بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه جوش (۱)

رشتهٔ تأسیسات

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۱۸۵۶

۶۷۱ بهرام‌زادگان، ناصر
۵۰۲۸/ کارگاه جوش (۱) / مؤلف : ناصر بهرام‌زادگان. ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتابهای
ک ۸۴۲ ب/ درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴ ۸۸ ص. : مصور. ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۸۵۶)
متون درسی رشتهٔ تأسیسات، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی رشتهٔ تأسیسات دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. جوشکاری ــ کارگاهها. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی رشتهٔ تأسیسات. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف‌کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

یکاهای اندازه‌گیری، علائم اختصاری و نقشه‌های موجود در این کتاب توسط کارشناسان تخصصی مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و به تأیید رسیده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **کارگاه جوش (۱) ـ ۳۵۸/۳۰**

مؤلف : **ناصر بهرام‌زادگان**

اعضای کمیسیون تخصصی : **حشمت‌الله منصف، عباس‌عباسی، اصغر قدیری مقدم، داود بیطرفان، امیر لیلازمهرآبادی، احمد آقازاده‌هریس و گیتی شیروانی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **مریم دهقان‌زاده**

صفحه‌آرا : **صغریٰ عابدی**

طراح جلد : **محمدحسن معماری**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

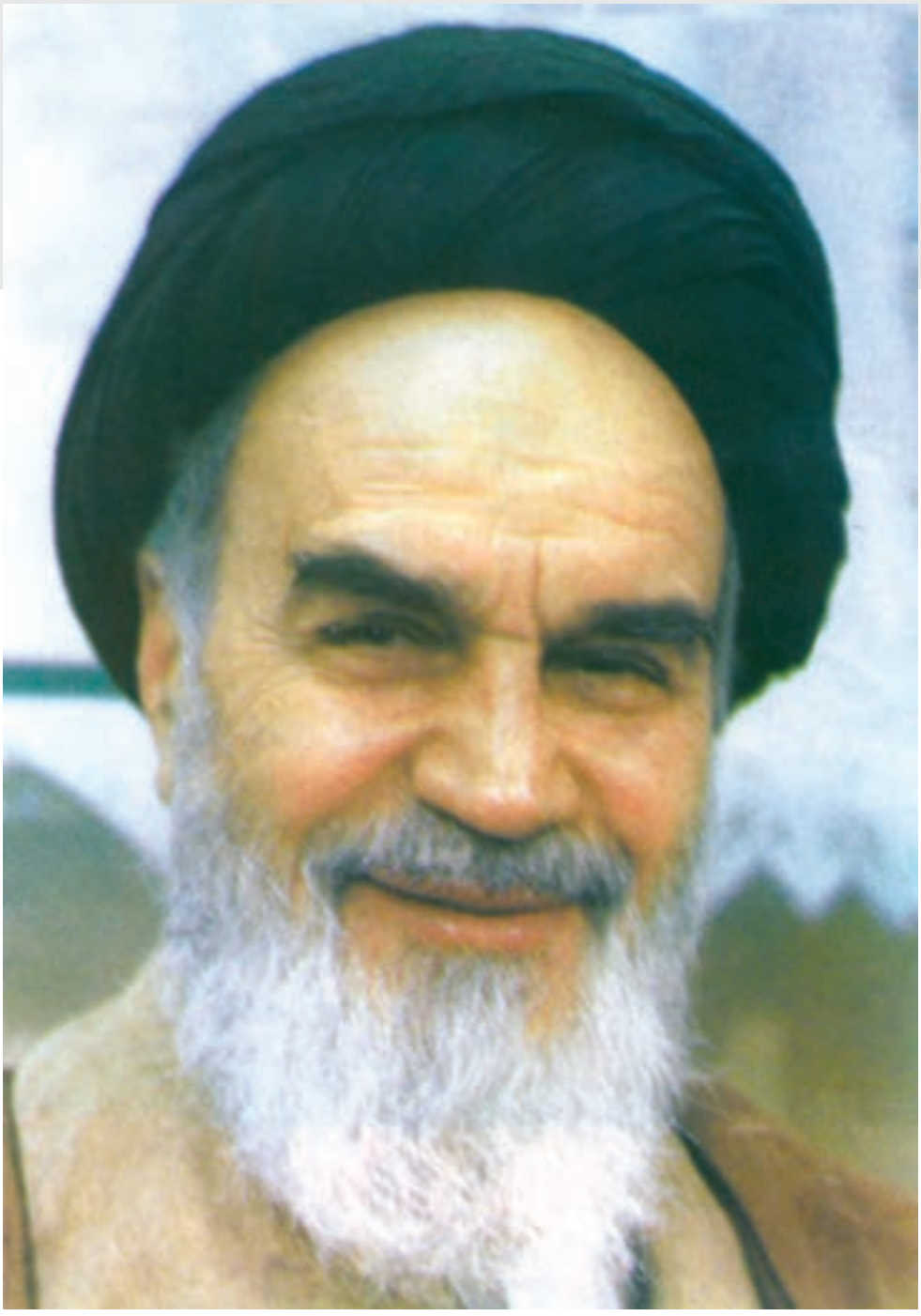
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ چهاردهم ۱۳۹۴**

