولاد کم کربن      ب) فولادهای زنگ‌نزن نیکل دار

ج) مس و آلومینیوم      د) فولادهای ساختمانی



## فصل هشتم



### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. نکات ایمنی را در تمام مراحل انجام کارها رعایت کند.
۲. دستگاه جوشکاری گاز را با رعایت نکات ایمنی آماده به کار نماید.
۳. مشعل جوشکاری را روشن و شعله‌های مختلف تنظیم کند.
۴. نحوه و زمان استفاده از گوشی ایمنی را در کارگاه شرح دهد.
۵. روی ورق فولادی معمولی ذوب سطحی انجام دهد.
۶. درز قطعات ورق فولاد معمولی نازک را با اتصال زاویه خارجی با ذوب لبه‌ها به هم جوش دهد.
۷. روی ورق فولادی گرده جوش ایجاد کند.
۸. قطعات را برای جوشکاری آماده و خال جوش کند.
۹. قطعات را به صورت لب به لب با مفتول به هم جوش دهد.
۱۰. جوش لب به لب ورق فولادی را در کارگاه آزمایش کند.
۱۱. قطعات ورق فولادی را به صورت لب روی هم جوش دهد.
۱۲. اتصال لب روی هم را در کارگاه آزمایش کند.
۱۳. لوله‌های جدار نازک را به هم جوش دهد.
۱۴. ورق‌ها را به صورت اتصال سه پرسی به هم جوش دهد.
۱۵. لوله‌های جدار نازک را به ورق فولادی در حالت سطحی جوش دهد.

## ۸-۱ دستور العمل آماده‌سازی یک دستگاه سیار جوش گاز

قبل از هرگونه عملیات کارگاهی ایمنی عمومی را به طور کامل مطالعه و در مورد تمام نکات آن تدبیر کنید، از لباس کار و وسایل ایمنی فردی مناسب استفاده کنید. ارابه جوشکاری گاز مطابق شکل (۸-۱): وسیله‌ای است که کپسول‌ها در محل مخصوص خودشان قرار گرفته و به وسیله‌ی زنجیر مناسب به ارابه بسته می‌شود و با خم شدن ارابه اتکاء چرخ‌ها به زمین برقرار می‌شود و می‌توان به راحتی آن را جا به جا کرد.



شکل ۸-۱ ارابه مخصوص کپسول دستگاه جوشکاری گاز

### نکته ایمنی

خم کردن بیش از اندازه ارابه به عقب ممکن است باعث سُرخوردن و افزایش سرعت پیشروی شود و قابل کنترل نباشد.

۱- یک کپسول پر اکسیژن و یک کپسول پر استیلن را روی ارابه قرار دهید و با زنجیر کپسول‌ها را ببندید. (شکل ۸-۲)

۲- کلاهک کپسول‌ها را با دست باز کنید و دهانه و پیچ خروجی گازها را با پارچه‌ی نرم مناسب تمیز کنید تا در مجرای خروجی مواد خارجی گرد و خاک وجود نداشته باشد. (شکل ۸-۳) پیچ اتصال کلاهک به کپسول گاهی اوقات در اثر زنگ‌زدگی سفت می‌شود به هیچ‌وجه آن را روغن کاری نکنید.



شکل ۸-۳ کلاهک روی شیر فلکه کپسول



شکل ۸-۲ نحوه بستن و حمل کپسول‌ها



۳- یک رگولاتور اکسیژن را از نظر سلامت ظاهری کنترل کنید و توجه داشته باشید که واشر و یکتوری یا پلاستیکی داخل مهره اتصال به کپسول سالم بوده و در صورت لزوم آن را با واشر نو تعویض کنید، سپس با آچار تمیز که به چربی آلوده نباشد رگولاتور اکسیژن را به کپسول ببندید.

هنگام بستن رگولاتور به کپسول مراقب باشید از نوار تفلن استفاده نشود، روغن کاری نشود، پیچ دنده به دنده بسته نشود و کامل سفت شود. ابتدا شیر خروجی اکسیژن که قبل از محل اتصال رگولاتور به شیلنگ قرار دارد کاملاً ببندید و شیر فلکه کپسول را به آرامی باز کنید و محل اتصال رگولاتور به کپسول جهت کنترل نشتی با آب صابون کنترل کنید و در صورت نشتی، با آچار کمی مهره رگولاتور را سفت کنید و مجدداً آزمایش نشتی انجام گیرد تا رفع نشتی شود.

۴- رگولاتور استیلن را به همین ترتیب به کپسول استیلن ببندید. (شکل های ۴-۸ و ۵-۸)



شکل ۵-۸ نحوه بستن رگولاتور کپسول اکسیژن



شکل ۴-۸ نحوه بستن رگولاتور کپسول اکسیژن

### توجه

مهره رگولاتور استیلن چپ گرد است، چون استیلن یک گاز سوختنی است و این نکته ایمنی در مورد تمام کپسول های گاز قابل اشتعال وجود دارد.

۵- شیلنگ‌های استیلن که دارای رنگ قرمز یا قهوه‌ای و اکسیژن که دارای رنگ سبز یا آبی هستند با طول مناسب (حداقل سه متر) به وسیله‌ی بست مخصوص و توسط پایه سر شیلنگی مطابق شکل (۶-۸) آماده و به کپسول‌های مربوطه وصل کنید.



شکل ۶-۸ کپسول، رگولاتور و شیلنگ هدایت گاز به مشعل

### نکته‌ی ایمنی

- ۱- توجه کنید مهره سر شیلنگی گاز استیلن دارای یک شیار در وسط است و دارای رزوه چپ گرد است که در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت محکم می‌شود.
- ۲- توجه داشته باشید هیچ‌گاه به جای بست مخصوص از سیم آهنی یا مسی برای محکم کردن شیلنگ به سر شیلنگی استفاده نکنید.

۶- سر دیگر شیلنگ‌ها را به مشعل جوشکاری محکم کنید (شکل ۷-۸) و توجه داشته باشید که اکسیژن باید از سوراخ وسط دسته مشعل جریان پیدا کند در زمان وصل کردن شیلنگ اکسیژن به مشعل این موضوع را کنترل کنید.



شکل ۷-۸ محل خروج اکسیژن از دسته مشعل

۷- آزمایش نشستی شیلنگ‌ها و اتصال آن‌ها به مشعل و رگولاتور این گونه است که در شکل (۸-۸) مشاهده می‌کنید همان‌طور که نشان داده شده است با آب صابون کنترل می‌شود برای این آزمایش ابتدا شیرهای گاز روی دسته مشعل را بسته و به آرامی شیر فلکه کپسول اکسیژن را دو دور و شیر فلکه استیلن را نیم دور باز کنید. آچار روی کپسول استیلن بماند سپس تست نشستی انجام شود.

برای شیلنگ‌ها از ظرف آب مطابق شکل (۸-۸-۱) استفاده کنید. در صورت تشکیل حباب، شیلنگ سوراخ شده است و باید نسبت به تعویض آن اقدام شود.



شکل ۸-۸-۱ کنترل سلامت شیلنگ‌ها



شکل ۸-۸ کنترل نشستی

### نکته ایمنی

تعمیر شیلنگ‌ها با نوار چسب و امثال آن هیچ‌گاه مورد تأیید نمی‌باشد و غیر مجاز است.



شکل ۸-۹ نحوه نشستی یابی

با استفاده از تشت آب صابون نیز می‌توان نشستی‌ها را کنترل نمود شکل (۸-۹) و در صورت نشستی نسبت به رفع آن اقدام کنید.

۸- شیر فلکه‌های گاز را بسته و شیلنگ‌ها را جمع‌آوری کنید و محل کار را تمیز کرده و وسایل را به انبار تحویل دهید.

## ۲-۸ دستور العمل روشن و خاموش کردن مشعل

- ۱- با پوشیدن لباس کار، وسایل ایمنی را از انبار تحویل بگیرید و آماده کار شوید.
- ۲- پیچ تنظیم رگولاتور که در زیر آن قرار دارد را کاملاً شل کنید و شیر فلکه کپسول اکسیژن را ابتدا آرام نیم دور و سپس چند دور باز کنید، مانومتر اول فشار کپسول را بر حسب bar یا  $\text{kg/cm}^2$  نشان می‌دهد. شیر خروجی اکسیژن در رگولاتور و شیر خروجی مشعل که دارای رنگ آبی است باز کنید. سپس با گرداندن پیچ تنظیم که در زیر رگولاتور قرار دارد فشار اکسیژن را از روی مانومتر دومی به اندازه ۲ یا ۳ bar تنظیم نمایید. واحد دیگری که ممکن است در رگولاتورها برای تنظیم فشار به کار گرفته شود psi یا پوند بر اینچ مربع است (هر یک بار حدود ۱۴/۲ psi است).
- ۳- شیر کپسول استیلن را با آچار مخصوص نیم دور باز کنید. (شکل ۱۰-۸)



شکل ۱۰-۸ نحوه باز کردن شیر فلکه کپسول استیلن

### توجه

مه‌ره رگولاتور استیلن چپ گرد است، چون استیلن یک گاز سوختنی است و این نکته ایمنی در مورد تمام کپسول‌های گاز قابل اشتعال وجود دارد.

- ۴- فشار گاز استیلن طبق همین روش به اندازه ۰/۵ bar تنظیم کنید.





شکل ۸-۱۱ تنظیم فشار گاز استیلن

### توجه

موقع تنظیم فشار استیلن دقت کنید این عمل نزدیک مشعل روشن و یا شعله دیگر انجام نشود و یا گاز خروجی را در سر مشعل با استفاده از فندک بسوزانید.  
(شکل ۸-۱۱)

۵- دستگاه آماده بهره‌برداری است برای روشن کردن مشعل توجه کنید، سر مشعل شماره ۲ که برای جوشکاری ورق‌های ۲ میلی‌متری است به مشعل بسته شده باشد، در غیر این صورت سر مشعل را عوض کنید. (شکل ۸-۱۲)



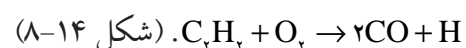
شکل ۸-۱۲ بستن سر مشعل به مشعل

۶- برای روشن کردن مشعل، ابتدا شیر استیلن روی مشعل که دارای علامت زرد رنگ است کمی باز کنید و با شمعک و یا فندک شعله را روشن کنید. شعله زرد رنگ است و کمی دوده دارد، یعنی اکسیژن کافی برای سوختن کامل به شعله نمی‌رسد. اگر کمی گاز را بیشتر باز کنید تا گاز با فشار بیشتر خارج شود هنگام خارج شدن از مشعل هوای خود مخلوط کرده و شعله ای بدون دود و زرد خواهید داشت ولی سوختن باز هم ناقص است. (شکل ۸-۱۳)



شکل ۸-۱۳

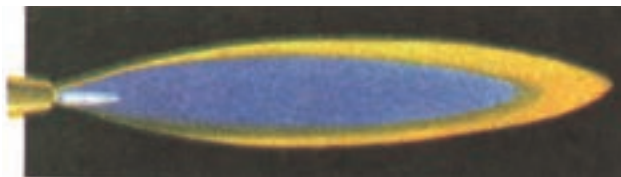
۷- حال چنانچه کمی شیر اکسیژن را باز کنید از آنجایی که فشار خروجی اکسیژن کمتر از استیلن است، **شعله احیاء** که سه قسمتی است تشکیل خواهد شد یعنی:



شکل ۸-۱۴

حال چنانچه به آرامی اکسیژن را کمی بیشتر باز کنید تا میزان فشار خروجی دو گاز برابر شود شعله دو قسمتی می شود و **شعله خنثی** است  

$$C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$$
 و برای جوشکاری مناسب است. (شکل ۸-۱۵)



شکل ۸-۱۵

۸- برای خاموش کردن شعله ابتدا شیر استیلن را بسته و سپس شیر اکسیژن را ببندید تا شعله خاموش شود. (شکل ۸-۱۶)



شکل ۸-۱۶ روش خاموش کردن شعله

۹- بارها شعله را روشن کرده و شعله خنثی تنظیم کرده سپس خاموش کنید تا مهارت پیدا کنید.

۱۰- **شعله اکسیدی** زمانی شکل می گیرد که وقتی شعله خنثی داریم و شعله دو قسمتی است. اگر باز هم اکسیژن اضافه کنیم در این حالت شعله صدا دار شده و نوک مخروط اول تیز می شود این شعله برای جوشکاری مناسب نیست ولی در موارد خاص ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

۱۱- در پایان کار شعله را خاموش کنید، شیر فلکه کپسولها را ببندید، گازهای درون مانومترها را تخلیه کنید و شیلنگها را جمع آوری کنید و ابزار و لوازم را به انبار تحویل دهید و محل کار را تمیز کنید.

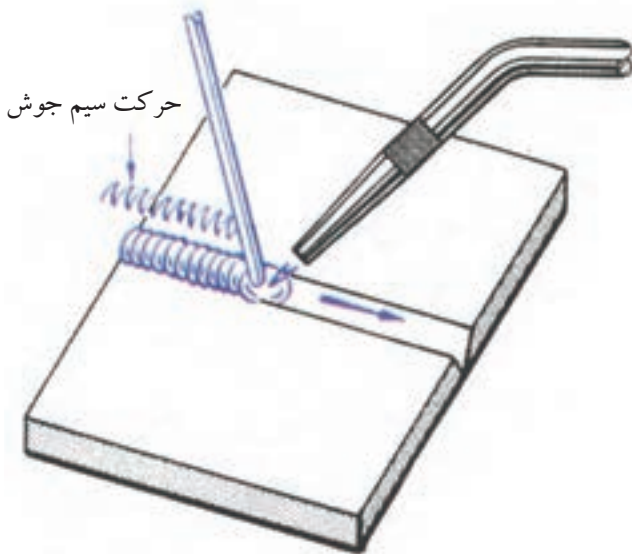


## ● جوشکاری با شعله‌ی گاز در حالت تخت

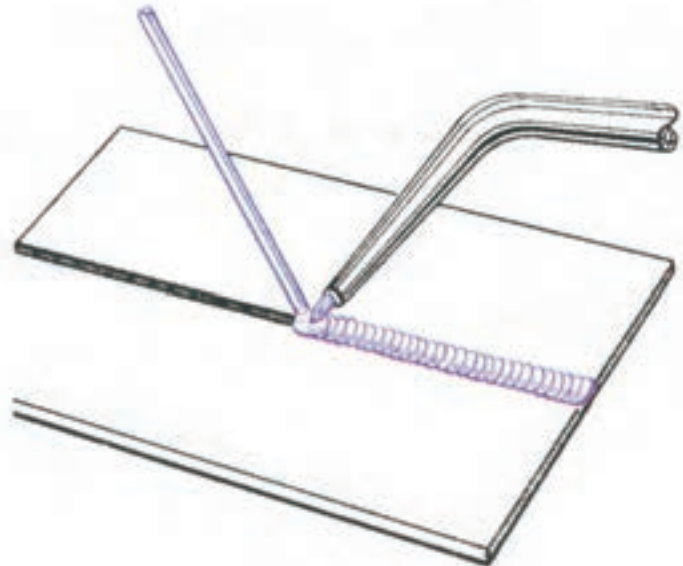
در جوشکاری با شعله و سیم جوش دو روش متفاوت وجود دارد:

۱. روش پیش‌دستی فورهند (Forehand) (شکل ۸-۱۷)

۲. روش پس‌دستی بک‌هند (Backhand) (شکل ۸-۱۸)



شکل ۸-۱۸ روش پس‌دستی



شکل ۸-۱۷ روش پیش‌دستی

این دو روش در اکثر اتصالات و در تمام وضعیت‌ها (سطحی - افقی - عمودی - بالای سر) کاربرد دارد، طراح با توجه به ضخامت قطعات و شکل اتصال و موقعیت و استحکام لازم، یکی از روش‌ها را معرفی و در دستور کار ثبت می‌کند. جوشکاران با تجربه در کارهای تعمیراتی با یکی از دو روش فوق عمل اتصال جوش را انجام می‌دهند.



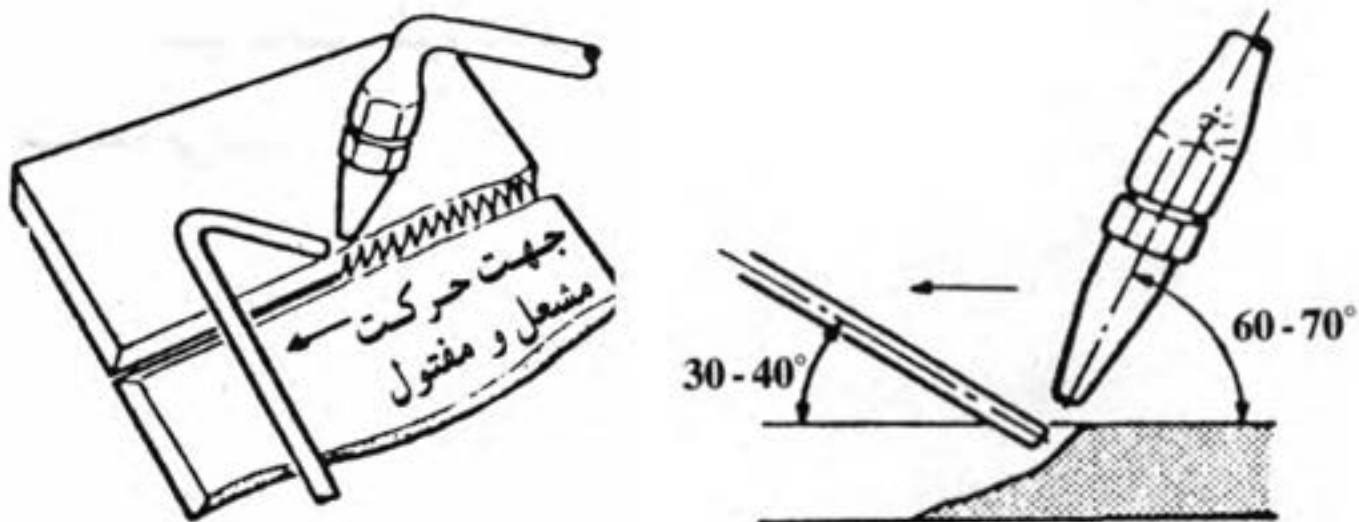
شکل ۸-۱۹ جوشکاری در حالت پیش‌دستی

## ● جوشکاری گاز با روش پیش‌دستی (Forehand)

در این روش سر مشعل و نوک شعله به طرف قسمت جوش نخورده‌ی کار است. در حقیقت لبه‌ی قطعات قبل از ذوب شدن حرارت دیده و پیش گرم شده است.

(شکل ۸-۱۹)

مشعل با حرکت نوسانی و موجی مطابق آنچه که در شکل (۸-۲۰) مشاهده می‌شود، و با حرارت متمرکز شعله، که در فاصله‌ی ۳ تا ۵ میلی‌متری نوک شعله‌ی اول قرار دارد، و تحت زاویه‌ی مناسب شعله نسبت به کار، حوضچه‌ی مذاب، تشکیل و لبه‌های کار ذوب شده و با مذاب سیم جوش فلز جوش را به وجود می‌آورد که در اصطلاح به آن گرده جوش می‌گوییم.



شکل ۸-۲۰: زوایای مشعل جوشکاری در جوشکاری با شعله گاز

### ● حرکت مشعل و مفتول در جوشکاری تخت

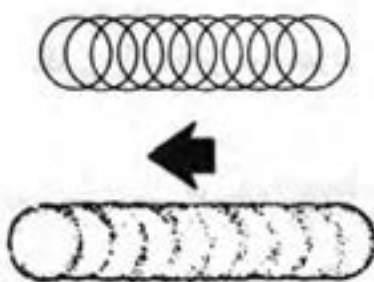
مشعل و مفتول در جوشکاری به گونه‌های مختلف توسط جوشکار هدایت می‌شود.

این حرکت‌ها به طور عمده عبارتند از:

(الف) حرکت زیگزاگی مشعل

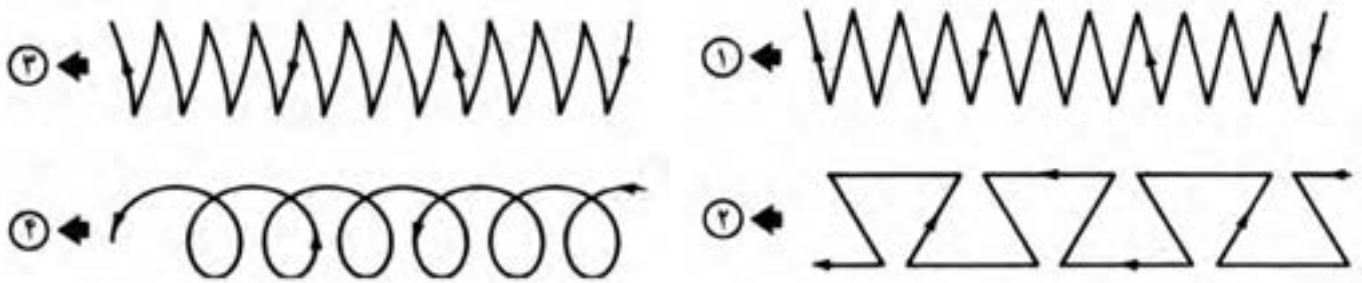
(ب) حرکت رفت و برگشتی مشعل

(ج) حرکت دورانی، (شکل ۸-۲۱)



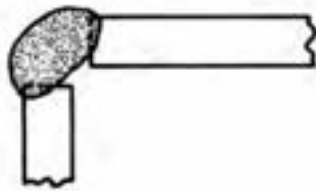
شکل ۸-۲۱: جوش حاصل از حرکت دورانی مشعل

با این روش، قطعات و ورق‌های نازک فولادی را به راحتی می‌توان جوشکاری نمود.  
(شکل ۱-۲۱-۸)

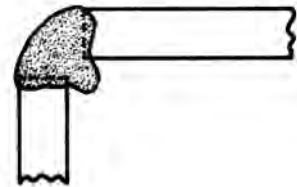


شکل ۱-۲۱-۸ روش‌های مختلف هدایت مشعل

با این حرکات لبه‌های کار ذوب شده و سیم جوش در محل درز به لبه‌ها اضافه می‌شود و گرده جوش را به وجود می‌آورد. ولی برای جوشکاری قطعات ضخیم که جوش باید نفوذ کافی داشته باشد مناسب نیست. (نفوذ ناکافی و بیش از اندازه در شکل ۲۲-۸) مشاهده می‌شود).



نفوذ ناکافی



نفوذ اضافی

شکل ۲۲-۸

انتخاب سر مشعل در جوشکاری گاز به ضخامت قطعات جوش دانی بستگی دارد که در جدول (۸-۱) مشخصات آنها آمده است.

جدول ۸-۱ مشخصات سر مشعل و فشار گازها بر حسب ضخامت ورق فولادی

مصرف استیلین فوت مکعب در ساعت		فشار گاز				اندازه‌ی افشاکتک		ضخامت ورق فولادی (in)
		مشعل فشار مساوی		مشعل انژکتور		شماره سوراخ	قطر سوراخ (in)	
		اکسیژن	استیلین	اکسیژن	استیلین			
۱	تا	۱	۱	۵-۷	۵	۷۴	۰/۰۲۲۵	۰/۰۱
۱	تا	۱	۱	۷-۸	۵	۷۰	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۶
۱	تا	۱	۱	۷-۱۰	۵	۷۰	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۹
	$\frac{1}{2} - 2$	۲	۲	۷-۱۸	۵	۶۵	۰/۰۳۵۰	$\frac{1}{32}$
	۱-۴	۳	۳	۸-۲۰	۵	۵۶	۰/۰۴۶۵	$\frac{3}{4}$
	۴-۶	۴	۴	۱۵-۲۰	۵	۵۶-۵۴	۰/۰۴۶۵-۰/۰۵۵۰	$\frac{1}{16}$
	۶-۱۰	۴	۴	۱۲-۲۴	۵	۵۴-۵۳	۰/۰۵۵۰-۰/۰۵۹۵	$\frac{3}{32}$
	۱۰-۱۷	۵	۵	۱۶-۲۵	۵	۵۳-۵۰	۰/۰۵۹۵-۰/۰۷۰۰	$\frac{1}{8}$
	۱۷-۳۰	۶	۶	۲۰-۲۹	۵	۵۰-۴۶	۰/۰۷۰۰-۰/۰۸۱۰	$\frac{3}{16}$
	۳۰-۴۵	۷	۷	۲۴-۳۳	۵	۴۶-۴۴	۰/۰۸۱۰-۰/۰۸۶۰	$\frac{1}{4}$
	۴۰-۶۰	۸	۸	۲۹-۳۴	۵	۴۰	۰/۰۹۸۰	$\frac{3}{8}$
	۵۰-۷۵	۹	۹	۳۰-۴۰	۵	۳۰	۰/۱۲۸۵	$\frac{1}{2}$
	۶۵-۱۰۰	۱۰	۱۰	۳۰-۴۰	۵	۳۰-۲۹	۰/۱۲۸۵-۰/۱۳۶۰	$\frac{5}{8}$
	۸۵-۱۴۰	۱۲	۱۲	۳۰-۴۲	۵	۲۳	۰/۱۵۴۰	۱

## ● انتخاب مفتول مناسب نسبت به ضخامت قطعه کار

همان‌طور که سر مشعل با توجه به ضخامت قطعه کار تعیین می‌شود قطر مفتول نیز تابع ضخامت ورق مورد جوشکاری می‌باشد و قطر آن را به اندازه‌ی یک میلی‌متر بیشتر از نصف ضخامت ورق در نظر می‌گیرند.  
به عبارت دیگر خواهیم داشت:

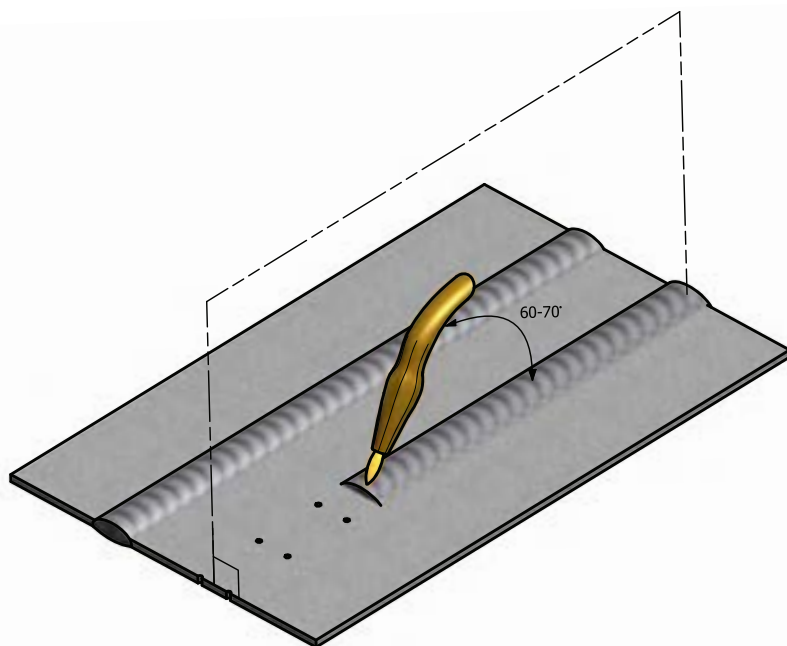
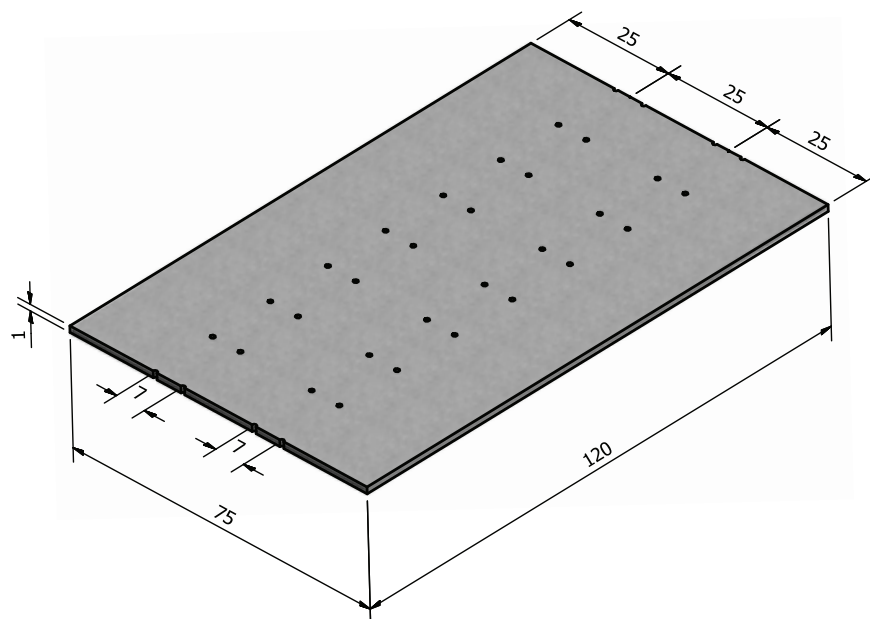
$$d = \frac{e}{2} + 1\text{mm}$$

که در این رابطه،  $d$  قطر مفتول و  $e$  ضخامت ورق جوش دادنی بر حسب میلی‌متر است. به جدول (۲-۸) در این خصوص توجه فرمایید. البته ناگفته نماند که قطر مفتول از حد معینی نمی‌تواند تجاوز کند، چون به راحتی ذوب نمی‌شود؛ به علاوه سرعت جوشکاری هم از حد معینی نمی‌تواند تجاوز کند، در نتیجه استفاده از مفتول با قطر بیشتر غیر ممکن است.

جدول ۲-۸ وابستگی عوامل گوناگون به ضخامت ورق برای جوش لب به لب در وضعیت سطحی

مواد مصرفی در یک متر جوشکاری			سرعت جوش به متر بر ساعت	زمان برای یک متر جوشکاری به دقیقه	قطر مفتول به میلی‌متر	شماره‌ی پستاتک مشعل	ضخامت ورق به میلی‌متر
مفتول به گرم	گاز اکسیژن به لیتر	گاز استیلن به لیتر					
۲۰	۱۰	۸/۵	۱۲	۵	۲	۱۰۰	۱
۳۵	۲۲	۱۹	۸	۷/۵	۲	۱۴۰	۱/۵
۵۰	۴۲	۳۵	۶	۱۰	۳	۲۰۰	۲
۶۵	۵۷	۴۸	۴/۷	۱۲	۳	۲۵۰	۲/۵
۹۰	۹۰	۷۵	۴	۱۵	۳	۳۱۵	۳

### ۳-۸ ذوب سطحی روی ورقی از جنس فولاد معمولی



	۱۲۰×۷۵×۱/۵	St ۳۷	۱	فولاد معمولی	۱
ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره کار
شماره‌ی نقشه ۲-۹				نام قطعه کار:	مقیاس ۱:۱
مدت: ۸ ساعت				هدف‌های آموزشی: ذوب سطحی ورق فولاد معمولی	تولرانس خشن



### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	تجهيزات کامل جوش اُکسی استیلن	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱۰۰	یک تا دو میلی متر	یک عدد
۳	انبردست	بدون عایق	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۶	خط کش فلزی	۳۰ سانتی	یک عدد
۷	سنه نشان	فولادی متوسط	یک عدد
۸	فندک جوشکاری	معمولی	یک عدد
۹	چکش ساده	۳۰۰ گرمی	یک عدد
۱۰	سوزن خط کش	فولادی	یک عدد

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	پیش بند	چرمی	یک عدد
۲	دست کش	چرمی	یک عدد
۳	عینک	با شیشه‌ی مناسب	یک عدد
۴	کلاه	نوع سبک	یک عدد
۵	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۶	لباس کار مناسب	اندازه‌ی بدن	یک دست

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق آهن معمولی	۱۲۰×۷۵×۱	۴ عدد	۳ عدد برای تمرین
۲	گاز اکسیژن	فشار تنظیمی ۲-۳ bar ۲-۳ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ اکسیژن	از کپسول اکسیژن یا خط لوله گاز
۳	گاز استیلن	فشار تنظیمی ۰/۵-۱ bar ۰/۵-۱ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ استیلن	از کپسول یا خط لوله گاز استیلن

### نکات ایمنی!

- ۱- قبل از روشن کردن مشعل از عدم نشستی در اتصالات گاز استیلن اطمینان پیدا کنید.
- ۲- هنگام جوشکاری از عینک تیره مناسب شماره ۵ استفاده کنید.
- ۳- در اطراف جوشکاری گاز یا مایع یا جسم جامد قابل اشتعال وجود نداشته باشد.
- ۴- قطعات مورد جوشکاری همیشه داغ است آن‌ها را با انبر جابه‌جا کنید.
- ۵- با دست چرب یا دستکش چرب به اتصالات اکسیژن دست نزنید که خطر انفجار دارد.

### ۳-۸ ذوب سطحی روی ورق از جنس فولادی معمولی (کار شماره ۱)

مراحل انجام کار:

۱- لباس کار پوشیده و آماده به کار شوید.

۲- وسایل ایمنی فردی و ابزار کار مطابق با آنچه که مشاهده می کنید از انبار تحویل بگیرید.

۳- با استفاده از نقشه قطعه کار را خط کشی کرده سنبه نشان بزنید.

۴- کار را روی میز کار قرار دهید استفاده از زیر کار مناسب که زیر خطوط ذوب خالی باشد الزامی است.

۵- با توجه به جدول (۲-۸) سر مشعل مناسب انتخاب کنید.

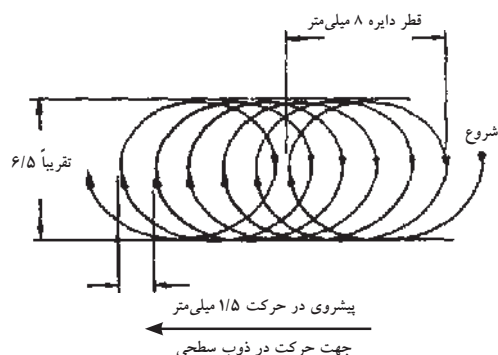
۶- شعله خنثی مناسب را تنظیم کنید دقت کنید شعله اکسیدی نباشد.

۷- شعله را در ابتدای خطوط بین دو خط سنبه نشان تحت زاویه  $70^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  به کار نزدیک کنید و نوک مشعل به اندازه ۳ تا ۵ میلی متر کار قرار گیرد چون بیشترین گرما در این محدوده است. (شکل ۲۴-۸)

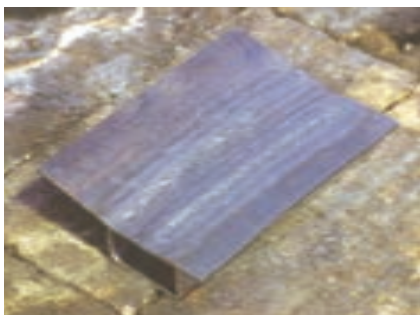
۸- ابتدا حوضچه مذاب ایجاد کنید و مطابق شکل مشعل را به آرامی دوران دهید و مذاب را به جلو هدایت کنید به نحوی که مذاب در جلوی نوک مشعل باشد. سرعت پیشروی و پهناي حوضچه مذاب باید کنترل شود. (شکل ۲۵-۸)



شکل ۲۴-۸ چگونگی قرار گرفتن مشعل در ذوب سطحی



شکل ۲۵-۸ چگونگی ایجاد ذوب سطحی



شکل ۸-۲۶ کار ذوب سطحی تمام شده

۹- سایر خطوط سنبه نشان را مانند همین خط ذوب کنید و در صورت مشکل از مری به خود کمک بگیرید.

۱۰- پس از ذوب سطحی تمام خطوط کار را برس بزنید و آن را برای ارزیابی و راهنمایی به مری تحویل دهید و آن قدر تمرین کنید تا ضمن این که ورق سوراخ نشود از پشت ورق برآمدگی حاصل از ذوب سطحی رؤیت شود. (شکل ۸-۲۶)

۱۱- برای تمرین بیشتر از قسمت‌های بین خطوط ایجاد شده استفاده کنید.

### توجه

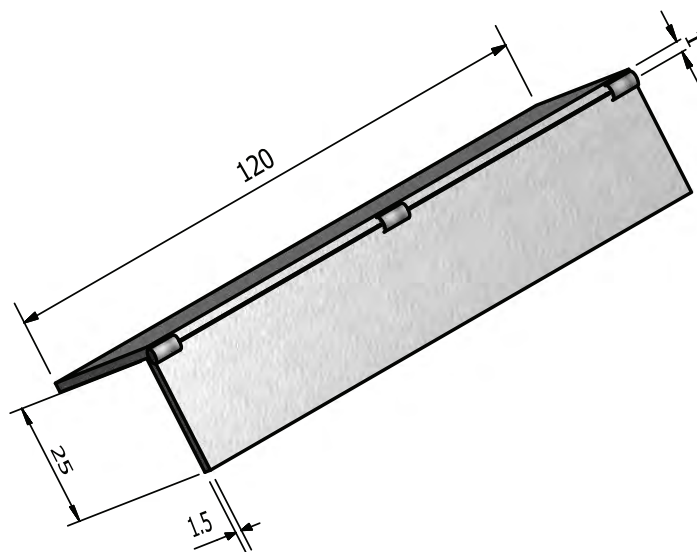
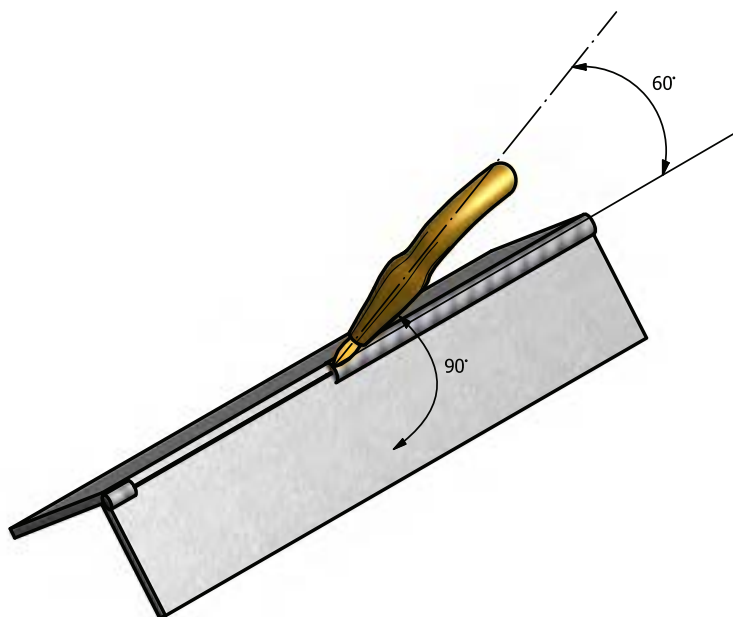
تنظیم شعله‌ی خنثی بدون هیچ اکسیژن اضافی به سوراخ نشدن کار کمک می‌کند.

۱۲- در پایان شعله را خاموش کرده، فلکه کپسول‌های گاز یا شیر خط لوله‌های گاز را ببندید، شیلنگ‌ها را جمع‌آوری و محل کار را تمیز کنید و وسائل را به انبار تحویل دهید. (شکل ۸-۲۷)



شکل ۸-۲۷ جمع کردن شیلنگ‌ها

## ۴-۸ جوشکاری زاویه خارجی بدون مفتول (کار شماره ۲)



	۱۲۰×۲۵×۱/۵	St ۳۷	۲	فولاد معمولی	۲
ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره‌ی نقشه ۲-۱۱				نام قطعه کار: تمرینی	مقیاس ۱:۱
مدت: ۲ ساعت				هدف‌های آموزشی: ذوب گوشه بدون مفتول	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	تجهیزات کامل جوش اُکسی استیلن	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱۰۰	یک تا دو میلی متر	یک عدد
۳	انبردست معمولی	بدون عایق	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	چکش معمولی	۳۰۰ گرمی	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	ملاحظات
۱	ورق فولاد معمولی	۱۲۰×۲۵×۱۱۰ میلی متر	St ۳۷
۲	گاز اکسیژن	فشار تنظیمی ۲-۳ bar ۲-۳ kg/cm <sup>۲</sup>	در کپسول یا خط لوله گاز اکسیژن
۳	گاز استیلن	فشار تنظیمی ۰/۵-۱ bar ۰/۵-۱ kg/cm <sup>۲</sup>	از کپسول یا خط لوله گاز استیلن

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار مناسب	اندازه ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه ی پا	یک جفت
۳	کلاه ایمنی	نوع سبک	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب	یک عدد

### نکات ایمنی!

۱- در جا به جا کردن کپسول استیلن نکات ایمنی را رعایت کنید.

۲- قبل از شروع جوشکاری شیلنگ ها و شیر فلکه ی کپسول را از نظر آب بندی کنترل کنید.

۳- توجه داشته باشید از ابه ی مجهز به کپسول های گاز، در کنار بخاری و شوفاژ و در معرض گرمای شدید آفتاب قرار نگیرد.

۴- از پوشیدن لباس کار نایلونی و استفاده از دستکش لاستیکی موقع جوشکاری پرهیز کنید.

## ۴-۸ کار شماره ۲ جوشکاری زاویه خارجی بدون مفتول

۱- لباس کار پوشیده و آماده به کار شوید. (شکل ۸-۲۸)

### توجه

هیچگاه نباید از لباس کار نایلونی و دست کش لاستیکی برای جوشکاری استفاده شود.

۲- وسائل لازم ایمنی و ابزار کار را تحویل بگیرید.

۳- برای جفت کردن لبه‌ها به صورت زاویه خارجی مطابق شکل (۸-۲۹) عمل کنید.



شکل ۸-۲۸ پوشیدن لباس کار و سایر لوازم ایمنی فردی



شکل ۸-۲۹ نحوه خال جوش زدن با استفاده از قطعه کمکی

### نکته‌ی ایمنی

موقع خال جوش زدن قطعات به هم مواظب سر و صورت خود و اطرافیان باشید تا از گرمای زیاد و شعله‌ی اُکسی استیلن در امان باشید.

۴- مشعل را روشن و با ذوب کردن لبه‌های کار دو قطعه را به هم اتصال دهید.



۵- قطعات خال جوش خورده را برداشته و لبه‌ی دیگر را مطابق شکل (۸-۳۰) با استفاده از انبر دست به هم خال جوش کنید.

۶- با ذوب کردن لبه‌ها و به جلو بردن مذاب روی گوشه کار قطعات را به هم جوش دهید شکل (۸-۳۱) و به مربی نشان داده و راهنمایی شوید.



شکل ۸-۳۱



شکل ۸-۳۰ روش خال جوش زدن

۷- آنقدر تمرین کنید که مهارت کافی به دست آورید.

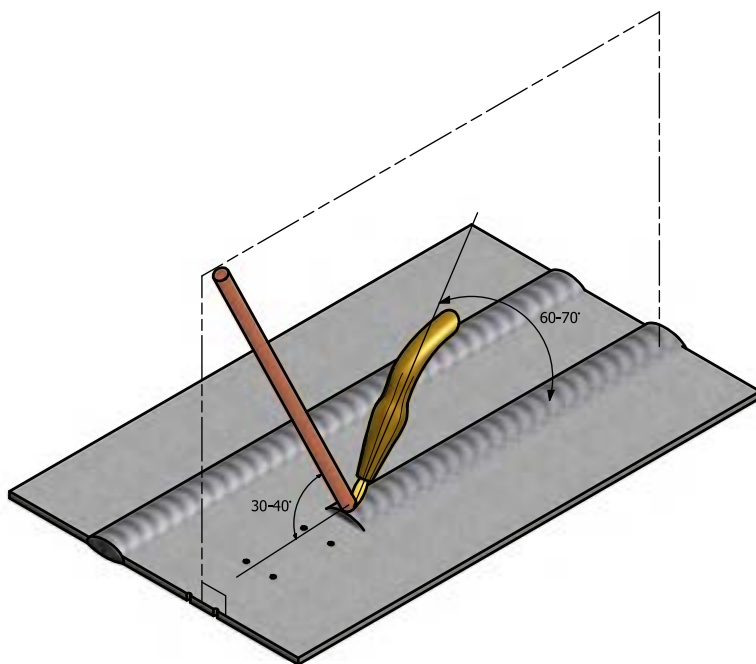
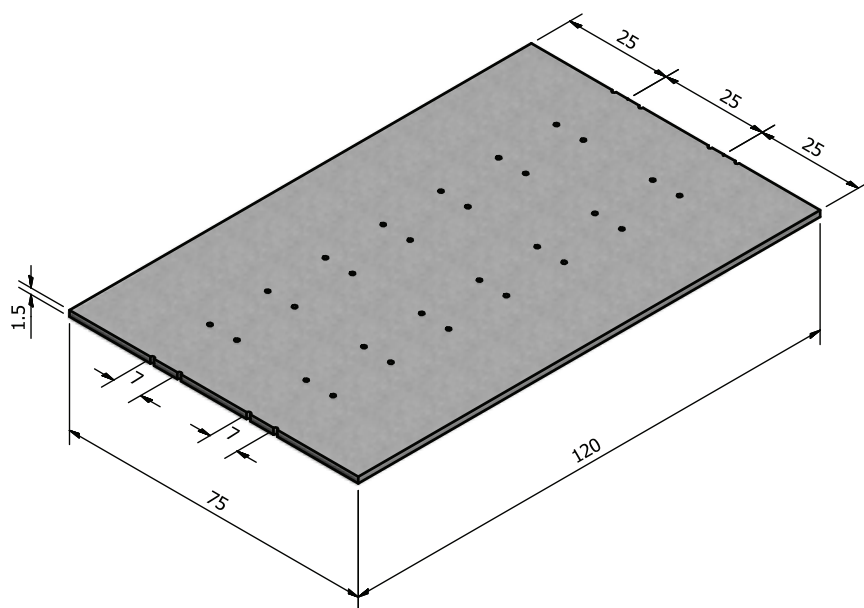
۸- پس از سرد شدن قطعه کار جوش داده شده با برس سیمی سطح و اطراف گوشه کار که جوش خورده را تمیز کنید و جهت ارزیابی به مربی تحویل دهید. (شکل ۸-۳۲)



شکل ۸-۳۲ کار ذوب گوشه تمام شده

۹- ابزار و وسائل کار را جمع آوری، محل کار را تمیز کرده، شیلنگ‌های گاز را جمع، شیر فلکه کپسول‌ها را بسته، گازهای درون مسیر شیلنگ‌ها را تخلیه و وسایل ایمنی و ابزار را به انبار تحویل دهید (یا در جای خود قرار دهید).

۵-۸ دستور العمل ایجاد گرده جوش روی ورق فولادی (کار شماره ۳)



ملاحظات	۱۲۰×۷۵×۱/۵	St ۳۷	۴	فولاد معمولی	۳
شماره‌ی نقشه ۲-۱۴	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
مدت: ۸ ساعت				نام قطعه کار: تمرینی	مقیاس ۱:۱
				هدف‌های آموزشی: تمرین ایجاد گرده جوش	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	تجهیزات کامل جوش اُکسی استیلن	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱۰۰	یک تا دو میلی متر	یک عدد
۳	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک سری
۴	انبردست	بدون عایق	یک عدد
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	چکش معمولی	۳۰۰ گرمی	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولاد معمولی	۱۲۰×۷۵×۱/۵ میلی متر	۴ عدد	سه عدد برای تمرین
۲	سیم جوش	مسوار با قطر ۲ میلی متر	۴ عدد	۹۰ سانتی
۳	گاز اکسیژن	با فشار ۲-۳ bar ۲-۳ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله‌ی گاز اکسیژن
۴	گاز استیلن	با فشار ۰/۵-۱ bar ۰/۵-۱ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله گاز استیلن

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار مناسب	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	دستکش	چرمی	یک جفت
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب	یک عدد

### نکات ایمنی!

- ۱- قبل از باز کردن شیر فلکه کپسول پیچ تنظیم زیر رگولاتور را شل کنید.
- ۲- از پیش بند مناسب با بندهای سالم استفاده کنید و بندها را پشت گردن و پشت کمر درست به هم ببندید.
- ۳- برای جا به جا کردن قطعات گرم از انبردست استفاده کنید.
- ۴- قبل از باز کردن شیر استیلن برای ایجاد شعله از سالم بودن فندک جوشکاری اطمینان حاصل کنید.
- ۵- موقع جوشکاری مواظب دست و لباس اطرافیان باشید.
- ۶- با شعله‌ی روشن مشعل را روی میز کار رها نکنید.

## ۵-۸ دستورالعمل ایجاد گرده جوش روی ورق فولادی کار شماره ۳

۱- به لباس کار و وسائل ایمنی فردی مجهز شوید.

۲- ورق آهن مطابق نقشه تهیه کنید و خط کشی های لازم را انجام داده و سنبه نشان

بزنید.

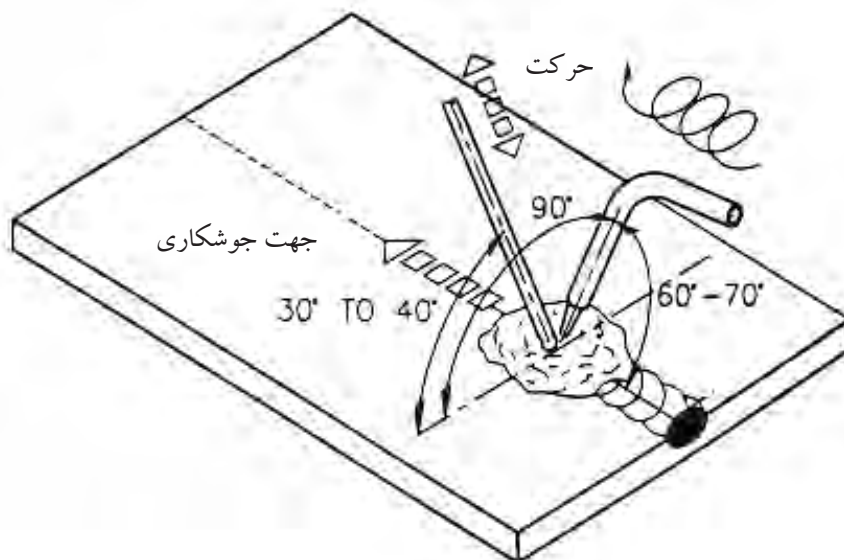
جدول اندازه‌ی پستانک و قطر مفتول با توجه به ضخامت ورق

زمان برای یک متر جوشکاری min	مواد مصرفی برای یک متر جوشکاری			قطر مفتول mm	شماره‌ی پستانک —	ضخامت ورق mm
	مفتول gr	گاز اکسیژن lit	گاز استیلن lit			
۵	۲۰	۱۰	۸	۲	۱۰۰	۱
۷/۵	۳۵	۲۲	۱۹	۲	۱۴۰	۱/۵
۱۰	۵۰	۴۲	۳۵	۳	۲۰۰	۲
۱۲	۶۵	۵۷	۴۸	۳	۲۵۰	۲/۵
۱۵	۹۰	۹۰	۷۵	۳	۳/۵	۳

۳- مشعل و سر یک شماره ۲ را برای تنظیم شعله خنثی آماده کنید.

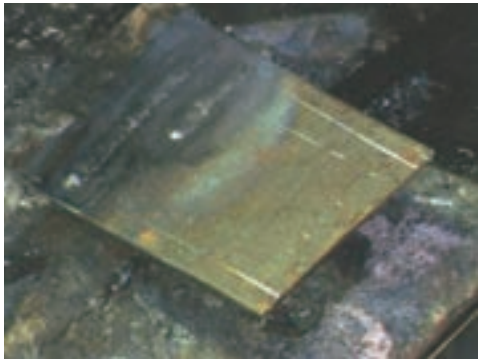
۴- کار را روی میز قرار دهید و در ابتدای یکی از خطوط، حوضچه مذاب ایجاد کنید.

(شکل ۳۷-۸)

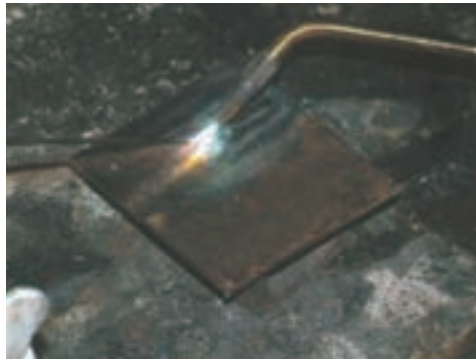


شکل ۳۷-۸ ایجاد گرده جوش با مفتول

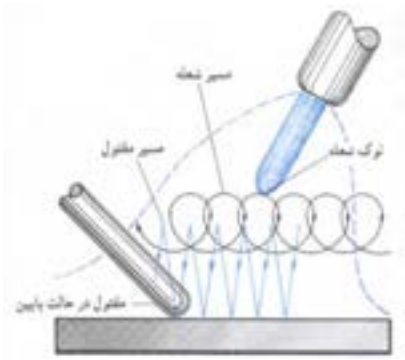
۵- تحت زاویه  $40^{\circ}$  تا  $30^{\circ}$  سیم جوش را در محل ذوب شده کار قرار دهید تا قسمتی از آن ذوب شود و با حرکت دادن مشعل و سیم جوش مطابق شکل (۸-۳۸) گرده جوش مناسب ایجاد کنید. (شکل های ۸-۳۹ و ۸-۴۰)



شکل ۸-۴۰ جوشکاری با مفتول انجام شده است



شکل ۸-۳۹ جوشکاری با مفتول



شکل ۸-۳۸ چگونگی حرکت مشعل و مفتول در جوشکاری

۶- خط جوش را کامل کنید و در وسط خط جوش ها باز هم گرده جوش ایجاد کنید تا به مهارت کافی برسید. (شکل ۸-۴۱)



شکل ۸-۴۱ جوشکار در حال جوشکاری با سیم جوش

- ۷- برای تحویل کار به مربی، یک قطعه کار با دو خط گرده جوش کافی است.
- ۸- کار را بُرس بزنید و جهت بررسی به مربی تحویل دهید.
- ۹- بررسی شامل: یکنواختی خط جوش، برجستگی مناسب و درگیر شدن مذاب گرده جوش با مذاب سطح کار و یکسانی پهنای جوش در تمام طول جوش خواهد بود.
- ۱۰- محل کار را تمیز، شیلنگ‌ها را جمع‌آوری کرده و وسایل را به انبار تحویل دهید.



## ۸-۶ آماده‌سازی لبه کار و خال جوش زدن قطعات کار

برای این که یک اتصال جوشکاری شده مطلوب داشته باشیم و برای خود اعتماد و اطمینان به عمل آوریم باید نکات زیر را اجرا و رعایت کنیم:

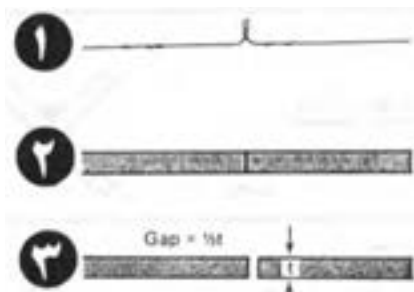
۱- تمیز بودن سطح کار و محل‌های نزدیک به اتصال و درز اولین اقدام است این عمل با برس دستی و یا وایر برس انجام می‌شود. (شکل ۸-۴۲)

۲- در ترمیم روی قطعات برس خورده و انجام جوشکاری‌های پوششی باید تمام سطوحی که باید با جوشکاری ترمیم شود و عاری از اکسید و زنگ باشد. به طور کلی محلی که باید ذوب شود باید به اندازه کافی و رسیدن تا سفیدی و براق شدن فلز تمیز شوند.

۳- در جوشکاری که برای اتصال قطعات انجام می‌شود باید لبه‌های کار با توجه به ضخامت قطعات آماده‌سازی و لبه‌سازی شود در شکل (۸-۴۳) اندازه ضخامت و نوع لبه‌سازی آمده است. (جدول ۸-۳) و (جدول ۸-۴)

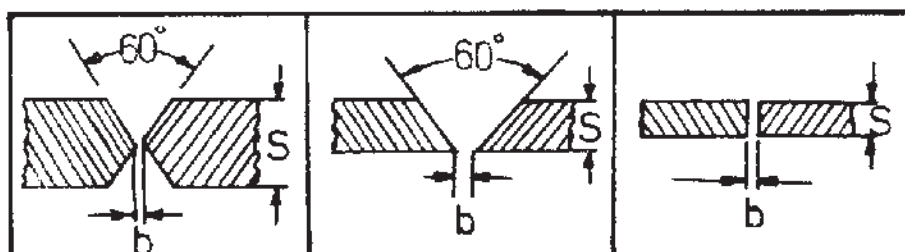


شکل ۸-۴۲ تمیز بودن سطح کار و لبه‌های کار الزامی است



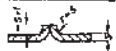

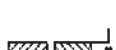
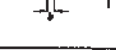


شکل ۸-۴۳ چگونگی اتصالات سر به سر با توجه به ضخامت

### جدول ۸-۳ آماده کردن صحیح لبه کار و سیم جوشکاری نسبت به ضخامت قطعه کار



												S	
۲۰	۱۵	۱۲	۱۲	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰/۵	ضخامت ورق به میلیمتر
									۲۲				b
	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۰/۵	-	پهنای شکاف به میلیمتر
	۵												d
	۶	۵	۵	۵	۴	۴	۳	۳	۳	۲	۲	۲	قطر سیم جوشکاری به میلیمتر
	۶												

جدول ۴-۸ تهیه درزهای مختلف در جوشکاری گاز طبق دین ۸۵۵۱

ملاحظات	فاصله و زاویه در قطعه			مقطع شکل درز	علامت درز	نام درز	ضخامت ورق	ردیف
	بلندی درز h	فاصله دو قطعه b	زاویه درز $\alpha$					
بدون مفتول	—	—	—		سا	لبه دار	تا ۱/۵ میلیمتر	۱
—	—	—	—			لبه به لب یا سر به سر	تا یک میلیمتر	۲
هیزمان دو طرف را باید جوش داد.	—	۱-۲	—			لبه به لب	۱-۲ تا ۸ یک طرفه ۵ تا ۱۰ دوطرفه	۳
دقت شود لیمهای بایس خوب ذوب شود و ریشه نفوذ داشته باشد.	—	۳ تا ۴ میلیمتر	۶۰°		V	چنانچه	۳-۱۲ میلیمتر	۴
حتماً باید پس‌مستی جوش داده شود همچنین هیزمان دو طرف را جوش داد.	۳/۴	۴ میلیمتر	۵۰°		X	چنانچه دوطرفه	بالای ۱۲ میلیمتر	۵
	۵	—	۶۰°		M	چنانچه پیشانی	از ۳ میلیمتر بالاتر	۶

۴- در اتصالات جوشکاری باید ذوب به اندازه کافی نفوذ داشته باشد، یعنی جوش به طرف دوم کار (پشت کار) نفوذ کند، لذا در مورد قطعات ضخیم پخ‌سازی (لبه‌سازی) لازم است که با فرم‌ها و شکل‌های خاص اجرا می‌شود.  
در این خصوص فرم‌های خاص استاندارد شده است که در کتاب جوشکاری سال سوم لبه‌سازی بر اساس استاندارد AWS آمده است.

۵- پس از پایان جوشکاری لازم است جرقه‌ها و اکسید شدگی‌ها با بُرس سیمی به طور کامل تمیز شوند. در صورتی که از فلاکس یا تنه کار استفاده شده آنرا از سطح و اطراف جوش پاک کنند تا خوردگی اتفاق نیفتد. (شکل ۴۴-۸)



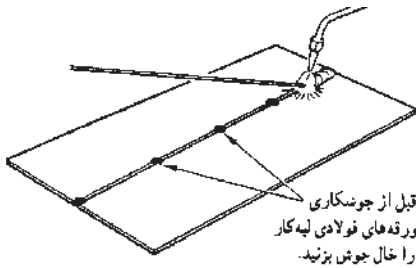
شکل ۴۴-۸ روش بُرس زدن روی خط جوش

## ۱-۶-۸ کار شماره ۴ خال جوش زدن قطعات با استفاده از سیم جوش

۱- قبل از جوشکاری لازم است: قطعات با هم یکپارچه شوند و با خال جوش یا گیره‌های مناسب به هم وصل شوند تا در حین جوشکاری بر اثر حرارت حاصل از جوش تغییر شکل ندهند.

۲- دو قطعه را که می‌خواهیم به هم به صورت لب به لب جوش دهیم کنار هم قرار دهید در صورت لزوم از گیره یا بست مناسب استفاده کنید.

۳- سیم جوش مناسب انتخاب کنید. قطر سیم جوش را از رابطه  $d = \frac{e}{4} + 1$  به دست می‌آید که در آن  $e$  ضخامت ورق است. سر مشعلی که برای جوشکاری همان کار استفاده می‌شود به کار ببرید. (شکل ۸-۴۵)



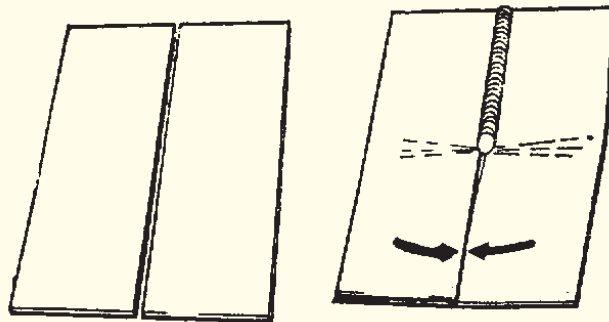
شکل ۸-۴۵

۴- برای خال جوش زدن ابتدا قطعات کار را با فاصله درز مناسب کنار هم قرار دهید و سپس شعله را روشن و در ابتدا لبه‌ها را ذوب کنید و سیم جوش را در وسط حوضچه جوش قرار دهید تا کمی از آن ذوب شود و قطعات به هم وصل شوند فاصله خال جوش‌ها از هم به اندازه ۳۰ برابر ضخامت قطعات است.

۵- در صورت پیچیدگی کار را با چکش چوبی یا فلزی مناسب صاف می‌کنیم تا قطعات کار به هم فیکس شوند و کار برای جوشکاری آماده شود.

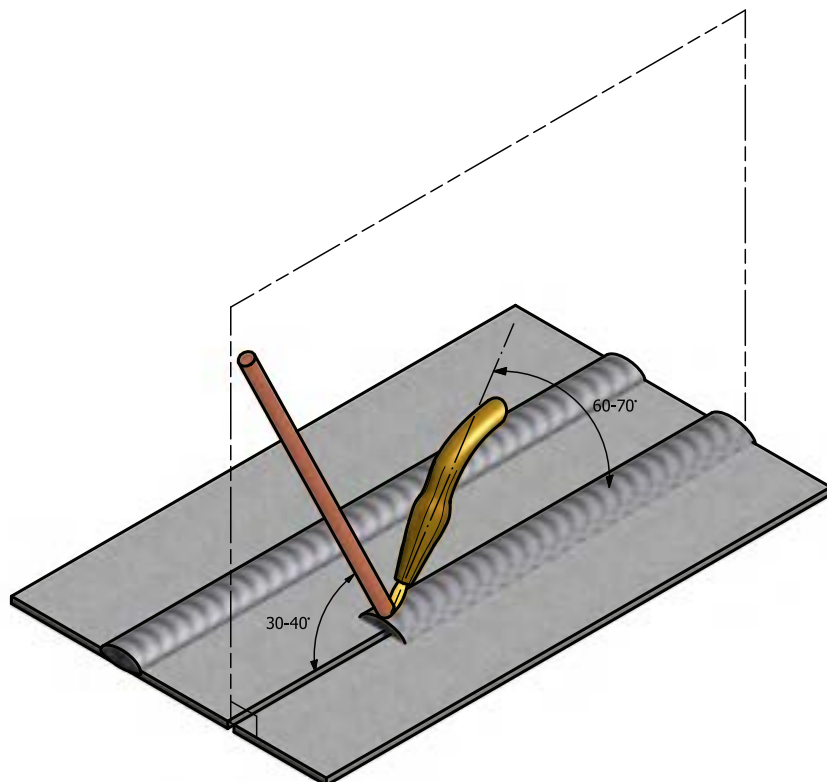
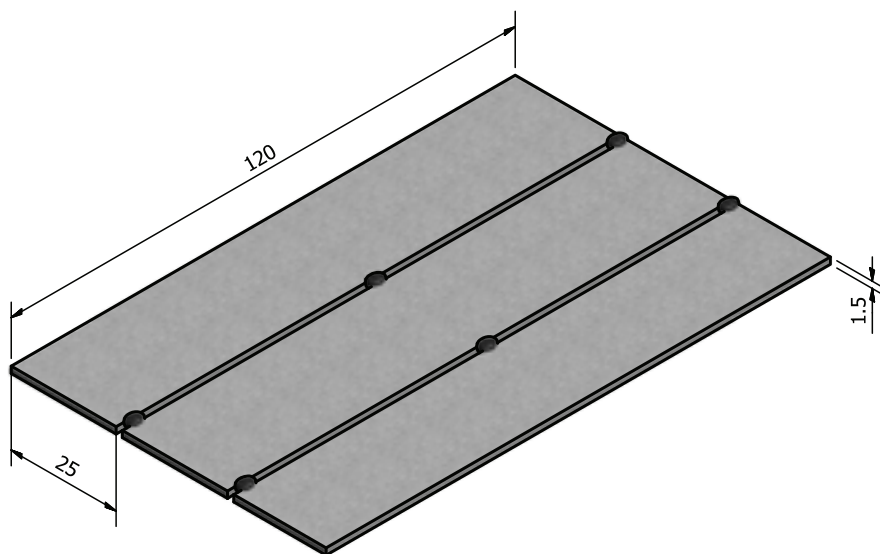
### توجه

در صورتی که قطعات به هم خال جوش نشوند و از یک طرف شروع به جوشکاری کنیم مطابق شکل (۸-۴۶) کار روی هم سوار می‌شود.



شکل ۸-۴۶

۷-۸ دستورالعمل جوشکاری لب به لب ورق های فولادی (کار شماره ۵)



ملاحظات	۱۲۰×۲۵×۱/۵	St ۳۷	۳	فولاد معمولی	۵
شماره‌ی نقشه	اندازه قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
مدت: ۸ ساعت				نام قطعه کار: تمرینی	مقیاس ۱:۱
				هدف‌های آموزشی:	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	تجهیزات کامل جوش اُکسی استیلن	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱۰۰	یک تا دو میلی متر	یک عدد
۳	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک سری
۴	انبردست	بدون عایق	یک عدد
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	چکش معمولی	۳۰۰ گرمی	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولاد معمولی	۱۲۰×۲۵×۱/۵ میلی متر	۴ عدد	سه عدد برای تمرین
۲	سیم جوش	مسوار با قطر ۲ میلی متر	۴ عدد	۹۰ سانتی
۳	گاز اکسیژن	با فشار ۲-۳ bar ۲-۳ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله‌ی گاز اکسیژن
۴	گاز استیلن	با فشار ۰/۵-۱ bar ۰/۵-۱ kg/cm <sup>۲</sup>	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله گاز استیلن

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار مناسب	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	دستکش	چرمی	یک جفت
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۶	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب	یک عدد

### نکات ایمنی!

- ۱- قبل از باز کردن شیر فلکه کپسول پیچ تنظیم زیر رگولاتور را شل کنید.
- ۲- از پیش بند مناسب با بندهای سالم استفاده کنید و بندها را پشت گردن و پشت کمر درست به هم ببندید.
- ۳- برای جا به جا کردن قطعات گرم از انبردست استفاده کنید.
- ۴- قبل از باز کردن شیر استیلن برای ایجاد شعله، از سالم بودن فندک جوشکاری اطمینان حاصل کنید.
- ۵- موقع جوشکاری مواظب دست و صورت و لباس اطرافیان باشید.
- ۶- با شعله‌ی روشن مشعل را روی میز کار رها نکنید.

## ۷-۸ دستور العمل جوشکاری لب به لب ورق‌های فولادی (کار شماره ۵)



شکل ۸-۴۷ بریدن قطعات کار

- ۱- لباس کار مناسب پوشیده و وسائل ایمنی و ابزار کار را از انبار تحویل بگیرید.
- ۲- از ورق فولاد معمولی ST37 به تعداد ۶ قطعه به ابعاد  $۱۲۰ \times ۲۵ \times ۱/۵$  میلی‌متر با گیوتین یا قیچی بفرید یا قطعات بریده شده را تحویل بگیرید. (شکل ۸-۴۷)
- ۳- قطعات را به صورت لب به لب کنار هم قرار داده و مطابق شکل خال جوش بزنید. (شکل‌های ۸-۴۸-۱ و ۸-۴۸)



شکل ۸-۴۸-۱ خال جوش زدن در طرفین اتصال



شکل ۸-۴۸ خال جوش زدن در طرفین اتصال

- ۴- با استفاده از سیم جوش مطابق آنچه که در دستور العمل شماره ۳ حوضچه مذاب ایجاد کرده و سیم جوش را در داخل حوضچه مذاب ذوب کرده و با حرکت مناسب پیشروی دو قطعه را به هم جوش دهید و زوایای مشعل و سیم جوش مطابق شکل (۸-۴۹) در طول خط جوش کنترل کنید.



شکل ۸-۴۹ انجام جوشکاری

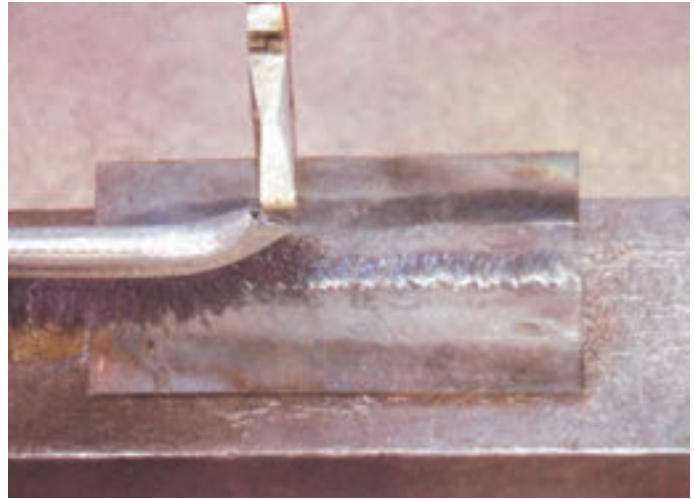


۵- در پایان مشعل را خاموش و قطعه را برس بزنید و جهت ارزیابی به مربی خود تحویل دهید. (شکل ۸-۵۰)

۶- گرده جوش باید دارای موج‌های یکسان و پهنای جوش در طول خط جوش به یک اندازه باشد. در انتهای خط جوش چاله جوش پر شده باشد تا از تشکیل جوانه ترک جلوگیری شود. (شکل ۸-۵۱)



شکل ۸-۵۱ بازرسی

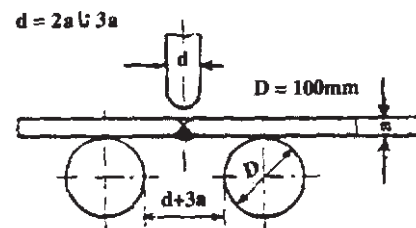


شکل ۸-۵۰ برس زدن

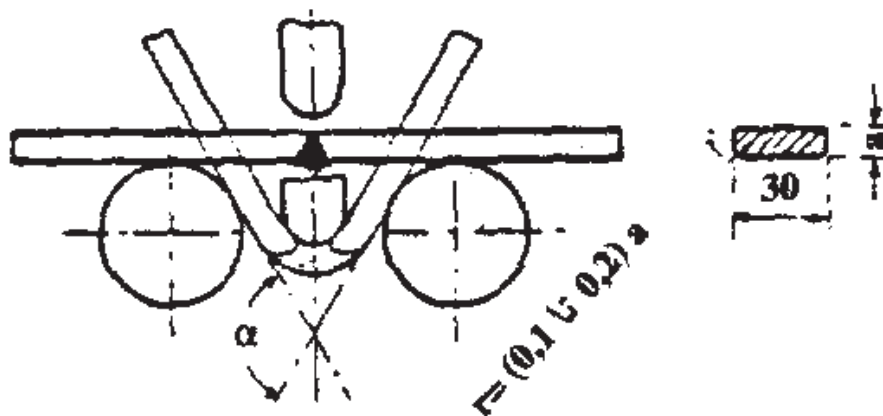
۷- ابزار و وسائل را جمع‌آوری، مرتب و تمیز کرده و به محل اولیه برگردانید.

## ۸-۸ آزمایش کارگاهی جوش لب به لب

- ۱- جوش را از نظر ظاهری با چشم بازرسی می‌کنیم. در کنار جوش یعنی فلز جوش با قطعه در فصل مشترک در هم ادغام شده و عدم ذوب مشاهده نشود.
- ۲- برجستگی جوش بیش از اندازه نباشد و در طول جوش یکنواخت باشد.
- ۳- بریدگی کنار جوش یا ذوب شدن قطعه در کنار جوش و ایجاد بریدگی در کنار اتصال در طول جوش وجود نداشته باشد.
- ۴- در طرف دوم جوش باید لب‌ها ذوب شده و داخل فلز جوش واقع شده باشد، عدم نفوذ در ریشه مشاهده نشود و جوش در پشت سوختگی و شکست نداشته باشد.
- ۵- کار را مطابق شکل (۸-۵۲) از طرف ریشه جوش با استفاده از گیره و چکش خم می‌کنیم چنانچه مذاب در هم آمیخته باشد ترک و ناپیوستگی مشاهده نمی‌شود.
- ۶- جوش را می‌توان از طرف رو یا سطح جوش خم کرد بر عکس شکل (۸-۵۳) و بازرسی نمود.



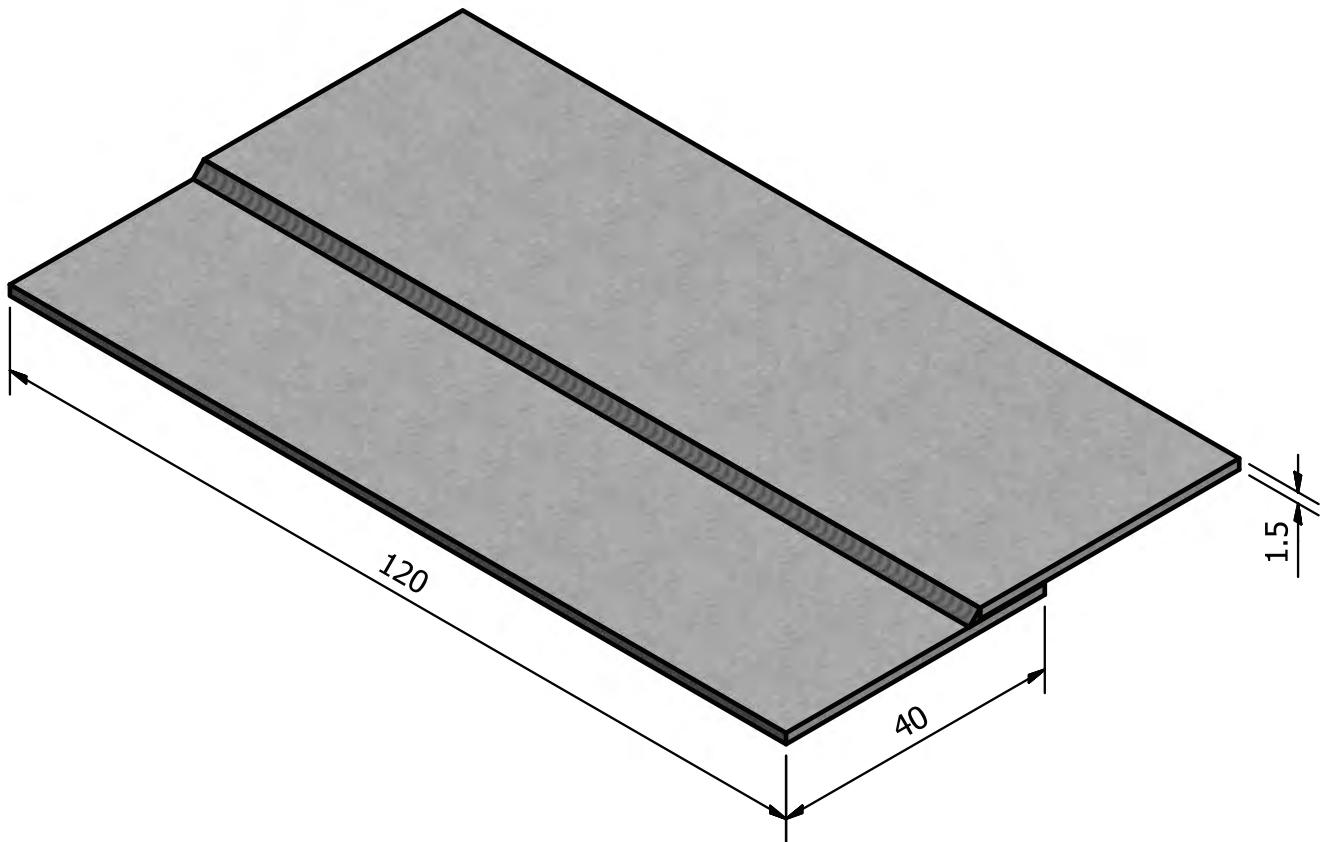
شکل ۸-۵۲



شکل ۸-۵۳

- ۷- در صورتی که قطعه خم شده و آثار ترک و شکستگی در آن مشاهده نشد جوش سالم است.

۸-۹ دستورالعمل جوش لب به لب ورق های فولادی (کار شماره ۶)



	۱۲۰×۴۰×۱/۵	St ۳۷		فولاد معمولی	
ملاحظات	اندازه ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره ی نقشه ۲-۶				نام قطعه کار: لب روی هم تخت (پیش دستی)	مقیاس ۱:۱
مدت: ۱۰ ساعت				هدف های آموزشی: تمرین جوش لب روی هم	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	کامل	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۲-۴	استاندارد	یک عدد
۳	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک عدد
۵	انبر قطعه گیر	کوچک	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	میز کار	مخصوص جوش گاز	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	سیم جوش مس وار	G1 - G11		$\varnothing = 2$
۲	گاز اکسیژن با فشار	۲-۳ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۳	گاز استیلن با فشار	۱/۵ - ۰/۵ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۴	قطعات کار	St ۳۷	-	مطابق نقشه

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه شماره ۵	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	کلاه ساده	نخی - کتان	یک عدد

### نکات ایمنی!

۱- نکات و دستورالعمل‌های ایمنی در جوشکاری با شعله گاز را به دقت مطالعه کنید.

۲- از وسیله یا ابزاری که روش کار آن را نمی‌دانید استفاده نکنید.

۳- تمام اتصالات مسیر گاز اکسیژن و استیلن را از نظر نشتی با آب و صابون کنترل کنید.

۴- سر مشعل را با سوزن مخصوص و اندازه‌ی مناسب تمیز کنید.

## ۹-۸ دستور العمل جوش لب رو لب ورق‌های فولادی (کار شماره ۶)

در جوشکاری لب روی هم باید قطعات کار به طور کامل صاف باشند تا به خوبی روی هم قرار گیرند.

۱- به لباس کار و وسائل ایمنی مجهز شوید.

۲- از ورق فولادی به ابعاد  $1/5 \times 40 \times 120$  میلی متر به تعداد ۶ عدد با گیوتین بُرید.

۳- وسائل کار را مرتب و سر مشعل مناسب به مشعل ببندید. (شکل ۸-۵۴)

۴- هر دو قطعه را مطابق نقشه به صورت لب روی هم قرار دهید و با شعله خنثی آن‌ها

را به هم خال جوش کنید. (شکل ۸-۵۵)



شکل ۸-۵۵



شکل ۸-۵۴ انتخاب سر مشعل

۵- در صورت لزوم با چکش فلزی یا پلاستیکی کار را صاف کنید. (شکل ۸-۵۶)



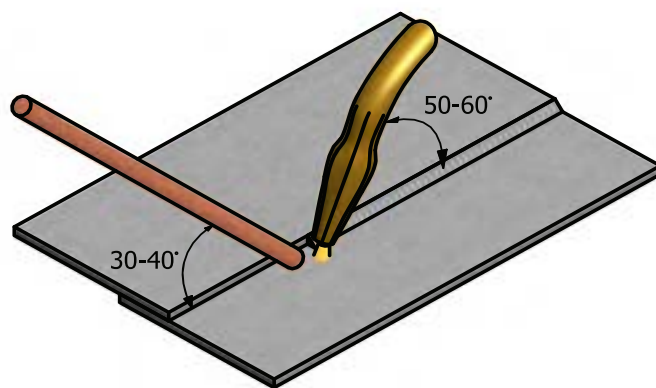
شکل ۸-۵۶ روی هم سوار شدن قطعات با استفاده از چکش

۶- در ابتدای درز لب روی هم حوضچه مذاب را ایجاد کرده و با ذوب مفتول و با توجه به زوایای نشان داده شده در شکل (۸-۵۷) درز را تا آخر جوش دهید به نحوی که لبه‌های بالایی در فلز جوش جا گرفته و خوردگی هم نداشته باشد.

۷- طرف دوم (پشت کار) را با استفاده از نظرات مربی خود جوش دهید و برای استفاده بیشتر از قطعات، قطعه جدیدی را در کنار کار جوش خورده خود، اول خال جوش زده سپس جوشکاری کنید. (شکل ۸-۵۸)



شکل ۸-۵۸ روش جوشکاری



شکل ۸-۵۷ زاوایای مشعل و سیم جوش

۸- در پایان کار دستگاه را جمع‌آوری و منظم کرده کار را بر سر بزنید و به مربی خود تحویل دهید. (شکل ۸-۵۹)



شکل ۸-۵۹ برس‌زنی خط جوش





شکل ۸-۶۰ بررسی و کنترل جوشکاری

۹- قطعه کار را بررسی کنید تا عیوب زیر در آن وجود نداشته باشد. (شکل ۸-۶۰)

■ نداشتن ریزش به سمت پایین

■ نداشتن مک و خلل و فرج

■ سوخته نشدن لبه‌های جوش

■ یکنواختی گرده جوش در تمام خط جوش

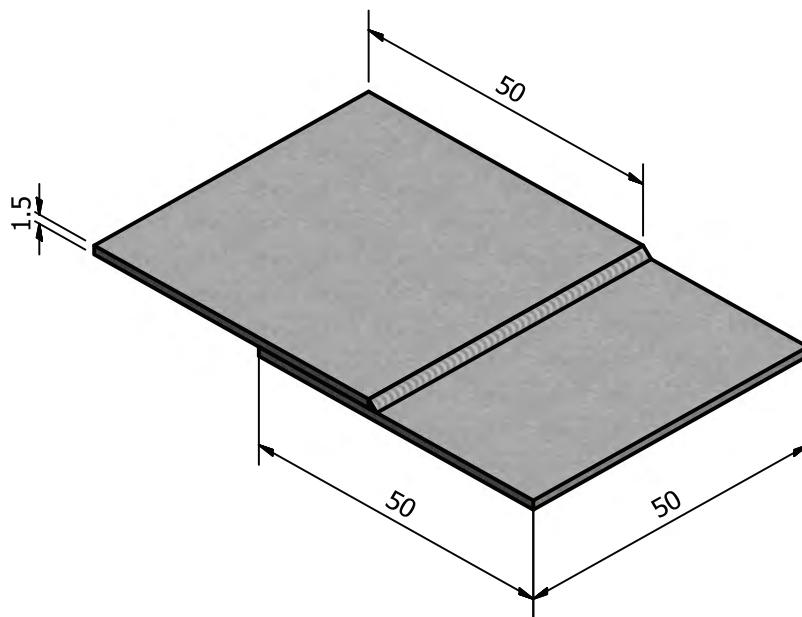
۹- محل کار را تمیز کرده و وسایل را به محل اولیه برگردانید.

### ۸-۱۰ تست کارگاهی جوش لب روی هم

قطعه‌ای از این اتصال که طول جوش در حدود ۵۰ میلی‌متر باشد و فقط از یک طرف جوش خورده باشد تهیه کنید (شکل ۸-۶۱) و مطابق (شکل ۸-۶۲) با استفاده از گیره و چکش آن را خم کنید اگر جوش شکسته نشد یا از وسط جوش شکسته شد و در کناره‌ها آثار شکست مشاهده نشد جوش مطلوب است.



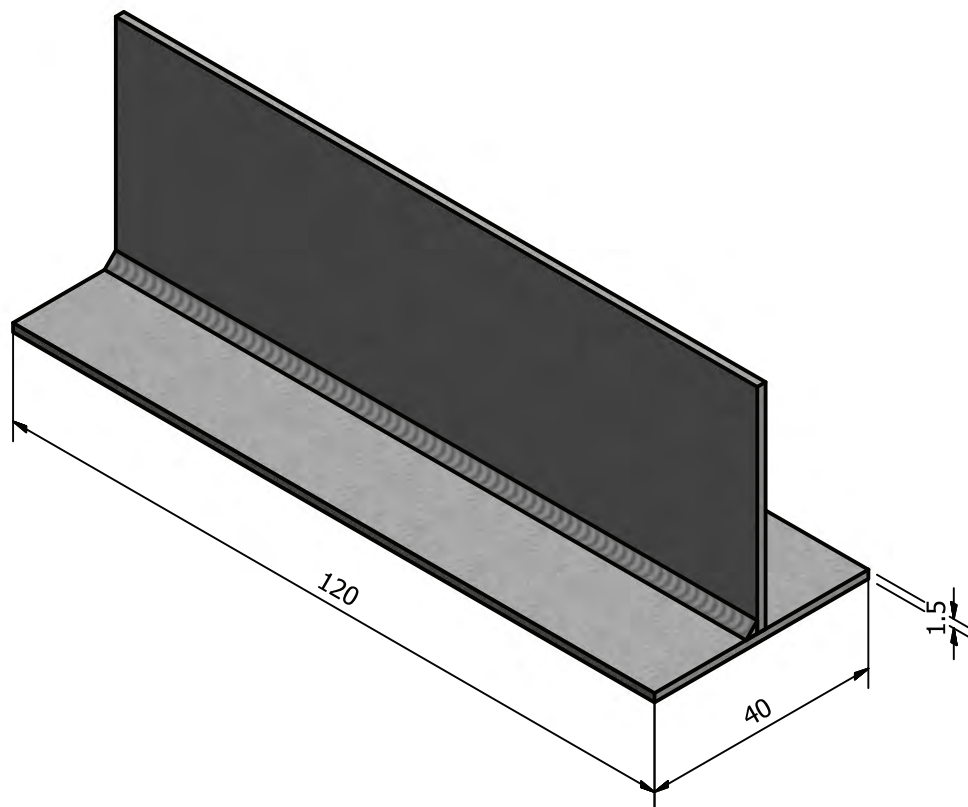
شکل ۸-۶۲ آزمایش جوش



شکل ۸-۶۱ نمونه جوش برای آزمایش

ظاهر جوش هم باید یکنواخت و گرده جوش دارای پهنای یکسان باشد در انتهای خط جوش گود افتادگی (چاله جوش) وجود نداشته باشد.

## ۸-۱۱ جوشکاری اتصال سپری (سه پری) ورق های فولادی (کار شماره ۷)



	۶۵×۶۵×۲	St ۳۷	۲	فولاد معمولی	۷
ملاحظات	اندازه ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
	نام قطعه کار: سه پری افقی (پیش دستی)				مقیاس ۱:۱
	هدف های آموزشی: تمرین آموزش جوش سه پری در حالت افقی				تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	کامل	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۴-۲	استاندارد	یک عدد
۳	پرس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک عدد
۵	انبر قطعه گیر	کوچک	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	میز کار	مخصوص جوش گاز	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	سیم جوش مس و آلومینوم	G1 - G11		$\varnothing = 2$
۲	گاز اکسیژن با فشار	۲-۳ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۳	گاز استیلن با فشار	۰/۵ - ۱/۵ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۴	قطعات کار	St ۳۷	-	مطابق نقشه

### نکات ایمنی!

۱- اتصالات لوله‌ی عبور گاز استیلن را از نظر نشتی گاز کنترل کنید.

۲- از عینک جوشکاری مناسب که شیشه‌های آن را تمیز کرده‌اید استفاده کنید.

۳- مواظب دست و صورت خود و دیگران از نظر سوختگی با شعله‌ی گاز باشید.

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه شماره ۵	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	کلاه ساده	نخی - کتان	یک عدد

## ۸-۱۱ جوشکاری اتصال سپری (سه پری) ورق‌های فولادی معمولی (کار

شماره ۲)

لباس کار پوشیده و با وسائل ایمنی فردی مجهز شوید.

۱- دو قطعه مطابق شکل (۸-۶۳) با استفاده از تسمه شکاف‌دار به صورت زاویه قائم نگهدارید.



شکل ۸-۶۳

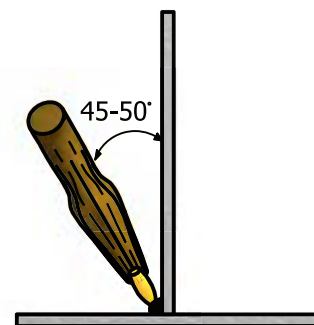
۲- با استفاده از تسمه شکاف‌دار آن را روی میز کار قرار داده و دو سر آن را خال جوش کنید خال جوش‌ها در نقطه انتهایی اتصال باشد.



شکل ۸-۶۴

۳- پس از خال جوش زدن با ضربات چکش فاصله بین آن‌ها را حذف و در صورت لزوم زاویه بین آن‌ها را  $90^\circ$  یا کمی بیشتر از  $90^\circ$  کنید. (شکل ۸-۶۴)

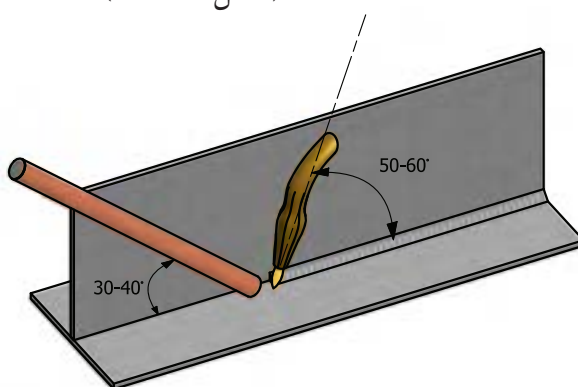
۴- قطعه را مطابق شکل (۸-۶۵) قرار داده و با استفاده از مشعل و سیم جوش مناسب درز را جوشکاری کنید، زوایای مشعل و سیم جوش با سطح قطعه کار و با یکدیگر را مد نظر داشته باشید.



۵- در نقطه پایانی با ذوب اضافی از سیم جوش، گودی یا چاله جوش را پر کنید. (شکل ۸-۶۵-۱)



شکل ۸-۶۵-۱



شکل ۸-۶۵



شکل ۸-۶۶

۶- طرف دوم را جوش داده این بار شعله را کمی قوی تر کنید چون اتصال ضخیم تر شده است و نیاز به گرمای بیشتر دارد.

۷- با خاموش کردن مشعل و بستن شیر فلکه های گاز، وسایل را جمع آوری کنید. (شکل ۸-۶۶)

۸- کار را برس زده به مربی تحویل دهید.

۹- ابزار کار و وسایل را به محل اولیه برگردانید.

۱۰- در بازرسی و کنترل و ارزیابی به نکات زیر توجه فرمایید: (شکل ۸-۶۷)

یکسان بودن گرده جوش

• یک اندازه بودن ساق های جوش

• پر شدن چاله جوش و نبودن گودی در پایان خط جوش

• عدم پیچیدگی و درست بودن زاویه قطعات نسبت به هم

• نبودن بریدگی کناره مطابق شکل (۸-۶۸)

۶- می توانید با جوش دادن در یک طرف اتصال و با استفاده از گیره و چکش، اتصال

جوشی را خم کنید و در صورت مشاهده ضعف نسبت به رفع اشکالات جوشکاری خود

در کارهای بعدی اقدام کنیم.



شکل ۸-۶۷



شکل ۸-۶۸ جوش سپری در حالتی که جوش دارای خوردگی است، نشان داده شده است

جدول لوله‌های استاندارد

قطر خارجی لوله به میلی‌متر	قطر داخلی لوله به میلی‌متر	قطر اسمی لوله به اینچ
10.28	6.83	$\frac{1}{8}$
13.71	9.24	$\frac{1}{4}$
17.14	12.52	$\frac{3}{8}$
21.33	15.79	$\frac{1}{2}$
26.67	20.92	$\frac{3}{4}$
27.94	26.41	1
42.16	35.05	$1\frac{1}{8}$
43.20	40.89	$1\frac{1}{4}$
60.195	52.34	2
72.84	62.48	$2\frac{1}{2}$
88.90	77.72	3
101.60	89.91	$3\frac{1}{2}$
114.30	108.20	4
127	115.82	$4\frac{1}{2}$
141.22	128.01	5
168.14	153.67	6
297.25	202.69	8
273.05	254.50	10

## آشنایی با انواع لوله‌ها و جوشکاری آن‌ها

لوله‌هایی که امروزه در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند به طور معمول از جنس فولاد و فلزهای غیر آهنی با قطرهای مختلف، و با درز یا بدون درز می‌باشند. انواع لوله‌های فولادی استاندارد را که در بازار وجود دارد را در جدول مشاهده می‌کنید. لوله‌هایی که برای انتقال مایعات و تولید پروفیل‌های قوطی و ساخت مصنوعات فلزی به کار برده می‌شود از نوع درزدار هستند. این لوله‌ها طی مراحل زیر تولید می‌شود.

– برشکاری و آماده‌سازی نوار ورق به اندازه‌ی محیط لوله

– عملیات تبدیل نوار ورق به لوله‌ها

– جوشکاری درز لوله

لوله‌های بدون درز برای انتقال گاز، ساخت مخازن تحت فشار و تأسیسات پالایشگاهی و نیروگاه‌ها به کار می‌رود.

لوله‌های سیاه معمولاً برای لوله‌کشی گاز و مایعات نفتی به کار می‌روند و اغلب برای سازه‌های سبک فولادی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این لوله‌ها با تمام روش‌های جوشکاری ذوبی به هم متصل می‌شوند. لوله‌های جدار نازک صنعتی که برای ساختن میز و صندلی و غیره مورد استفاده واقع می‌شود یا روش‌های جوشکاری با شعله یا جوشکاری MIG/MAG به هم متصل می‌شوند.

چنانچه بخواهند لوله‌های جدار ضخیم را با گاز جوش دهند، باید از روش پس‌دستی استفاده کنند.

### توجه

لوله‌های جدار نازک که در اصطلاح به آن‌ها تیوپ نیز گفته می‌شود و دارای استاندارد خاصی نمی‌باشند، با ضخامت جداره از  $\frac{1}{5}$  تا ۲ میلی‌متر و با قطرهای مختلف ساخته می‌شوند. (شکل ۶۹-۸)

لوله‌های گالوانیزه به وسیله‌ی اتصالات پیچی به هم متصل می‌شوند و برای اتصال آن‌ها به یکدیگر از جوش استفاده نمی‌کنند.



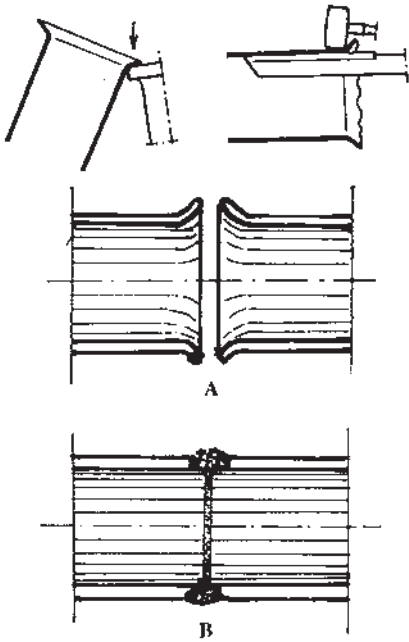
شکل ۶۹-۸



## ۸-۱۲ جوشکاری لوله‌های جدار نازک به هم (کار شماره ۸)

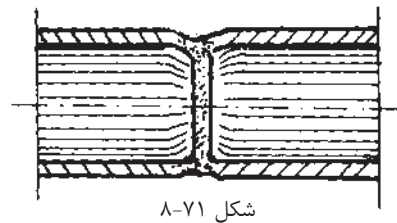
برای جوشکاری لوله‌های جدار نازک (تیوپ‌ها) ابتدا باید توسط چکش و سندان یا قرار دادن لبه لوله بر روی یک سطح صاف که لبه گرد داشته باشد کمی دهانه لوله‌ها را باز کنیم و سپس آن‌ها را کنار هم قرار داده و خال جوش بزنیم و سپس جوشکاری نماییم. شکل (۸-۷۰)

با توجه به انواع لوله‌های جدار نازکی که در کارگاه موجود است. می‌توانید خود یک نقشه کار تهیه کنید و مراحل کار را نوشته و با نظر مربی خود نسبت به تمرین جوشکاری تیوپ‌ها به هم اقدام نمایید.



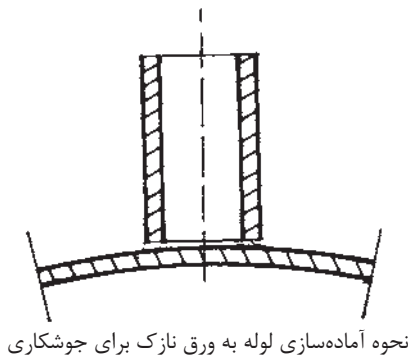
شکل ۸-۷۰ جوش لوله در حالت‌های (A) لبه‌ها آماده‌سازی شده، (B) پس از جوشکاری

برای جوش دادن لوله‌های جدار نازک نمی‌توان آن‌ها را در کنار هم قرار داد و جوشکاری کرد، زیرا لوله‌های جدار نازک پس از جوشکاری در ناحیه اتصال مانند شکل (۸-۷۱) تغییر شکل می‌دهد.



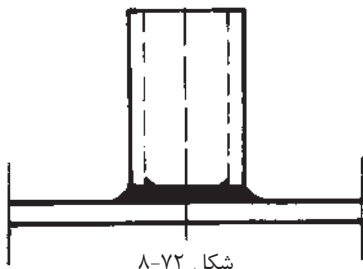
شکل ۸-۷۱

لذا برای جوشکاری لوله جدار نازک به ورق نازک هم باید مطابق شکل (۸-۷۲) ورق را کمی خمیده کرده سپس جوشکاری نمود.



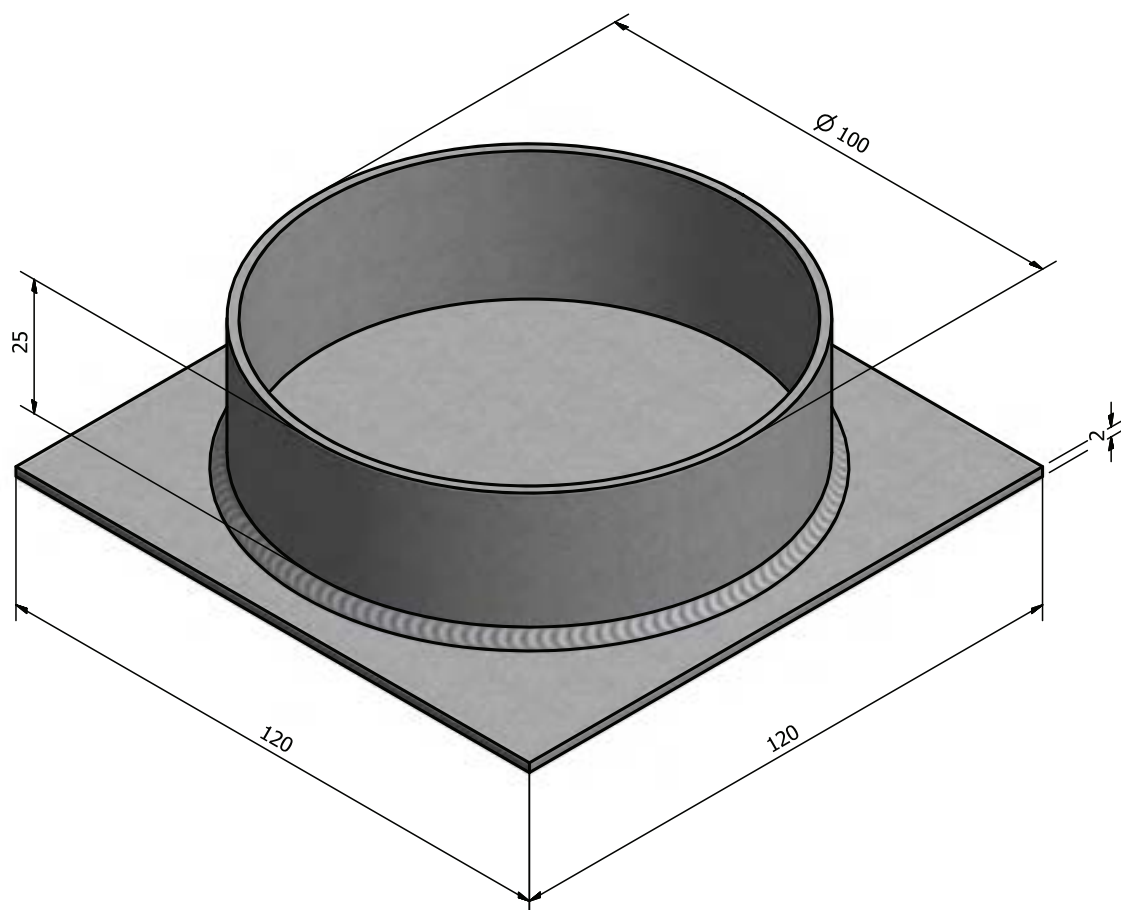
نحوه آماده‌سازی لوله به ورق نازک برای جوشکاری

در صورتی که هدف جوشکاری لوله جداره نازک را به صفحه ضخیم‌تر باشد، لازم است صفحه به اندازه قطر خارجی لوله سوراخ شده و لوله داخل سوراخ صفحه قرار گرفته و جوشکاری شود جوشکاری از دو طرف هم امکان‌پذیر است.



شکل ۸-۷۲

۱۳-۸ دستورالعمل جوشکاری لوله به صفحه (کار شماره ۹)



		$\phi / 100 \times 25$	St ۳۷	۲	لوله سیاه	
		$120 \times 120 \times 1/5$	St ۳۷	۲	ورق سیاه یا روغنی	
ملاحظات		اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره‌ی نقشه: ۲-۱۵	نام قطعه کار: فلانچ به روش افقی					مقیاس ۱:۱
مدت: ۱۲ ساعت	هدف‌های آموزشی: تمرین آموزش لوله به ورق در حالت افقی					تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	کامل	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۴-۲	استاندارد	یک عدد
۳	پرس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک عدد
۵	انبر قطعه گیر	کوچک	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	میز کار	مخصوص جوش گاز	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	سیم جوش مس و آلومینوم	G1 - G11		$\varnothing = 2$
۲	گاز اکسیژن با فشار	۲-۳ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۳	گاز استیلن با فشار	۰/۵ - ۱/۵ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۴	قطعات کار	St ۳۷	-	مطابق نقشه

### نکات ایمنی!

۱- جوشکاری افقی درست مقابل صورت جوشکار انجام می شود، لذا دقت کافی به کار برید.

۲- از عینک تمیز و سالم استفاده کنید.

۳- مواظب جرقه های احتمالی که از جوش جدا می شود باشید. برای کاهش جرقه، تنظیم شعله و رعایت فاصله ی مشعل تا کار رعایت شود.

۴- جوشکاری در گوشه و اتصال سه پری مشعل جوشکاری بیشتر گرم می شود و باید گاهی آنرا با آب خنک نمود.

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب شماره ۵	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	کلاه ساده	نخی - کتان	یک عدد

### ۸-۱۳ دستور العمل جوشکاری لوله به صفحه (کار شماره ۹)

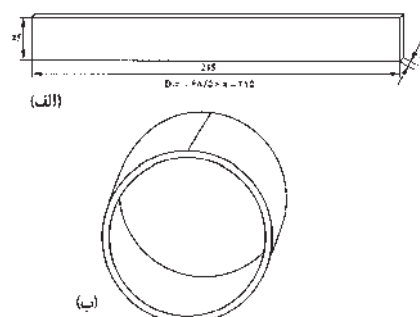
ابزار و وسایل کار را از انبار تحویل گرفته و با رعایت کلیه نکات ایمنی مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید.

۱- یک ورق فولاد معمولی روغنی به ابعادی  $۱۲۰ \times ۱۲۰ \times ۲$  میلی متر و یک لوله درزدار جدار نازک به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۵ میلی متر، مطابق شکل (۸-۷۵) آماده کنید.



شکل ۸-۷۵

۲- در صورت موجود نبودن لوله می توانید از ورق روغنی به ضخامت ۲mm تسمه‌هایی به طول  $(\pi \times \phi)$  یا  $۳۱۴ = ۱۰۰ \times ۳ / ۱۴$  و به عرض ۲۵ میلی متر با گیوتین ببرید (شکل ۸-۷۶ الف) سپس آن را، مطابق شکل (۸-۷۶ ب)، به وسیله لبه‌ی گرد سندان به صورت استوانه در آورید و لبه‌های به هم رسیده را با ذوب سطحی به هم جوش دهید و با سندان و چکش چوبی آن را به طور کامل گرد کنید.



شکل ۸-۷۶

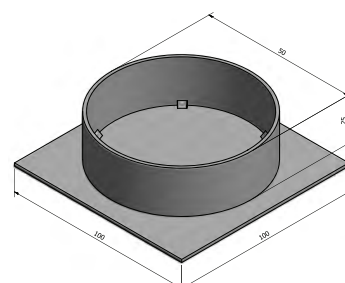
۳- قطعه جوش خورده را به عنوان یکی از دو قطعه کار مورد استفاده قرار دهید.  
۴- ورق فولادی را از چربی و آلودگی و اکسید تمیز کنید و لوله را در وسط صفحه قرار داده، با روشن کردن مشعل و تنظیم شعله محل قطرهای لوله را به ورق خال جوش کنید. (شکل ۸-۷۷)



شکل ۸-۷۷

۵- می توانید از داخل لوله خال جوش کنید.  
۶- در صورت لزوم پس از هر خال جوش با چکش و روی سندان فاصله لبه‌های لوله را با ورق به حداقل برسانید.

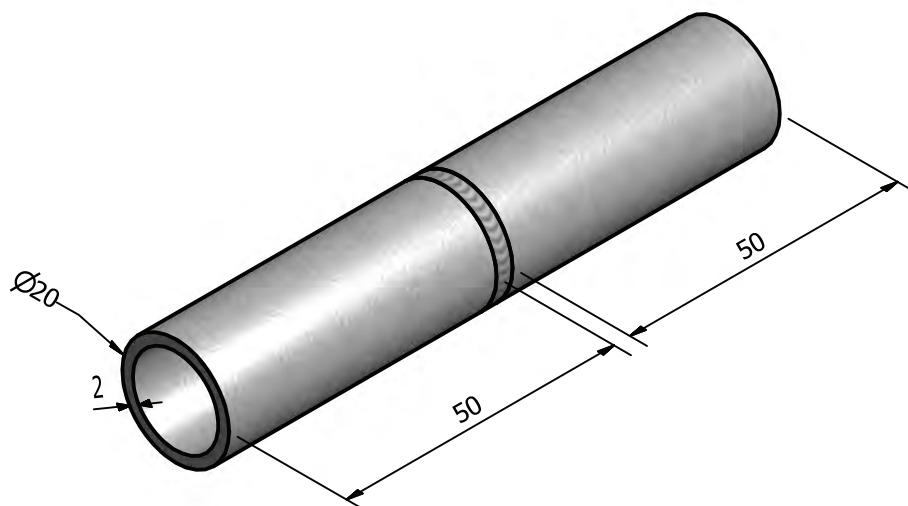
۷- با توجه به شکل (۸-۷۸) از روی یک خال جوش شروع به جوشکاری کنید ابتدا با شعله خال جوش یا انتهای جوش قبلی را به طور کامل ذوب کنید و سپس به جوشکاری ادامه دهید تا دور تا دور لوله جوشکاری شود.



شکل ۸-۷۸

۸- قطعه کار را به مربی خود نشان دهید و از او راهنمایی بخواهید.  
۹- قطعات دیگر را به همین ترتیب جوشکاری کنید.  
۱۰- در خاتمه ضمن جمع آوری و اجرای نکات ایمنی لازم وسائل را به محل اولیه برگردانید و محل کار را تمیز و کارهای اضافی را در محل مناسب قرار دهید.

۸-۱۲ دستورالعمل جوشکاری لوله‌های معمولی بصورت سر به سر (کار شماره ۱۰)



		Ø۲۰×۵۰	St ۳۷	۲	لوله سیاه	۱۰
	ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره‌ی نقشه: ۴-۶					نام قطعه کار: تمرین اتصال لوله سر به سر	مقیاس ۱:۱
مدت: ۸ ساعت					هدف‌های آموزشی: تمرین جوشکاری لوله	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	کامل	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۲-۴	استاندارد	یک عدد
۳	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک عدد
۵	انبر قطعه گیر	کوچک	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	میز کار	مخصوص جوش گاز	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	سیم جوش مس وار	G1 - G11		$\varnothing = 2$
۲	گاز اکسیژن با فشار	۲-۳ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۳	گاز استیلن با فشار	۰/۵ - ۱/۵ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۴	قطعات کار	لوله $\frac{3}{4}$	-	مطابق نقشه

### جدول وسایل ایمنی

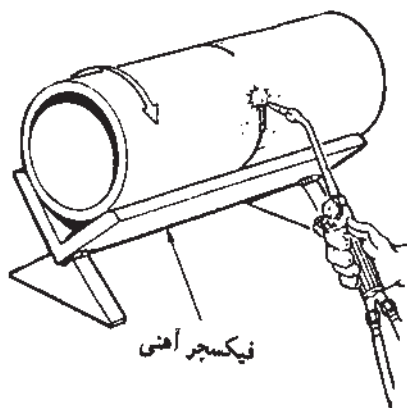
ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	کلاه ساده	نخی - کتان	یک عدد

### نکات ایمنی!

- جوشکاری و دریافت انشعاب از گاز شهری باید به وسیله‌ی شرکت مربوطه انجام شود.
- قبل از جوشکاری و برشکاری در مخازن باید آزمایش شود که گازهای داخل مخزن قابل اشتعال نباشند.
- جوشکاری داخل مخازن چرب و آغشته به گریس و روغن بسیار خطرناک است و باید مخازن عاری از هرگونه چربی باشند.
- توجه: گاز اکسیژن خالص، در فضای مخازن آلوده به چربی، باعث اشتعال و انفجار می‌شود.



#### ۸-۱۴ دستور العمل جوشکاری لوله‌های معمولی سر به سر (کار شماره ۱۰)



شکل ۸-۷۹

لباس کار پوشیده، وسائل و ابزار لازم را تدارک کنید.

۱- طبق نقشه کار دو عدد لوله  $\frac{3}{4}$  اینچ را به طول ۵۰ میلی متر با لوله بر بئرید.

۲- اکسیدها و چربی‌ها را از لوله پاک کنید برس بزنید.

۳- لوله‌ها را داخل یک نبشی مطابق شکل (۸-۷۹) قرار دهید تا در یک راستا باشند.

۴- در سه نقطه به هم خال جوش کنید.

۵- پس از خال جوش در صورت لزوم با چکش و سندان پیچیدگی را برطرف کنید.

۶- با توجه به فرم قرار گرفتن مشعل و سیم جوش لوله‌ها را به هم جوش دهید تا به

مهارت کافی برسید از راهنمایی مربی خود بهره‌مند شوید. می‌توانید قطعات لوله را مطابق

شکل (۸-۸۰) به هم جوش دهید.



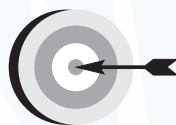
شکل ۸-۸۰

۷- در پایان دو قطعه لوله را که خوب به هم جوش داده‌اید برای کنترل به مربی خود

تحویل دهید.

۸- وسائل و محل کار را تمیز کنید و به محل اولیه برگردانید.

## فصل نهم

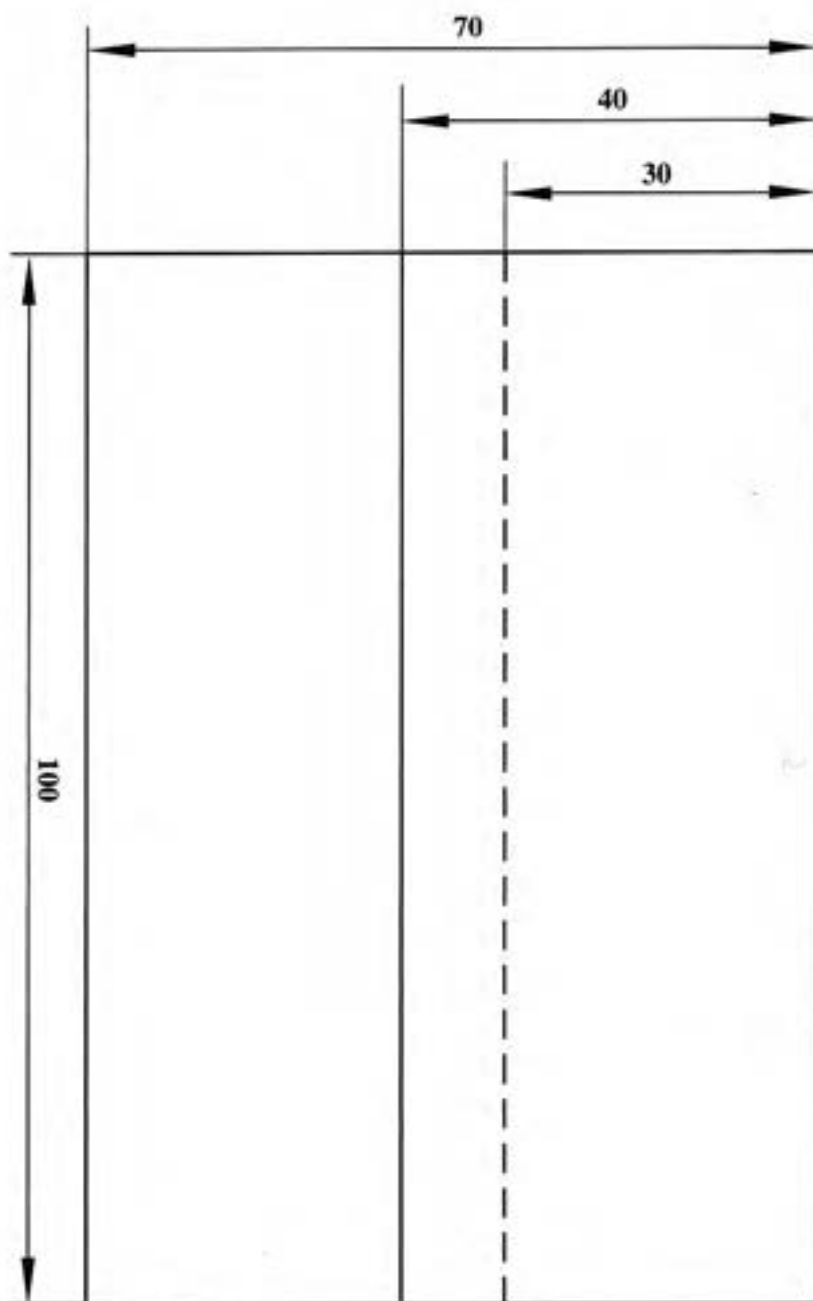


### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. با رعایت نکات ایمنی و سائل کار لحیم کاری نرم را آماده به کار نماید.
۲. ورق گالوانیزه را با لحیم (قلع و سرب) به هم لحیم کند.
۳. قطعات را با روش قلع‌اندود کاری به هم لحیم کند.
۴. با استفاده از لحیم نقره لوله‌های مسی را به هم لحیم کند.
۵. ورق‌های نازک فولادی را با لحیم سخت برنج به هم اتصال دهد.
۶. ورق‌ها و لوله‌های مسی را با لحیم برنج و نقره به هم لحیم کند.

۹: دستورالعمل لحیم کاری ورق های نازک فولادی (کار شماره ۱۱)



	۱۰۰×۴۰×۰/۵	St ۳۷	۲	فولاد معمولی	۱۱
ملاحظات	اندازه ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره ی نقشه ۶-۲				نام قطعه کار: لحیم کاری نرم	مقیاس ۱:۱
مدت: ۱۰ ساعت				هدف های آموزشی: لحیم کاری	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	مشعل لحیم کاری	پایه دار	یک عدد
۲	هویه ی مسی	۲۵۰ گرمی	یک عدد
۳	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	قطعه چوب زیر کاری	چوب سخت	یک عدد
۵	انبردست	بدون عایق	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	قطعه ی تمرینی	۱۰۰×۴۰×۰/۵		ورق گالوانیزه
۲	ماده ی لحیم	L.Sn 60 bpw	۱۰۰ گرم	به صورت میله
۳	روان ساز مایع لحیم کاری	کلرور روی ZnCl <sub>۲</sub>	۱۰۰C	در ظرف شیشه ای
۴	گاز بوتان	با فشار ۰/۵ bar	یک سر مشعل	گرم کاری

### نکات ایمنی!

- ۱- برای گرم کردن هویه ی مسی از چراغ یا مشعل مطمئن استفاده کنید.
- ۲- در اطراف شعله ی گرم کننده ی چراغ یا مشعل، مواد مشتعل شونده قرار ندهید.
- ۳- عملیات لحیم کاری را روی میز جوشکاری و یا روی آجر نسوز انجام دهید.
- ۴- در استعمال مواد شیمیایی، مثل روان سازها، احتیاط کامل به عمل آورید.

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار مناسب	اندازه ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه ی پا	یک جفت
۳	ماسک دهنی	استاندارد	یک عدد

## عملیات لحیم کاری نرم و سخت

### ۹- دستور العمل لحیم کاری ورق‌های نازک فولادی کار شماره

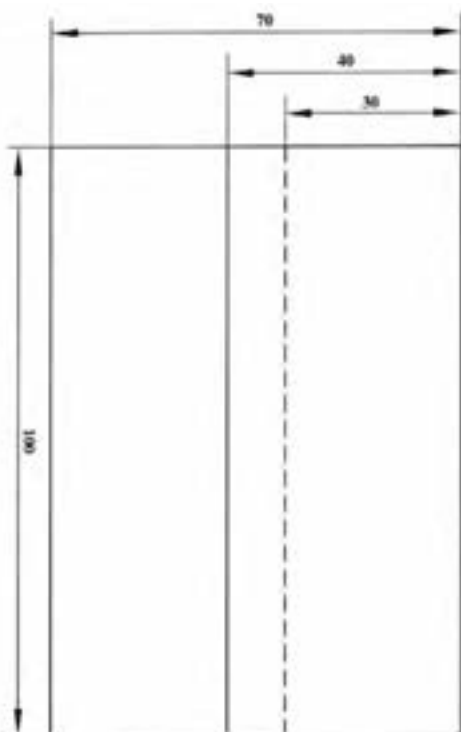
با پوشیدن لباس کار و تدارک وسائل و ابزار آماده به کار شوید.

۱- چهار قطعه به ابعاد  $۱۰۰ \times ۴۰ \times ۰/۵$  از ورق گالوانیزه بفرید.

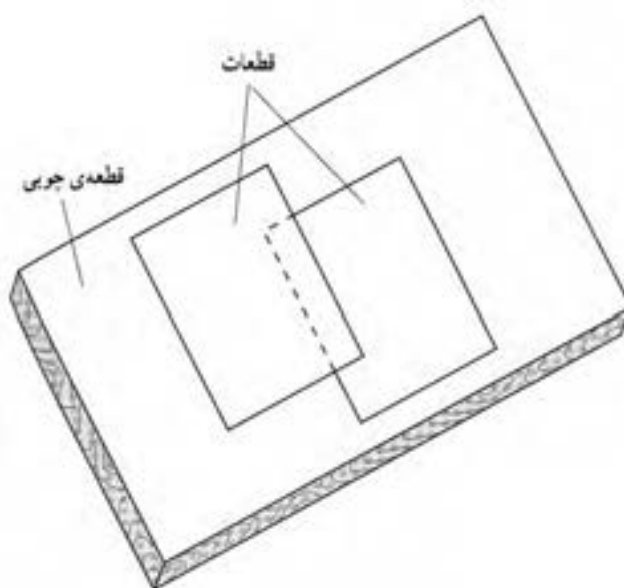
۲- لبه‌های اتصال را با کاغذ سنباده تمیز کنید.

۳- با استفاده از یک زیرسری چوبی صاف برای لحیم کاری قطعات را روی آن قرار

دهید. (شکل‌های ۹-۱ و ۹-۲)



شکل ۹-۲



شکل ۹-۱



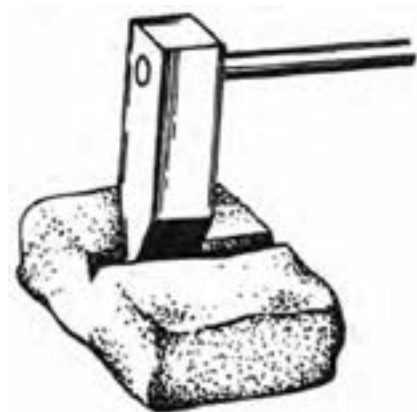
شکل ۹-۳

- ۴- با توجه به اندازه‌های داده شده در شکل (۹-۲) فاصله‌ها را رعایت نمایید.
- ۵- هویه را با بُرس سیمی تمیز کنید و آن را را حرارت دهید تا به طور کامل داغ شود.
- ۶- هویه را از روی شعله بردارید و اکسیدهای روی هویه را با بُرس سیمی دوباره تمیز کنید. (شکل ۹-۳)

### نکته ایمنی

توجه داشته باشید شعله سوختن گاز و هویه گرم به لباس و دست شما تماس نگیرد که باعث سوختگی شود.

- ۷- هویه را با مالیدن روی نشادر قالبی باز هم تمیز کنید. (شکل ۹-۴)
- ۸- لبه‌های کار را به محلول کلرید روی آغشته کنید.

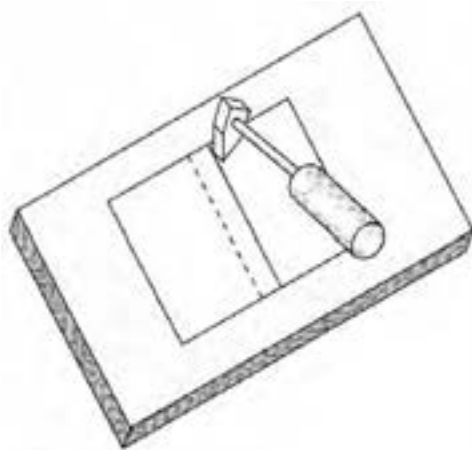


شکل ۹-۴

### نکته ایمنی

دست و لباس کار شما به محلول کلرید روی تماس پیدا نکند.

- ۹- با تماس هویه به کار قدری کار را گرم کنید و پس از آن سیم لحیم را به هویه نزدیک کنید تا مقداری از لحیم ذوب شده روی درز کار جاری شود و به آرامی هویه را در مسیر اتصال به پیش ببرید. (شکل ۹-۵)

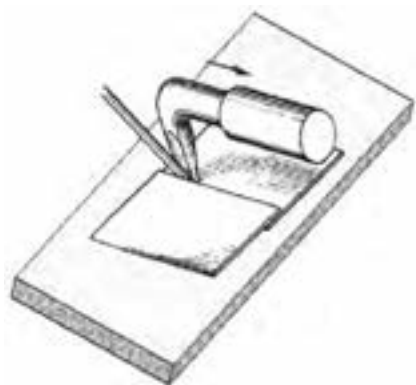


شکل ۹-۵

۱۰- در صورت لزوم، باز هویه را گرم کنید یا از هویه یدکی که در حال حرارت دیدن است استفاده کنید و هویه سرد شده را کنار شعله قرار دهید تا داغ شود.

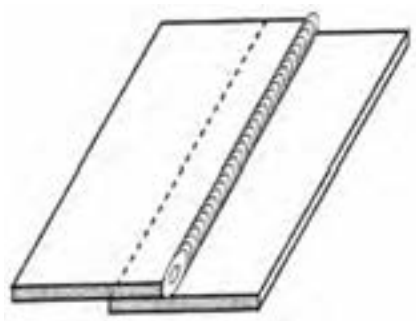
۱۱- کار خود را به مربی نشان دهید و از نظرات او استفاده کنید و طرف پشت کار را هم تمیز و سپس تمرین کنید تا مهارت بیشتری پیدا کنید. (شکل ۹-۶)

۱۲- در پایان با جمع آوری وسایل و توجه به نکات ایمنی وسایل را به محل اولیه برگردانید.



شکل ۹-۶

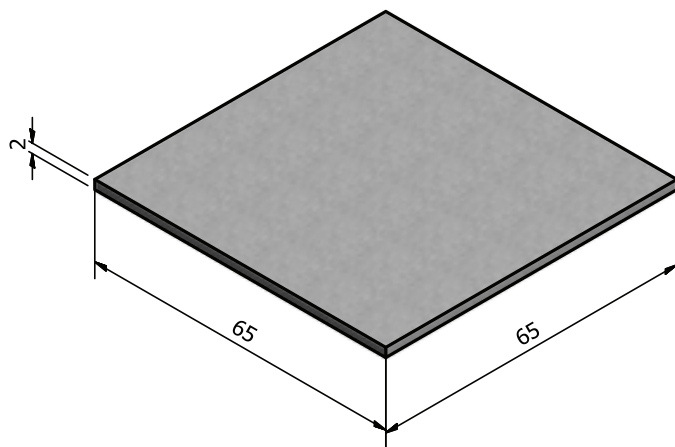
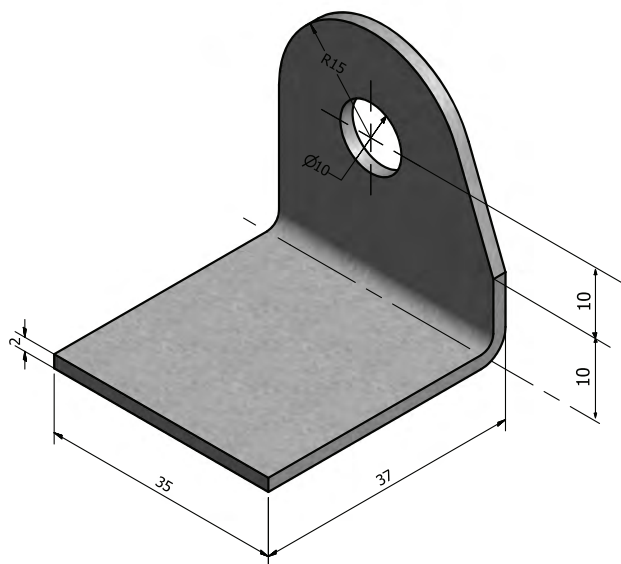
۱۳- لحیم باید در بین دو قطعه جاری شده و آن فضا را نیز پر کند. (شکل ۹-۷)



شکل ۹-۷



۹-۱ دستورالعمل لحیم کاری با قلع اندود کاری (کار شماره ۱۲)



	۶۵×۶۵×۲			ورق فولادی	۱۲
ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
شماره‌ی نقشه ۲-۶				نام قطعه کار: لحیم کاری با قلع اندود	مقیاس ۱:۱
مدت: ۱۰ ساعت				هدف‌های آموزشی: قلع اندود و لحیم کاری	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	مشعل لحیم کاری	پایه دار	یک عدد
۲	هویه ی مسی	۲۵۰ گرمی	یک عدد
۳	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن خط کش	فولادی	یک عدد
۵	سوهان تخت نرم	۱۲ اینچی	یک عدد
۶	آجر نسوز	۵۰×۵۰	یک عدد
۷	پشم شیشه	۴۰×۴۰	یک قطعه

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	قطعه ی تمرینی	۶۵×۶۵×۲	۱	ورق سیاه
۲	قطعه ی تمرینی	نشی ۳۵×۳۵×۲	۱	ورق سیاه
۳	ماده ی لحیم	LSn 60 bpw	۱۰۰ گرم	به صورت میله
۴	روان ساز مایع لحیم کاری	کلرور روی Zncl <sub>۲</sub>	محافظی	در ظرف شیشه ای
۵	گاز بوتان	با فشار ۰/۵ بار	یک سر مشعل	گرم کاری

### نکات ایمنی!

۱- موقع لحیم کاری از ماسک تنفسی مناسب استفاده کنید.

۲- نکات ایمنی در خصوص آتش سوزی را رعایت کنید.

۳- با احتیاط کامل از روان سازها استفاده کنید.

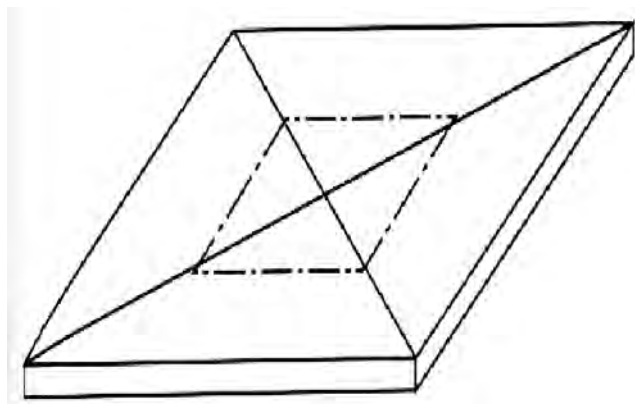
### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار مناسب	اندازه ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه ی پا	یک جفت
۳	ماسک دهنی	استاندارد	یک عدد

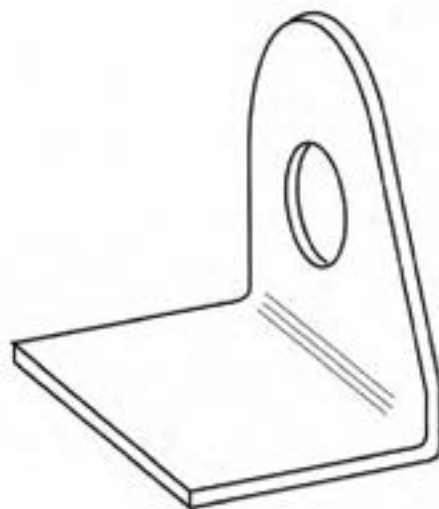
## ۹-۱ دستور العمل لحیم کاری با قلع اندود کاری (کار شماره ۱۱)

با لباس کار و وسائل کار و ایمنی مجهز شوید.

- ۱- قطعات کار را تدارک کنید و با رسم قطرهای مستطیل قطعه نبشی را در وسط قطعه دیگر قرار دهید و اطراف آن را خط کشی کنید. (شکل های ۸-۹ و ۹-۹)

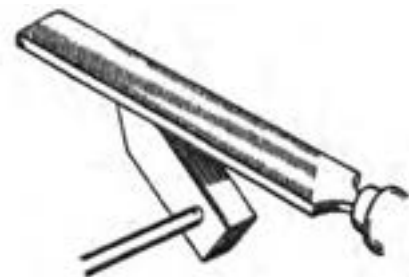


شکل ۹-۹



شکل ۹-۸

- ۲- سطوح تماس و لبه های کار را با برس سیمی به طور کامل تمیز کنید و سنباده بزنید و سطح تماس را به محلول کلرید روی آغشته کنید. (شکل های ۱۰-۹ و ۱۱-۹)



شکل ۹-۱۰

### نکته ایمنی

هنگام آغشته کردن سطح کار و قطعات به محلول کلرید روی دقت نمایید دست و لباس شما با محلول در تماس نباشد.

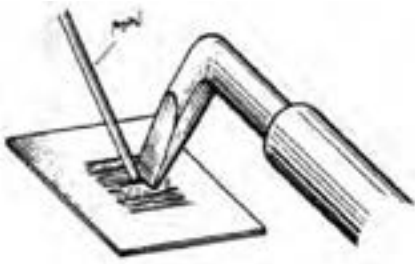
- ۳- سر هویه را با سوهان تمیز کنید و حرارت دهید.

- ۴- نوک هویه را با نشادر قالبی پاک کنید.



شکل ۹-۱۱

۵- سطح مستطیل وسط قطعه را با استفاده از هویه و لحیم قلع اندود کنید سطح تماس قطعه دوم هم قلع اندود شود. (شکل ۹-۱۲)

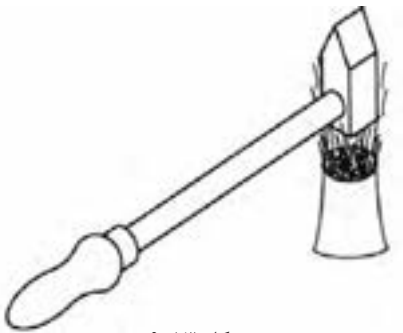


شکل ۹-۱۲

### نکته‌ی ایمنی

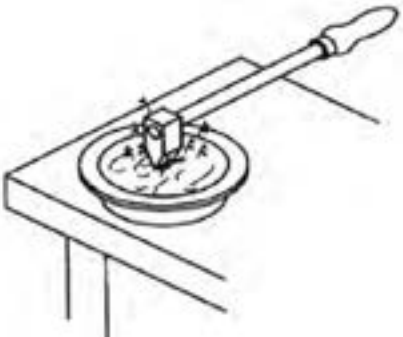
ذرات لحیم به صورت گلوله‌های ریز به اطراف ریخته می‌شود مواظب باشید به دست لباس و با ورود به داخل کفش به پای شما آسیب نرساند.

۶- هویه را با شعله مناسب به طور کامل گرم کنید. (شکل ۹-۱۳)



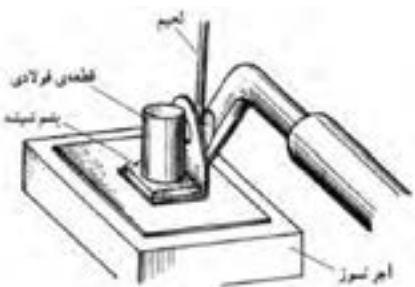
شکل ۹-۱۳

۷- نوک هویه را با نشادر از اکسید پاک کنید. (شکل ۹-۱۴)



شکل ۹-۱۴

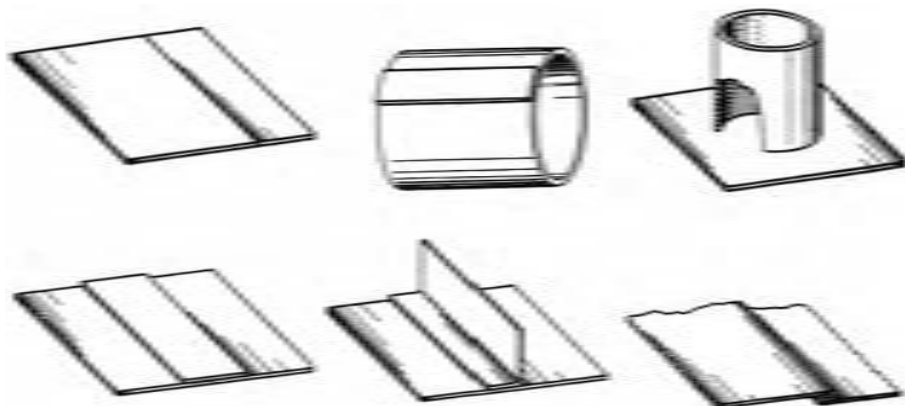
۸- قطعات را روی هم قرار داده یک ورق پشم شیشه یا عایق حرارت دیگر مطابق شکل (۹-۱۵) روی کار و روی آن وزنه سنگینی قرار دهید تا جا به جا نشود سپس با هویه کار را گرم کنید و اطراف قطعه با اضافه کردن ماده لحیم به هم اتصال دهید با گرم شدن قطعه ماده لحیم بین دو قطعه هم ذوب می‌شود و اتصال محکم می‌شود.



شکل ۹-۱۵

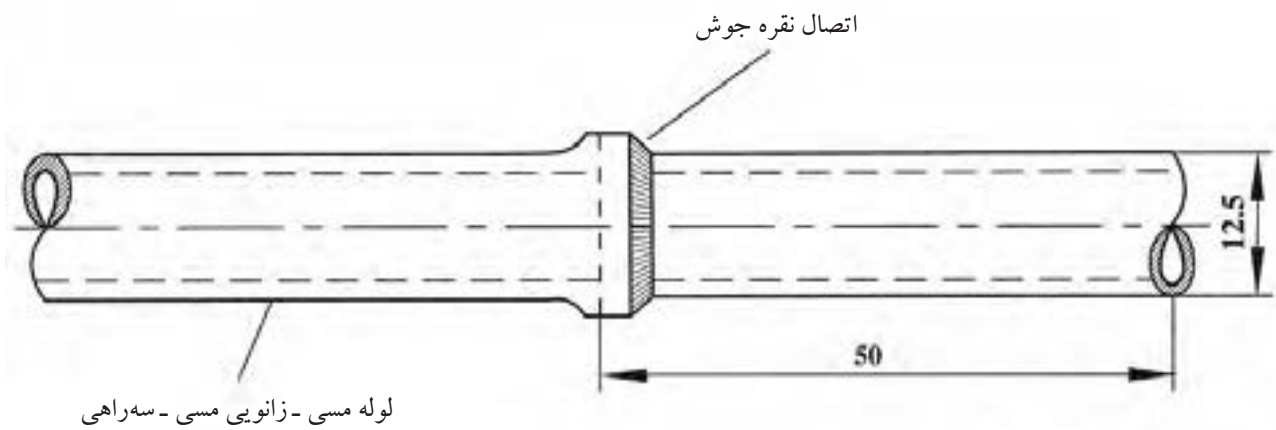
۹- در پایان کار را شسته و با برس تمیز کنید و به مربی خود ارائه دهید.

۱۰- با راهنمایی و نظر مربی قطعات زیر را آماده و لحیم کاری کنید. (شکل ۹-۱۶)



شکل ۹-۱۶

۹-۲ دستور العمل لحیم کاری سخت نقره با مشعل (کار شماره ۱۳)



	لوله مسی			Ø۱۲.۵×۵۰	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: نقره جوش				شماره ی نقشه ۶-۲
تولرانس خشن	هدف های آموزشی: لحیم کاری سخت				مدت: ۱۰ ساعت

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	تجهیزات کامل اکسی استیلن	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱۰۰	۱-۲ میلی متر	یک عدد
۳	کمان اره	با تیغه دنده ریز	یک عدد
۴	گونیا لبه دار	۱۵ سانتی متر	یک عدد
۵	متر فلزی و نواری	۲ متری	یک عدد
۶	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	لوله ی مسی $\frac{1}{2}$ "	با طول ۵۰ میلی متر	۱ عدد	جداره ی نازک
۲	سه راهی مسی $\frac{1}{2}$ "	جدار نازک	۱ عدد	-
۳	زانویی مسی $\frac{1}{2}$ "	جدار نازک	۱ عدد	-
۴	فلاکس محلول	براکس محلول در آب	۱۰۰ سی سی	-
۵	سیم جوش نقره	LAg72	۵ عدد	۹۰ سانتی متر
۶	گاز اکسیژن	با فشار ۲-۳ بار	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله
۷	گاز استیلن	با فشار ۱/۵ - ۰/۵ بار	شیلنگ	از کپسول یا خط لوله

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه شماره ۵	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد

### نکات ایمنی!

- ۱- پس از بریدن لوله ی مسی آن ها را با سوهان نرم پلیسه گیری کنید تا موقع سنباده زدن دست شما آسیب نبیند.
- ۲- تمیز کاری و فلاکس زنی قطعات کار را با دقت انجام دهید.
- ۳- موقع آزمایش لحیم قطعه کار را به گیره ی مناسب ببندید که فک های آن آج دار باشد.

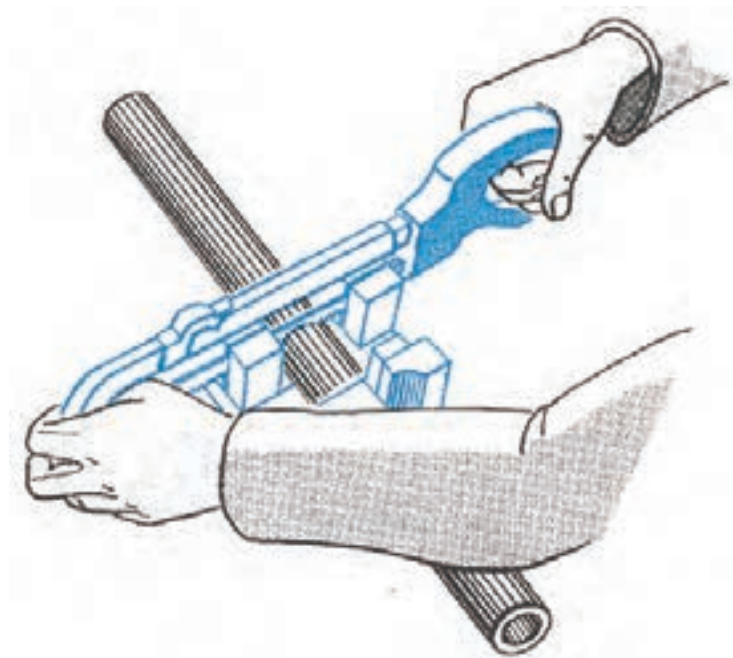


## ۹-۲ دستور العمل لحیم کاری سخت نقره با مشعل (کار شماره ۱۳)

لباس کار مناسب بپوشید و وسائل و ابزار کار را آماده کنید و با رعایت نکات ایمنی مراحل انجام کار را به ترتیب اجرا کنید.

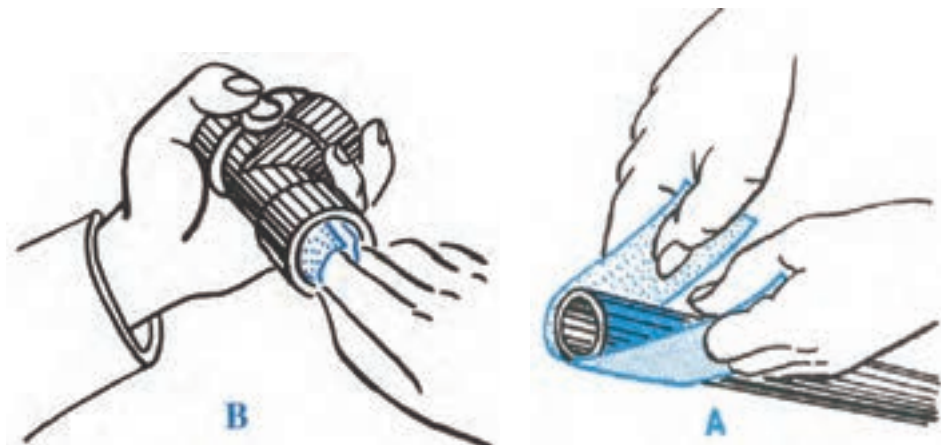
۱- از لوله مسی  $\frac{1}{4}$  به طول ۲ اینچ (۵۰ میلی متر) ببرید از لوله بر استفاده کنید.

(شکل ۹-۱۷)



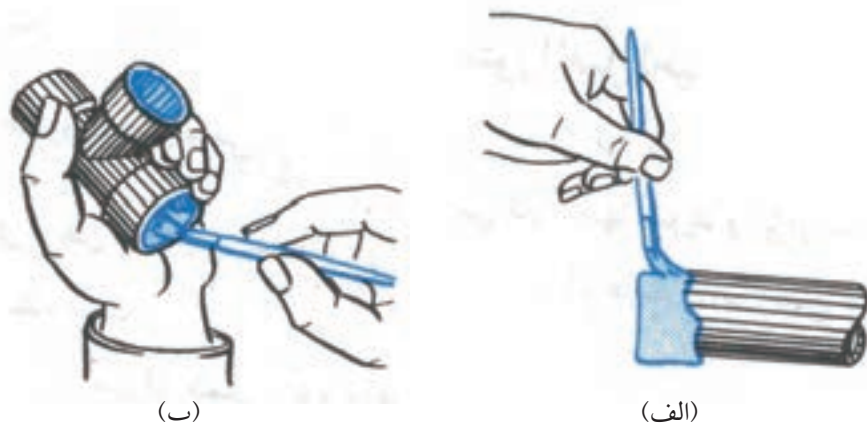
شکل ۹-۱۷

۲- سر لوله مسی و داخل سه راهی مسی را از زنگار پاک کنید. (شکل ۹-۱۸)



شکل ۹-۱۸

۳- سطوح سنباده زده را با گونیا کنترل کنید. و دور لوله و داخل سه راهی را با قلم مو به فلاکس آغشته کنید. (شکل ۹-۱۹)

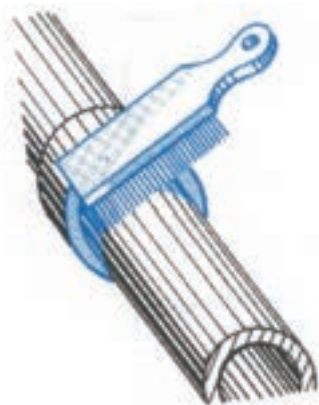


شکل ۹-۱۹

۴- لوله را داخل سه راهی جا بزنید و حرارت دهید (سر لوله و سه راهی).

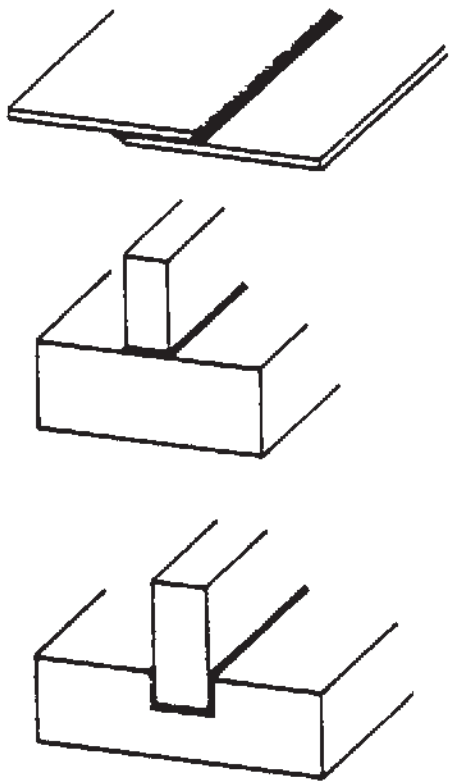
۵- سیم نقره را به لبه درز تکیه دهید تا ذوب شود و در درز جاری شود و دور تا دور کمی حرارت دهید تا لحیم خوب به داخل کشیده شود.

۶- شعله را خاموش و کار را از اضافات فلاکس با آب گرم و بُرس پاک کنید. (شکل ۹-۲۰)



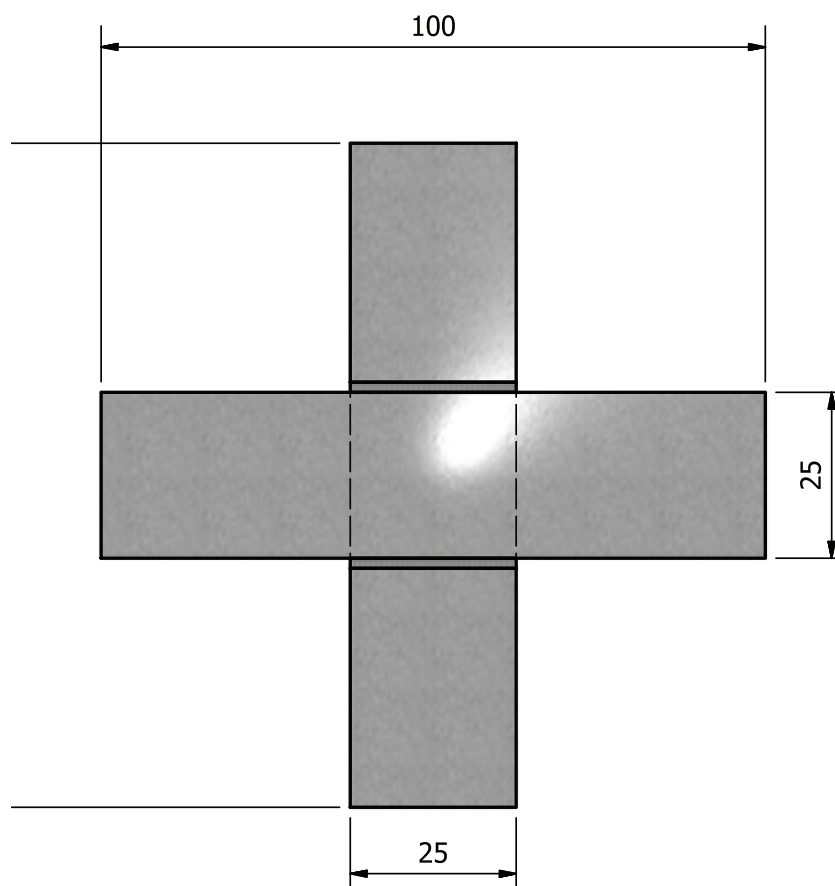
شکل ۹-۲۰

۷- به همین طریق چند نوع اتصال را با لحیم نقره کاری سخت کرده و از شکل های زیر کمک بگیرید تا به مهارت کامل برسید. (شکل ۹-۲۱)



شکل ۹-۲۱

۳-۹ دستور العمل لحیم کاری سخت (برنج) (کار شماره ۱۴)



	۱۰۰×۲۵×۱/۵	St ۳۷	۲	فولاد معمولی	۱۴
ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
				نام قطعه کار: تمرینی	مقیاس ۱:۱
				هدف‌های آموزشی: لحیم سخت برنج	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	دستگاه جوش گاز	کامل	یک دستگاه
۲	سر مشعل شماره ۱-۲	استاندارد	یک عدد
۳	برس سیمی	با سیم فولادی	یک عدد
۴	سوزن سر مشعل	استاندارد	یک عدد
۵	انبر قطعه گیر	کوچک	یک عدد
۶	فندک جوشکاری	استاندارد	یک عدد
۷	میز کار	مخصوص جوش گاز	یک عدد

### جدول مواد لازم

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	سیم لحیم برنج	Rcuzn	-	$\varnothing = 2$
۲	گاز اکسیژن با فشار	۲-۳ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۳	گاز استیلن با فشار	۰/۵ - ۱/۵ bar	-	از خط لوله یا دستگاه
۴	قطعات کار	St ۳۷	-	مطابق نقشه
۵	فلاکس مخصوص برنج	-	۵۰ گرم	پودر

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	نام	مشخصات	تعداد
۱	لباس کار	اندازه‌ی بدن	یک دست
۲	کفش ایمنی	اندازه‌ی پا	یک جفت
۳	عینک جوشکاری	با شیشه مناسب	یک عدد
۴	پیش بند	چرمی	یک عدد
۵	دستکش	چرمی	یک جفت
۶	کلاه ساده	نخی - کتان	یک عدد
۷	ماسک تنفسی	استاندارد	یک عدد

#### نکات ایمنی!

۱- در اتصالات عدم نشستی گاز را با آب صابون کنترل کنید.

۲- دقت کنید که کپسول‌های استیلن و اکسیژن به دیوار یا ازابه‌ی جوشکاری محکم بسته شده باشد.

۳- از وارد کردن هر نوع ضربه به کپسول‌های گاز تحت فشار خودداری کنید.

۴- از وسایل ایمنی فردی سالم استفاده کنید.

۵- مراقبت نمایید کپسول اکسیژن و اتصالات لوله‌ی اکسیژن به چربی و مواد چرب آغشته نشود.

### ۳-۹ دستور العمل لحیم کاری سخت (برنج) (کار شماره ۱۴)

با پوشیدن لباس کار و تدارک ابزار کار و وسایل ایمنی ضمن رعایت نکات ایمنی مراحل زیر را اجرا کنید.

۱- از ورق آهن ۱/۵ میلی متری به ابعاد ۱۰۰×۲۵×۱/۵ دو عدد تهیه کنید و لبه‌های آن را پلیسه‌گیری و صاف کنید. (شکل ۹-۲۲)



شکل ۹-۲۲

۲- قطعات را اکسید زدایی کنید (بُرس سیمی، سنباده)

۳- به وسایل ایمنی فردی مجهز شوید و با استفاده از سر مشعل یا سر پیک که عدد ۱۰۰ یا ۱-۲ mm روی آن حک شده است شعله‌ای خنثی و مناسب تنظیم کنیم و سطح کار را تا موقع سرخ شدن وسط کار گرم کنید. (شکل ۹-۲۳)



شکل ۹-۲۳

۴- مقدار کمی فلاکس مخصوص برنج جوش روی قسمت سرخ شده‌ی کار بریزید و آن را حرارت دهید تا چربی‌ها و کثافات روی قطعه پاک شود. (شکل ۹-۲۴)



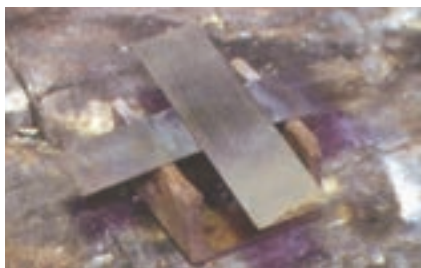
شکل ۹-۲۴

۵- تنه کار به صورت کف مطابق شکل (۹-۲۵) کار را تمیز کرده و امکان درگیری سطح کار با لحیم برنج فراهم می‌شود. یعنی وقتی فلاکس روی قطعه داغ شده کار می‌ریزیم کمی پُف کرده و سطح کار برای لحیم کاری آماده می‌شود.



شکل ۹-۲۵

۶- قطعه‌ی دوم را روی قطعه‌ی اول مطابق شکل (۹-۲۶) قرار دهید. توجه داشته باشید محل‌هایی که با فلاکس اندود و تمیز شده‌اند روی هم قرار گیرد.



شکل ۹-۲۶

۷- سیم برنج را با مشعل گرم کنید و در فلاکس قرار دهید تا مقداری فلاکس به آن بچسبد. (شکل ۹-۲۷)



شکل ۹-۲۷

۸- به شکل (۹-۲۸) که فلاکس به آن چسبیده است توجه کنید.



شکل ۹-۲۸

۹- با مشعل قطعه کار را حرارت داده و سیم برنجی آغشته به فلاکس را در یک طرف درز دو قطعه قرار داده و حرارت دهید تا مقداری از سیم لحیم ذوب شود. (شکل ۹-۲۹)



شکل ۹-۲۹

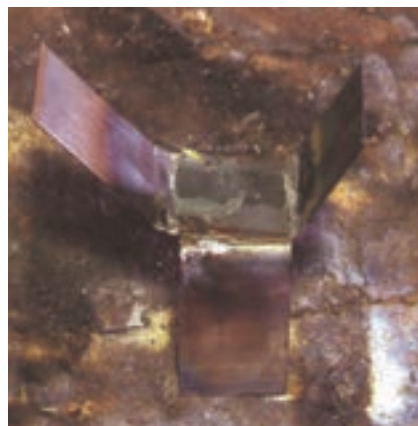
۱۰- سطح محل تماس دو قطعه کار را حرارت دهید تا لحیم در کل سطح تماس جاری شود و به طرف مقابل درز پیشروی کند. (شکل ۹-۳۰)



شکل ۹-۳۰



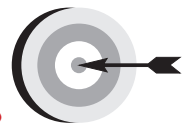
۱۱- قطعات کار را با برس سیمی و آب گرم و کمی پودر شستشو داده و تمیز کنید.  
(شکل ۹-۳۱)



شکل ۹-۳۱

۱۲- پس از بستن شیر فلکه گازها و جمع آوری و تمیز کردن محل کار، وسایل را به محل قبلی خود برگردانده و در جای مناسب قرار داده و یا به انبار کارگاه تحویل دهید.

## فصل دهم



### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. دستگاه برشکاری گاز را آماده به کار نماید.
۲. فشار گازها را برای برشکاری تنظیم کند.
۳. سر مشعل مناسب به مشعل ببندد.
۴. شعله برشکاری را روشن و تنظیم کند.
۵. روی خط صاف فولاد معمولی را برشکاری کند.
۶. در تمام مراحل نکات ایمنی را رعایت کند.

## ۱۰: آماده‌سازی دستگاه برشکاری با شعله گاز

### مراحل انجام کار



- ۱- با لباس کار و وسائل ایمنی لازم آماده به کار شوید.
- ۲- رگولاتور اکسیژن را به کپسول اکسیژن و رگولاتور استیلن را به کپسول استیلن وصل کنید. (شکل ۱۰-۱)

### تذکر مهم

توجه داشته باشید که رگولاتور استیلن با مهره‌ی چپ‌گرد به کپسول استیلن وصل می‌شود. این امر در مورد تمام گازهای قابل اشتعال صادق است.



شکل ۱۰-۱

- ۳- شیلنگ‌ها را به رگولاتور مربوط با بست مخصوص وصل کنند. (شکل ۱۰-۲)



شکل ۱۰-۲

### تذکر مهم

به بازدید کنندگان قبل از ورود به کارگاه نکات ایمنی لازم را یادآور شوید تا در حین بازدید مشکلی پیش نیاید.



شکل ۱۰-۳

دقت کنید شیلنگ قرمز رنگ به رگولاتور استیلن و شیلنگ آبی یا سبز به رگولاتور اکسیژن وصل شود. (شکل ۱۰-۳)



شکل ۱۰-۴

۴- سر دیگر شیلنگ‌ها را با بست مخصوص به مشعل برشکاری مخصوص اکسی استیلن وصل کنید. (شکل ۱۰-۴)

### تذکر مهم

دقت کنید شیلنگ اکسیژن و شیلنگ استیلن جابه‌جا بسته نشود البته محل وصل شیلنگ اکسیژن دارای قطر بیشتری از محل وصل شیلنگ استیلن است، که می‌تواند مانع اشتباه شود.



شکل ۱۰-۵

۵- شیرهای خروجی گاز اکسیژن و استیلن مربوط به مشعل را کاملاً ببندید. (شکل ۱۰-۵)

۶- دستگاه آماده به کار است.

۷- برای ایمنی بیشتر اتصالات را از نظر نشتی کنترل کنند.

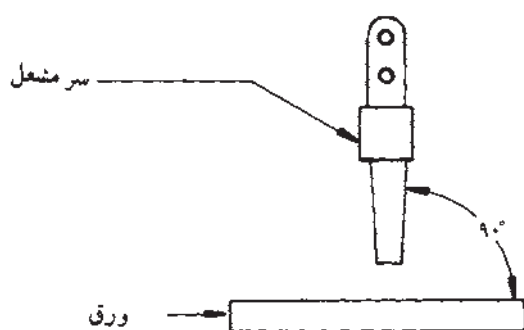
## عملیات برشکاری با شعله اکسی استیلن

### ● اطلاعات عمومی کار

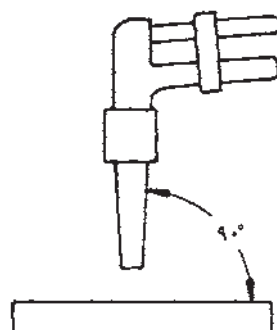
تقریباً لبه تمام قطعات بریده‌ای که جوشکار ضمن کار خود به آن برمی‌خورد، اعم از آن که در امتداد خط مستقیم یا منحنی باشد قائم یا مایل است. در بسیاری از کارخانه‌های تولیدی ضرورت ندارد که جوشکار بتواند خود عمل بریدن را انجام دهد، اما هنرجو یا دانشجوی مراکز آموزشی باید قادر به انجام عمل بریدن باشد. بریدن با اکسی استیلن شیوه سریع و مقرون به صرفه تهیه قطعات است.

### ● تکنیک بریدن

در موقع بریدن باید شعله مناسب را تنظیم نموده و مشعل را در دست چپ نگه داریم و از دست راست برای حرکت دادن مشعل در امتداد خط برش استفاده کنیم. از شست دست راست برای به کار انداختن اهرم اکسیژن برش استفاده کرد. نوک مخروط شعله گرم کننده در حدود  $1/5$  میلی‌متر بالاتر از سطح ورق نگه داشته می‌شود. وقتی تکه‌ای از ورق فلزی به رنگ قرمز روشن گرم شد اهرم تنظیم اکسیژن برش را فشار می‌دهند و عمل بریدن شروع می‌شود. برای بریدن قائم سر مشعل برش باید از تمام جهات به سطح ورق عمود باشد. (شکل‌های ۱۰-۶ و ۱۰-۷)

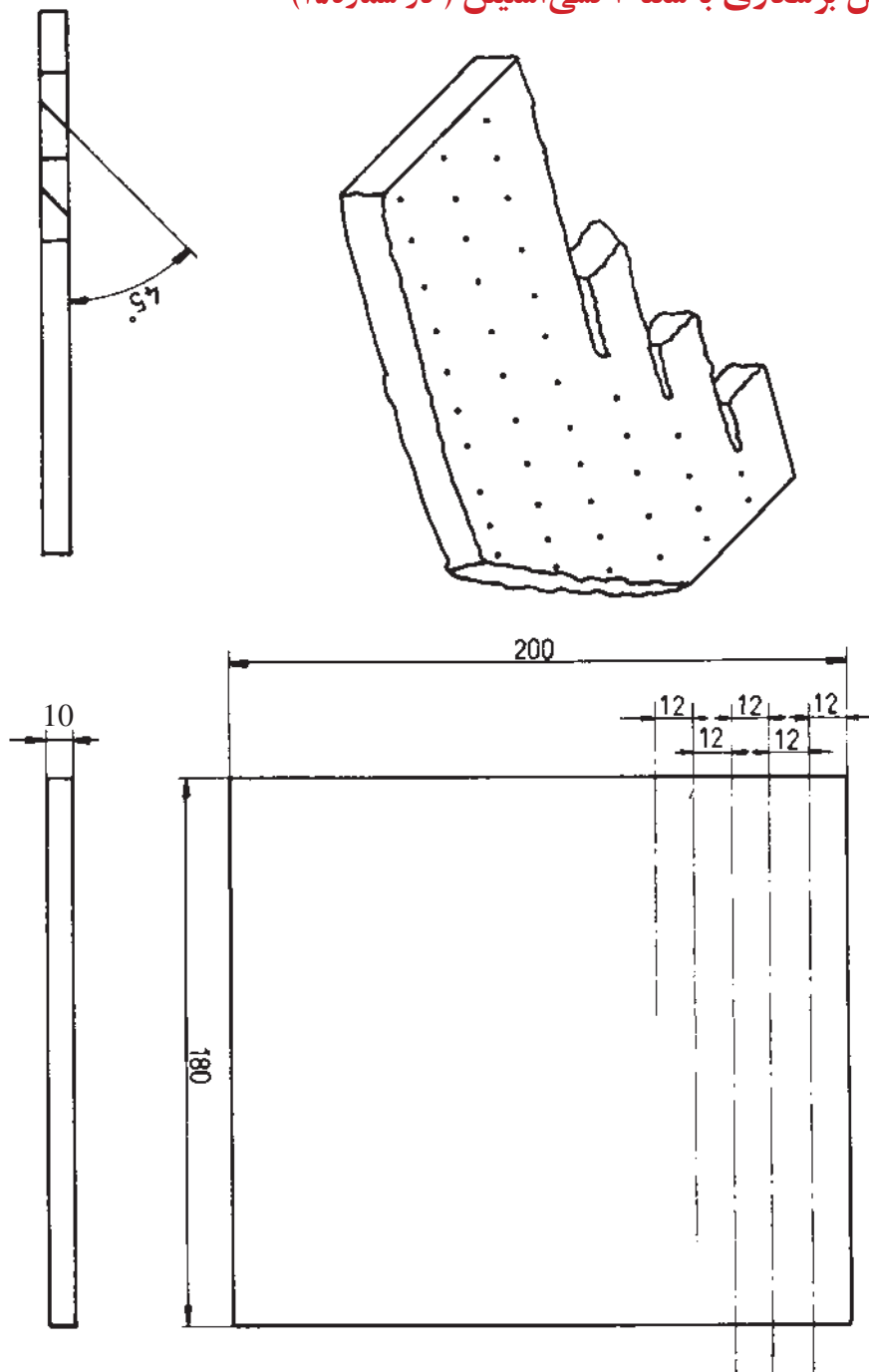


شکل ۱۰-۷



شکل ۱۰-۶

۱-۱۰: دستورالعمل برشکاری با شعله اکسی استیلن (کار شماره ۱۵)



	۲۰۰×۱۸۰×۱۰	St ۳۷	۱	فولاد معمولی	۱۵
ملاحظات	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
				نام قطعه کار: تمرینی برشکاری اکسی استیلن	مقیاس ۱:۱
				هدف‌های آموزشی: برشکاری با شعله خط راست بدون پیخ	تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

مشخصات	تعداد	ابزار و تجهیزات	ردیف
نازل ۱/۲	۱	مشعل و سر مشعل برشکاری	۱
ساده	۱	فندک جوشکاری	۲
استاندارد	۱	انبر قطعه گیر	۳
فلزی ۲۵ سانتی متری	۱	خط کش	۴
کوچک	۱	سنه نشان	۵
ساده	۱	جکش جوش	۶
سیم فولادی	۱	برس سیمی	۷
با وسایل کامل	۱	چرخ دستی برشکاری	۸

### جدول وسایل ایمنی

مشخصات	تعداد	وسایل ایمنی	ردیف
چرمی	۱	پیش بند	۱
چرمی	۱	دست کش	۲
مناسب بدن	۱ دست	لباس کار	۳
مناسب اندازه پا	۱ جفت	کفش ایمنی	۴
چرمی	۱ جفت	ساق بند	۵
شیشه‌ی نمره ۶	۱	عینک حفاظتی	۶



## ۱-۱۰: دستورالعمل برشکاری با شعله اکسی استیلن (کار شماره ۱۵)

### مراحل انجام کار

۱- آماده به کار شوید.

۲- ورق را بگیرید، برای کنترل اندازه‌ها به نقشه مراجعه کنید.

۳- از انبار گونیا و خط کش و سنبه نشان و سوزن خط کش بگیرید.

۴- طبق نقشه خطوط موازی روی ورق فولادی بکشید. (۸-۱۰)



شکل ۸-۱۰



شکل ۹-۱۰

۵- خطوط ترسیم شده را با سنبه نشان علامت گذاری کنید. (شکل ۹-۱۰)



شکل ۱۰-۱۰

۶- دستگاه اکسی استیلن را مهیا و آماده به کار کنید.

۷- دستگاه اکسی استیلن را برای فشار  $\frac{N}{mm^2}$  ۰/۳ یا ۵ psi و رگولاتور اکسیژن را برای  $\frac{N}{mm^2}$  ۱/۴ یا ۲۰ psi تنظیم نمایید.

۸- مشعل را روشن کنید. شعله مناسب را تنظیم نمایید. طبق نقشه عمل بریدن را شروع

کنید. (شکل ۱۰-۱۰)

۹- تفاله و اکسید را از شکاف برش دور کنید و آنرا بازرسی نمایید.

۱۰- این نوع بریدن و برش مایل را آنقدر تمرین کنید تا بتوانید برش‌های هموار و پاکیزه به دست آورید.

۱۱- مشعل برش را از دستگاه باز کنید و وسایل را جمع‌آوری کنید.

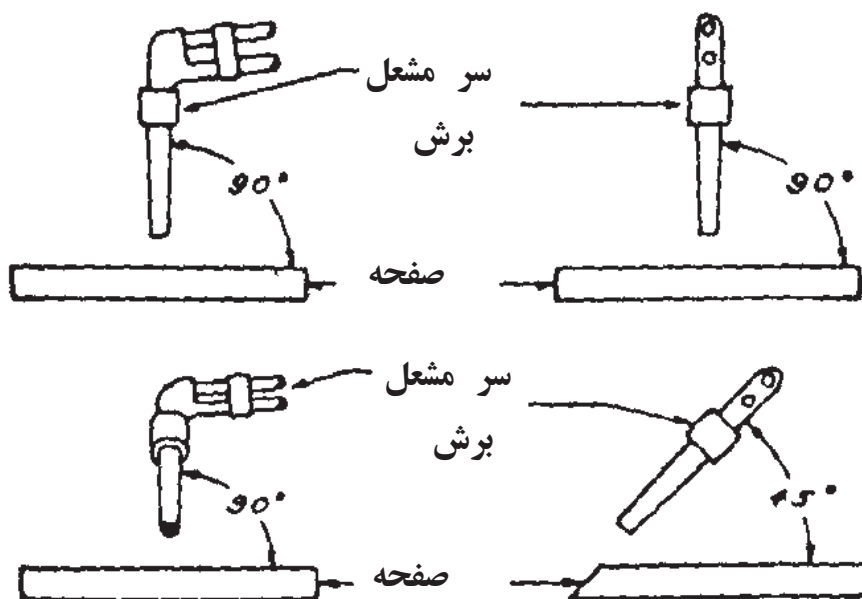
۱۲- قطعه کار را به مربی خودتان تحویل دهید و معایب کار را سؤال کنید.



شکل ۱۰-۱۱

بریدن مایل سر مشعل را به اندازه زاویه مطلوب نسبت به ورق مایل نگه می‌دارند (شکل ۱۰-۱۱).

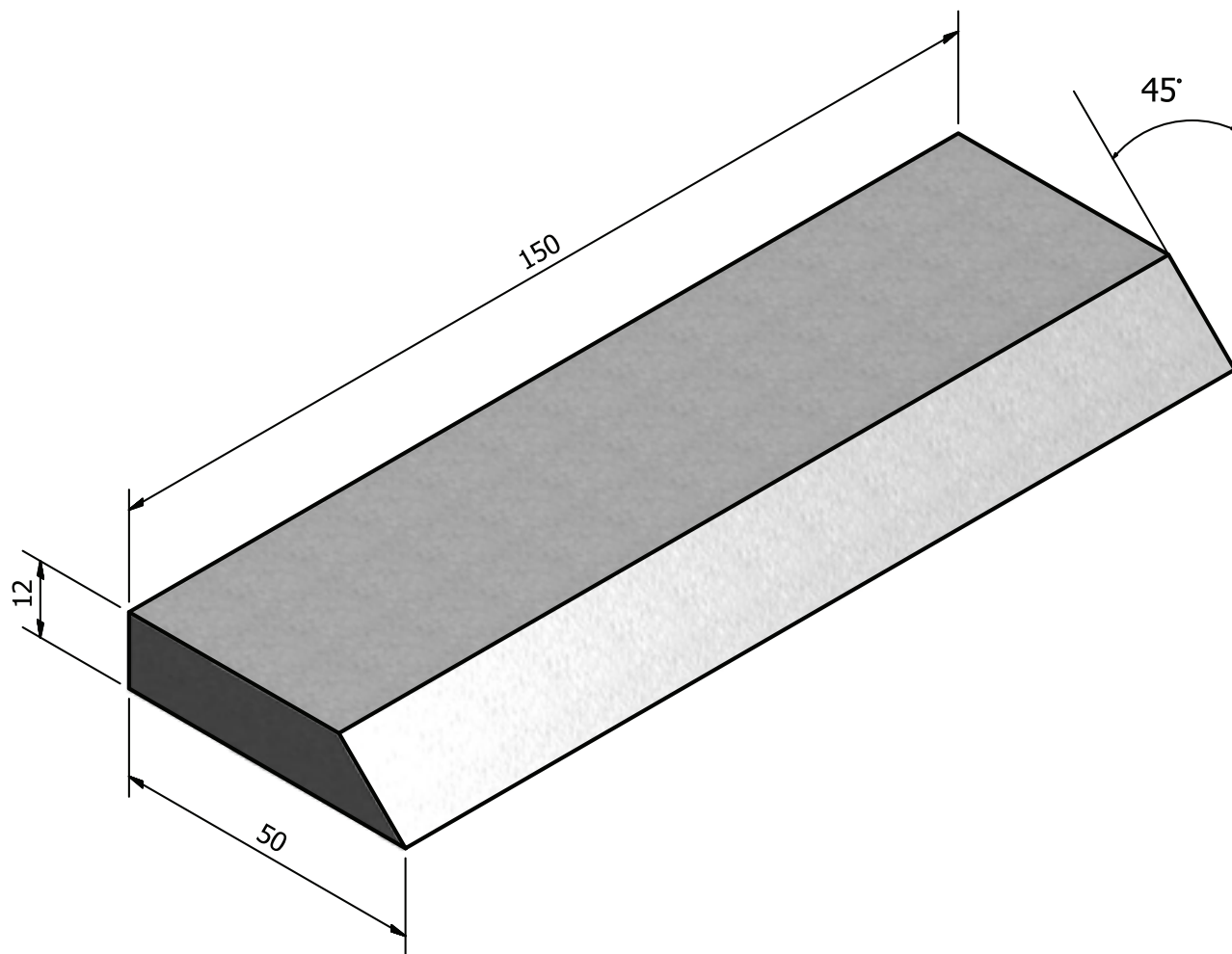
سرعت پیشروی مشعل باید ثابت و یکنواخت باشد. اگر سر مشعل به جلو و عقب نوسان کند شکاف برش بزرگ خواهد شد و علاوه بر آن سطوح شکاف دنداندار می‌شود و مقداری زمان و ماده نیز به هدر خواهد رفت. سرعت پیشروی مشعل متناسب با عمل برش انتخاب می‌شود و بر حسب ضخامت فلز و اندازه نازلی که استعمال می‌شود تغییر می‌کند. به دقت مراقب عمل برش باشید و مطمئن شوید که ذرات تفرقه یا اکسید فلزی آزادانه از شکاف برش به خارج پرتاب گردد و در کف شیار جمع نشود، زیرا مانع بریدن شده و لبه‌های خشن و دنداندار ایجاد می‌نماید.



### ● بازرسی

لبه‌های فوقانی قطعات بریده باید تیز و دنداندار نباشد. به لبه‌های تحتانی آن‌ها باید مقداری اکسید چسبیده باشد، اما این اکسید نباید چندان زیاد باشد. پیشانی برش باید قائم، همواره و صاف باشد. باید کوشید که هیچ یک از ذرات مذاب میان شکاف برش گیر نکند. ورقه پاکیزه بریده شده است که پس از اتمام عمل بریدن، قطعه بریده شده خود به خود از ورق جدا شود و لبه تحتانی شکاف برش به یکدیگر جوش نخورد.

۲-۱۰: دستورالعمل پخ بری با مشعل برش (کار شماره ۱۶)



ملاحظات	۱۵۰×۵۰×۱۲	St ۳۷	۱	فولاد معمولی	۱۶
	اندازه‌ی قطعه	جنس	تعداد	مشخصات قطعه کار	شماره
	نام قطعه کار: تمرینی برشکاری اکسی استیلن				مقیاس ۱:۱
	هدف‌های آموزشی: برشکاری با شعله خط راست با پخ ۴۵ درجه				تولرانس خشن

### جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	مشعل و سر مشعل برشکاری	۱	نازل ۱/۲
۲	فندک جوشکاری	۱	ساده
۳	انبر قطعه گیر	۱	استاندارد
۴	خط کش	۱	فلزی ۲۵ سانتی متری
۵	سنه نشان	۱	کوچک
۶	جکش جوش	۱	ساده
۷	برس سیمی	۱	سیم فولادی
۸	چرخ دستی برشکاری	۱	با وسایل کامل

### جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	پیش بند	۱	چرمی
۲	دست کش	۱	چرمی
۳	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۴	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۵	ساق بند	۱ جفت	چرمی
۶	عینک حفاظتی	۱	شیشه‌ی نمره ۶

#### نکات ایمنی!

- ۱- بادست چرب یا آلوده به روغن شیر فلکه‌ی کپسول اکسیژن و پیچ‌های تنظیم آن را باز و بسته نکنید.
- ۲- قبل از انجام کار از محکم بودن بست اتصال شیلنگ‌های گاز قابل احتراق اطمینان حاصل کنید.
- ۳- از عینک مناسب جوشکاری استفاده نمایید.

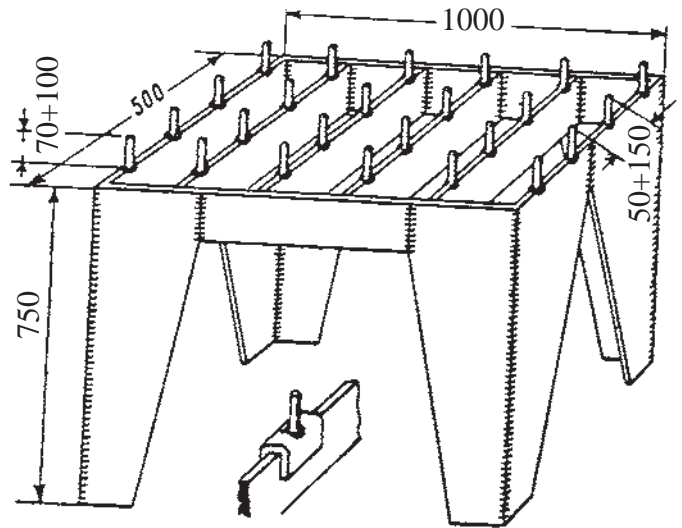
## ۲-۱۰: دستورالعمل پخ‌بری با مشعل برش (کار شماره ۱۶)

برای آماده‌سازی لبه‌های قطعات ضخیم فولادی عمل پخ‌زنی با روش‌های مختلف انجام می‌شود از جمله سنگ‌زنی، ماشین‌کاری و پخ‌بری با شعله.

### مراحل انجام کار

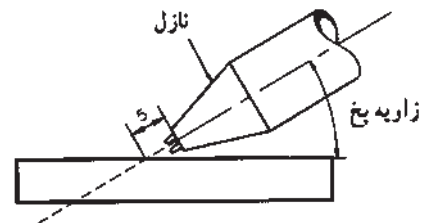


- ۱- پس از پوشیدن لباس کار و تجهیزات ایمنی دستگاه برشکاری را آماده به کار نمایید.
- ۲- کار را روی میز کار برشکاری قرار دهید نمونه میز برشکاری در شکل (۱۰-۱۲) مشاهده می‌شود دلیل وجود میله‌هایی که به عنوان تکیه‌گاه روی میز وجود دارد این است که سطح تماس کار با میز کار حداقل بوده و تبادل گرمایی کمتر باشد و یا کار را روی دو قطعه فولادی قرار دهید.



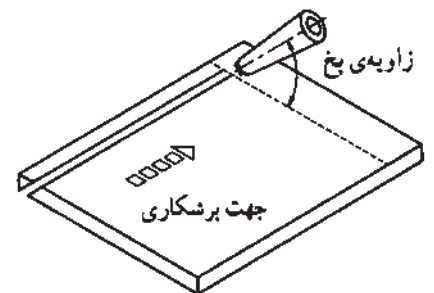
شکل ۱۰-۱۲ یک نمونه میز مناسب برای اجرای برشکاری با گاز بر روی آن، ابعاد داده شده بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

- ۳- با توجه به آن چه در شکل (۱۰-۱۳) مشاهده می‌شود با استفاده از جدول شماره ( ) نازل برش را انتخاب کنید و به سر مشعل ببندید.
- ۴- شعله خنثی برای پیش گرم محل برش ایجاد کنید و با توجه به شکل (۱۰-۱۳) مشعل را در فاصله ۵ میلی‌متری سطح کار قرار داده و ابتدای کار را حرارت دهید.



شکل ۱۰-۱۳

- ۵- پس از سرخ شدن قطعه کار اهرم اکسیژن اضافی برای برش را فشار دهید تا برشکاری شروع شود و به آرامی تا پایان خط برشکاری نمایید. (شکل ۱۰-۱۴)



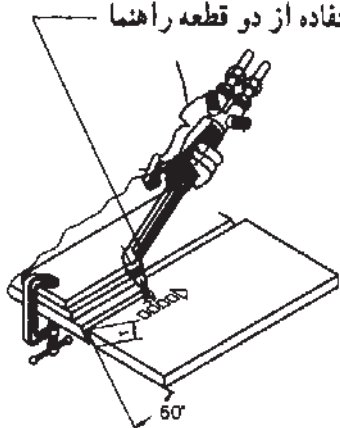
شکل ۱۰-۱۴

۶- با استفاده از قطعات کمکی می‌توان زاویه و مسیر حرکت را ثابت نمود. شکل

ثابت ماندن زاویه و راستای برش  
با استفاده از دو قطعه راهنما

(۱۰-۱۵)

۷- قطعه‌ی دوم را مانند قطعه‌ی اول ببرید.



شکل ۱۰-۱۵

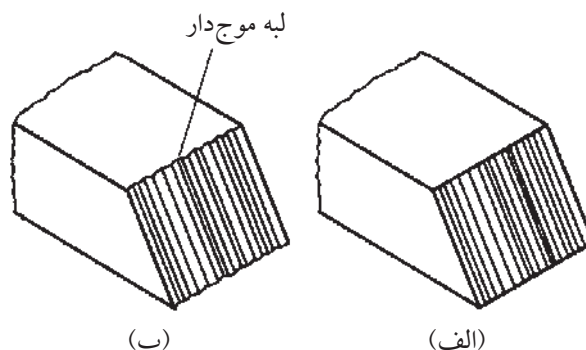
۸- در پایان برشکاری شعله را خاموش کنید. برای این کار ابتدا شیر گاز سوختنی و

سپس شیر اکسیژن را ببندید.

شکل (الف) این یک برش مطلوب است، زیرا خطوط برش صاف است شکل

(ب) یک برش نامطلوب است زیرا سطح برش دندانه‌دار شده است و لبه سطوح

دندانه‌دار شده است و این موضوع نشان از برشکاری با کیفیت نامطلوب است.



(ب)

(الف)

شکل ۱۰-۱۶



### ۳-۱۰: دستور العمل سوراخ کاری با مشعل برش (کار شماره ۱۷)

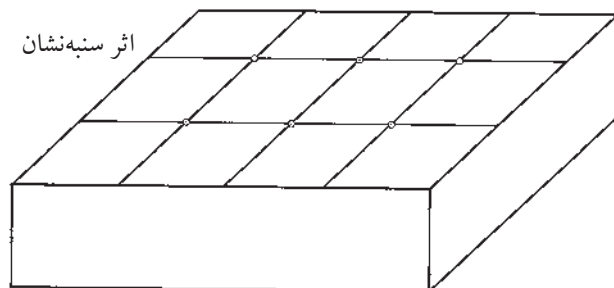
سوراخ کاری با شعله، برای ایجاد سوراخ عبور پیچ‌ها در صفحات فولادی (ساختمان فلزی) و یا به منظور شروع یک برش در وسط یک ورق کاربرد دارد.



#### مراحل انجام کار

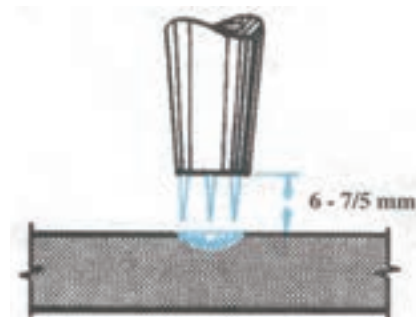
۱- با استفاده از امکانات و وسایل ایمنی به کار گرفته برای کار آماده شوید و سر مشعل مناسب را به مشعل ببندید.

۲- یک قطعه ورق به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر =  $\frac{1}{4}$ " انتخاب کنید و بر روی آن چند نقطه را، برای سوراخ کردن، با سنبه نشان مشخص کنید. (شکل ۱۷-۱۰)



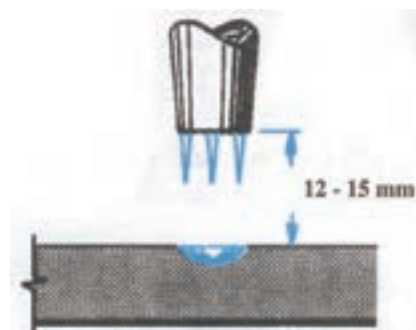
شکل ۱۷-۱۰

۳- شعله را تنظیم کنید و آن را در فاصله‌ی ۶-۷/۵ میلی‌متر از سطح قطعه کار نگهدارید تا کار گرم و سرخ شود. (شکل ۱۸-۱۰)



شکل ۱۸-۱۰

۴- پس از سرخ شدن قطعه کار مشعل را به اندازه‌ی ۱۲-۱۵ میلی‌متر از قطعه کار دور کنید (شکل ۱۹-۱۰) و اهرم اکسیژن اضافی را فشار دهید تا اکسیژن اضافی باعث اکسید شدن شعله شده و کار را سوراخ کند.

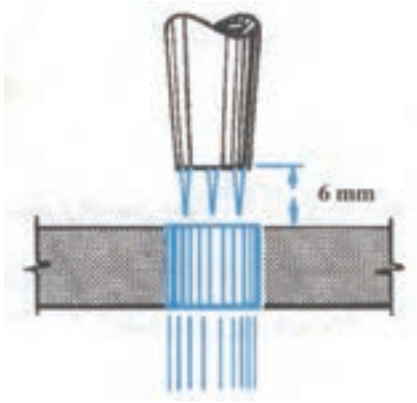


شکل ۱۹-۱۰

#### نکته‌ی ایمنی

توجه داشته باشید ذرات مذاب لباس اطرافیان را نسوزاند.

۵- پس از سوراخ شدن کار فاصله‌ی مشعل تا کار را تا ۶ میلی‌متر کم کنید. (۱۰-۲۰)



شکل ۱۰-۲۰

۶- با حرکت دورانی سر مشعل اطراف سوراخ می‌توانید قطر سوراخ را بزرگ کنید.

۷- سایر سوراخ‌ها را به همین ترتیب ایجاد کنید. با تمرین بیشتر، به مهارت کافی دست خواهید یافت.

۸- در پایان کار شعله را خاموش کنید و سایل را به طور منظم جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید.





جدول برشکاری فولاد کم کربن به روش دستی با شعله اکسیژن - استیلن

ضخامت ورق میلی متر	قطر مجرای پستانک برش میلی متر	سرعت برش متر در ساعت	مصرف اکسیژن		مصرف استیلن	
			لیتر در ساعت	لیتر در متر	لیتر در ساعت	لیتر در متر
-	۰/۹۵-۱	۳۰-۴۵	۱۲۶۰-۱۵۴۰	۳۵-۴۲	۱۹۶-۲۵۲	۶-۷
۶	۰/۹۵-۱/۵	۲۴-۳۹	۱۴۰۰-۲۶۰۴	۵۹-۶۷	۲۵۲-۳۰۸	۸-۱۱
۹	۰/۹۵-۱/۵	۲۲/۵-۳۶	۱۶۸۰-۳۲۲۰	۷۵-۹۰	۲۸۰-۳۳۶	۱۰-۱۲
۱۲/۵	۱/۲-۱/۵	۱۸-۳۳	۱۸۴۸-۳۵۰۰	۱۰۳-۱۰۶	۲۸۰-۳۶۴	۱۲-۱۶
۱۹	۱/۲-۱/۵	۱۸-۳۰	۳۲۷۶-۴۰۰۴	۱۳۳-۱۸۲	۳۳۶-۴۲۰	۱۴-۱۹
۲۵	۱/۲-۱/۵	۱۳/۵-۲۷	۳۶۴۰-۴۴۸۰	۱۶۶-۲۶۹	۳۶۴-۲۵۶	۱۷-۲۷
۳۷/۵	۱/۵-۲	۹-۲۱	۴۰۰۴-۴۹۸۴	۱۸۳-۲۹۶	۴۲۰-۵۰۴	۲۰-۳۱
۵۰	۱/۷-۲	۹-۱۹/۵	۵۱۸۰-۶۴۶۸	۳۳۱-۵۷۳	۴۴۸-۵۶۰	۲۹-۵۰
۷۵	۱/۷-۲	۶-۱۵	۶۷۲۰-۸۱۲۰	۵۴۰-۱۱۱۶	۵۳۲-۶۴۴	۴۳-۸۹
۱۰۰	۲-۲/۲	۶-۱۲	۸۲۰۴-۱۰۸۶۴	۹۰۲-۱۳۶۲	۵۸۸-۷۲۸	۶۱-۸۹
۱۲۵	۲-۲/۲	۵/۲۵-۹/۶	۹۷۱۶-۱۲۲۳۶	۱۲۷۱-۱۸۴۵	۶۷۲-۸۱۲	۸۵-۱۲۸
۱۵۰	۲/۴-۲/۵	۴/۵-۸/۱	۱۱۲۰۰-۱۵۸۷۶	۱۹۵۳-۲۴۸۳	۷۵۶-۹۹۶	۱۱۱-۱۶۸
۲۰۰	۲/۵	۳/۹-۶/۳	۱۴۱۴۰-۱۷۲۲۰	۲۷۲۵-۳۶۱۳	۸۸۲-۱۰۷۸	۱۷۱-۲۲۵
۲۵۰	۲/۵	۲/۸۵-۴/۸	۱۷۰۸۰-۲۱۰۰۰	۴۳۶۲-۵۹۷۱	۱۰۳۳-۱۲۶۳	۲۳۹-۳۵۸
۳۰۰	۳	۲/۱-۳/۹	۲۰۱۶۰-۲۴۶۴۰	۶۲۹۶-۹۵۷۹	۱۱۸۴-۱۴۴۸	۳۷۱-۵۶۳



جدول انتخاب پستانک در جوشکاری ورق‌های فلزی به ضخامت‌های مختلف

قطر سیم جوشکاری	مصرف تقریبی گاز به لیتر در ساعت		فشار تقریبی گازها پوند بر اینچ مربع		طول متوسط شعله به میلی‌متر	ضخامت ورق به میلی‌متر	سوراخ پستانک به میلی‌متر	شماره پستانک
	استیلن	اکسیژن	استیلن	اکسیژن				
۱/۵	۱۰۸	۱۰۸	۱	۱	۴/۵	۱/۵	۰/۸۵	۱
۱/۵ تا ۲	۱۳۵	۱۳۵	۲	۲	۶/۲۵	۱/۵ تا ۲/۵	۰/۹۸	۲
۳	۲۱۶	۲۱۶	۳	۳	۷/۵	۲/۵ تا ۴/۵	۱/۴	۳
۴/۵	۳۲۴	۳۲۴	۴	۴	۹	۴/۵ تا ۷/۵	۱/۶	۴
۶/۲۵	۵۱۳	۵۱۳	۵	۵	۱۰/۵	۷/۵ تا ۱۰/۵	۱/۹۶	۵
۶/۲۵	۶۲۱	۶۲۱	۶	۶	۱۲/۵	۱۰/۵ تا ۱۵	۲/۱۸	۶
۶/۲۵	۹۴۵	۹۴۵	۷	۷	۱۲/۵	۱۵ تا ۲۰	۲/۴۹	۷
۶/۲۵	۱۲۸۶	۱۲۸۶	۸	۸	۱۳/۵	۲۰ تا ۲۵	۲/۷	۸
۶/۲۵	۱۵۴۰	۱۵۴۰	۹	۹	۱۵	بیش از ۲۵	۲/۹۵	۹
۶/۲۵	۲۵۳۵	۲۵۳۵	۱۰	۱۰	۲۰	بیش از ۲۵	۳۵/۵۵	۱۰
۶/۲۵	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۱۰	۱۰	۲۲	بیش از ۲۵	۳/۷۳	۱۱
۶/۲۵	۲۹۷۰	۲۹۷۰	۱۰	۱۰	۳۲	بیش از ۲۵	۳/۷۹	۱۲

علایم اختصاری پوند بر اینچ مربع: P.S.I=Pound per Spuar Inch

$$1 \text{ P.S.I.} = 0.07 \text{ bar} \quad \text{و} \quad 1 \text{ bar} = 14.22 \text{ P.S.I.}$$

### جدول تعیین شماره عینک و ماسک جوشکاری

درصد اشعه‌های عبوری از شیشه			موارد استفاده	شماره شیشه
ماوراء بنفش مضر	مادون قرمز	نور مرئی غیر مضر		
۱/۰۷۵ درصد	۰/۸۷ درصد	۲۸ درصد	انعکاس نور شدید و گرمکاری قطعات	شماره ۲
۱/۰۳۵ درصد	۰/۴۳ درصد	۱۶ درصد	لحیم نرم با شعله	شماره ۳
۰/۰۹۷ درصد	هیچ	۶/۵ درصد	لحیم سخت با شعله استیلن	شماره ۴
۰/۰۴۶ درصد	هیچ	۲ درصد	جوشکاری و برشکاری سبک استیلن	شماره ۵۲
هیچ	هیچ	۰/۸ درصد	استاندارد جوشکاری اکسی استیلن	شماره ۶
هیچ	هیچ	۰/۲۵ درصد	جوشکاری سنگین گاز، برشکاری و جوشکاری برق تا ۷۵ آمپر	شماره ۸
هیچ	هیچ	۰/۰۱۴ درصد	جوشکاری و برشکاری برق بین ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر	شماره ۱۰
هیچ	هیچ	۰/۰۰۲ درصد	جوشکاری و برشکاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	شماره ۱۲
هیچ	هیچ	۰/۰۰۰۳ درصد	جوشکاری و برشکاری با الکتروود کربنی	شماره ۱۴

### جدول تابلوی مصرف گاز و زمان جوشکاری

شماره مشعل میلی متر	ضخامت ورق میلی متر	زمان جوش دقیق در هر متر	مصرف اکسیژن		مصرف استیلن	
			لیتر در ساعت	لیتر در هر متر	لیتر در ساعت	لیتر در هر متر
۱-۲	۱	۶		۱۵		۱۵
۱-۲	۲	۱۲	۱۵۰	۳۰	۱۵۰	۳۰
۲-۴	۲	۸		۴۰		۴۰
۲-۴	۴	۲۱	۳۰۰	۱۰۸	۳۰۰	۱۰۸
۴-۶	۴	۱۳		۱۰۸		۱۰۸
۴-۶	۶	۳۰	۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰	۲۵۰
۶-۹	۶	۱۸		۲۲۵		۲۲۵
۶-۹	۹	۴۲	۷۵۰	۵۳۵	۷۵۰	۵۳۵
۹-۱۴	۹	۲۶		۵۴۵		۵۴۵
۹-۱۴	۱۴	۶۵	۱۲۵۰	۱۳۹۰	۱۲۵۰	۱۳۹۰
۱۴-۲۰	۱۴	۴۰		۱۲۰۰		۱۲۰۰
۱۴-۲۰	۲۰	۱۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۲۰-۳۰	۲۰	۶۰		۲۶۰۰		۲۶۰۰
۲۰-۳۰	۳۰	۱۲۰	۲۶۰۰	۵۲۰۰	۲۶۰۰	۵۲۰۰



جدول منتخبی از مواد لحیم سخت، طبق استاندارد «DIN 8513»

کاربرد	حرارت کار	ترکیب اجزاء آلیاژ به درصد وزن	علامت اختصاری	گروه
فلزات اصیل	710	Ag = 67, Cu = 11 بقیه Cd = 10, Zn	L-Ag67Cd	مواد لحیمی سخت Ag - Cu - Cd
فلزات اصیل، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص (زنگ‌نزن)	640	Ag = 50, Cu = 15 بقیه Cd = 17, Zn	L-Ag50Cd	
فلزات اصیل، پوشش طلا روی آلیاژهای مس، فولاد مخصوص	620	Ag = 45, Cu = 17 بقیه Cd = 20, Zn	L-Ag45Cd	
فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل	680	Ag = 30, Cu = 28 بقیه Cd = 21, Zn	L-Ag30Cd	مواد لحیمی سخت Ag - Cu - Cd
فلزات اصیل	830	Ag = 83, Cu = 2 بقیه Cd	L-Ag83	
	730	Ag = 67, Cu = 23 بقیه Zn	L-Ag67	
	680	Ag = 60, Cu = 23 بقیه Cd = 3, Zn	L-Ag60n	
فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل	780	Ag = 25, Cu = 41 بقیه Zn	L-Ag25	
فولاد، نیکل، آلیاژهای نیکل	960	Ag = 85 بقیه Mn	L-85	مواد لحیمی سخت Ag - Cu - Cd
مس، آلیاژهای مس و نیکل	780	Ag = 72 بقیه Cu	L-72	
فلز سخت روی فولاد، مواد خام تنگستن و مولیبدن	840	Ag = 27, Cu = 38 Mn=10 Zn حداکثر =22	L-27	

جدول انواع لحیم‌های سخت، مواد تشکیل‌دهنده، دمای کار و موارد مصرف آنها

نام لحیم	علامت اختصاری	مقدار درصد فلز	حرارت کار درجه سانتی‌گراد	موارد مصرف لحیم (بهترین مورد مصرف)
لحیم فسفر	$L_{Cu} P8$	فسفر ۸ درصد مس ۹۲ درصد	۷۱۰	برای کارهای مس و کارهایی که فشار و کشش کم باشد.
لحیم برنج - نقره	$LM_s Ag$	مس ۵۰ درصد نقره ۴ تا ۶ درصد روی ۴۰ درصد سرب ۴ تا ۶ درصد	۸۱۰	برای قطعات فولادی دیواره نازک تا یک میلی‌متر از قبیل: چدن، آهن
برنج ۴۲	$LM_s 42$	مس ۴۱ تا ۴۹ درصد روی حداقل ۵۶ درصد	۸۵۴	برای کارهای مس و آلیاژهای آن نیکل و آلیاژهای آن و کارهای برنج
لحیم برنج ۴۸	$LM_s 48$	مس ۴۷ تا ۴۹ درصد روی حداقل ۵۰ درصد	۸۷۰	برای برنج با بیش از ۶۰ درصد مس، مس و آلیاژهای آن، فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۵۴	$LM_s 54$	مس ۵۵ درصد روی ۴۴ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۸۹۰	برای مس و آلیاژهای آن، فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۶۰	$LM_s 60$	مس ۶۰ درصد روی ۳۸ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۹۰۰	برای مس و آلیاژهای آن، فولاد و چدن سیاه
لحیم برنج ۸۵	$LM_s 85$	مس ۸۶ درصد روی ۱۳ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۱۰۲۰	مس و آلیاژهای آن، فولاد و چدن سیاه
لحیم مس	$Cu$	مس الکترولیت	۱۱۰۰ ۱۱۵۰	قطعات فولادی که تحت فشار زیاد باشند. قطعات فلزات سخت (روی فولاد چسباندن)

Forge Welding	جوش آهنگری
OFW= Oxyful Welding	جوشکاری گاز
SMAW= Shielded Metal Arc Welding	جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار
SAW= Submerged Arc Welding	جوشکاری زیر پودری
GMAW= Gas Metal Arc Welding	جوشکاری با قوس الکتریکی تحت پوشش گاز محافظ
GTAW= Gas Tungstan Arc Welding	جوشکار با قوس الکتریکی و الکتروود تنگستن تحت پوشش گاز محافظ
MIG= Metal Inert Gas	جوشکاری با الکتروود فلزی و گاز بی اثر
MAG= Metal Active Gas	جوشکاری با الکتروود فلزی و گاز فعال (کم اثر)
Air Cool	هوای خنک
Water Cool	آب خنک
Torch	مشعل (انبر جوشکاری)
TIG	جوشکاری با الکتروود تنگستن و گاز بی اثر
Dt = Destructive Testing	قسمت مخرب
NDt = Non Destructive Testing	قسمت غیر مخرب
Under Cut	بریدگی کناره جوش
Convexity	برجستگی بیش از اندازه
Fillet Weld	جوش ماهیچه‌ای (جوش گوشه)
Crater	چاله جوش (گود افتادگی در پایان خط جوش)
Gouging = Carbon Arc Cutting	برشکاری یا شیارزنی با الکتروود ذغالی
WPS = Welding Procedure Spesitication	دستورالعمل جوشکاری
Back Weld	جوش پشت درز
Soldering	لحیم کاری

Fluxes	فلاکس، روانساز
Brazing	لحیم کاری سخت
Resistance Welding	جوشکاری مقاومتی
Resistance Spot Welding	نقطه جوش
Forging	آهنگری
Projection Welding	جوش مقاومتی پیش طرحی
Seam Welding = R.S.W	درز جوش مقاومتی
Butt Welding = R.B.W	جوشکاری مقاومتی درز سر به سر
Flash Butt Welding	جوشکاری جرقه‌ای سر به سر
Induction Welding	جوشکاری القایی
High Frequency Resistance	جوشکاری مقاومتی با فرکانس بالا
Stud Welding	جوشکاری زائده‌ای
Friction Welding	جوشکاری اصطکاکی
Continuous Dirve Welding	جوشکاری اصطکاکی مداوم
Inertia Friction Welding	جوشکاری اصطکاکی لحظه‌ای
Lap Joint	اتصال لب روی هم
Butt Joint	اتصال لب به لب
Lop = Lack Of Penetration	عدم ذوب در ریشه
Lof = Lack Of Fusion	عدم ذوب
Over Lap	سر رفتن جوش روی فلز پایه
OFC = Oxyfuel Cutting	برشکاری با شعله گاز
OAC = Oxy Acetylene Cutting	برشکاری با اکسی استیلن
AWS = American Welding Society	انجمن جوشکاران آمریکا

(۱) Welding Guide & Hand Book

(۲) Essential Of Welding

(۳) اصول تکنولوژی جوشکاری، ل.م کرد، ترجمه محمد حسن حجتی

(۴) تکنولوژی و کارگاه جوشکاری، شاهدی، رحیمی