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۵-۱۰۴۷-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1047-5**



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست مطالب

فصل اوّل : اتصالات ۱

۱ــ اتصالات ۱

۱ــ۱ــ مفهوم پیوند یا اتصال قطعات فلزی با یکدیگر ۱

۱ــ۲ــ روش‌های مختلف جوشکاری فلزات ۱

۱ــ۳ــ جوشکاری ذوبی ۲

فصل دوم : جوش اکسی استیلن ۳

۲ــ جوش اکسی استیلن ۳

۲ــ۱ــ وسایل جوش اکسی استیلن ۴

۲ــ۲ــ تهیه استیلن ۵

۲ــ۳ــ تهیه کاربید ۵

۲ــ۴ــ مولّدهای استیلن ۵

۲ــ۵ــ کپسول استیلن ۹

۲ــ۶ــ طرز تهیه اکسیژن ۱۱

۲ــ۷ــ کپسول اکسیژن ۱۲

۲ــ۸ــ رگلاتور ۱۵

۲ــ۹ــ مشعل‌ها و سایر ملزومات جوشکاری ۱۷

۲ــ۱۰ــ ایمنی در جوشکاری با روش اکسی استیلن ۲۵

فصل سوم : روش جوشکاری اکسی استیلن ۲۸

۳ــ روش جوشکاری اکسی‌استیلن ۲۸

۳ــ۱ــ روشن کردن مشعل ۲۸

۳ــ۲ــ شعله ۲۹

۳ــ۳ــ شعله اکسی استیلن ۳۰

۴ـ۳ـ انواع شعله ۳۱
۵ ـ۳ـ مشخصات شعله ۳۳
۶ ـ۳ـ آزمایش شعله ۳۳
۷ـ۳ـ کنترل شعله ۳۳
۸ ـ۳ـ پس زدن شعله(Flash back) ۳۳
۹ـ۳ـ دستگاه فلاش بک ۳۴
۱۰ـ۳ـ روش خاموش کردن شعله ۳۴
۱۱ـ۳ـ عوامل مؤثر در جوش ۳۵

فصل چهارم : تمرینات عملی جوشکاری اکسی‌استیلن ۳۶
۴ـ تمرینات عملی جوشکاری اکسی استیلن ۳۶
۱ـ۴ـ اتصالات اصلی در جوشکاری ۳۶
۲ـ۴ـ هدایت حوضچه مذاب ۳۹
۳ـ۴ـ جوشکاری بدون سیم‌جوش ۴۰
۴ـ۴ـ جوشکاری با استفاده از سیم‌جوش و ساخت مهره ۴۲
۵ ـ۴ـ اتصال سر به سر ۴۲
۶ ـ۴ـ اتصال لبه روی هم ۴۷
۷ـ۴ـ جوش زاویه داخلی و اتصال T شکل ۴۹
۸ ـ۴ـ جوشکاری در وضع قائم ۵۱
۹ـ۴ـ محدودیت‌های جوشکاری در ورق‌های ضخیم ۵۳
۱۰ـ۴ـ جوشکاری لوله با شعله اکسی‌استیلن ۵۴
۱۱ـ۴ـ کاربرد علائم جوشکاری ۶۲

فصل پنجم : لحیم‌کاری ۶۵
۵ ـ لحیم‌کاری ۶۵
۱ـ ۵ ـ لحیم‌کاری نرم ۶۵
۲ـ ۵ ـ بریزینگ (لحیم سخت) و برنج جوش ۶۸

فصل ششم : برشکاری، گاز ۸۲
۶ ـ برشکاری با شعله گاز ۸۲
۱ـ۶ ـ روش برشکاری با اکسیژن ۸۲
۲ـ۶ ـ مشعل برش ۸۳

فهرست منابع ۸۸

مقدمه

رسیدن به فناوری و دانش جوشکاری در سطح کشورهای صنعتی جهان یک‌باره امکان‌پذیر نیست بلکه نیاز به آموزش صحیح و گام به گام دارد. در این راستا باید از روش‌های بین‌المللی مهندسی جوش در برنامه‌ریزی آموزش جوشکاری استفاده کرد و از دوباره‌کاری‌های غیرضروری و زیان‌های غیرقابل جبران جلوگیری به‌عمل آورد.

گستردگی فناوری و دانش جوش و اهمیت نقش آن در ساخت‌سازه‌های فلزی به اندازه‌ای است که در یک کتاب نمی‌توان ابعاد و اجزاء آن را مورد بررسی قرار داد. لذا به‌طور فشرده در زمینه جوشکاری مطالبی در شش فصل ارائه شده است که در آن مبانی اولّیه جوش گاز با زبانی ساده بیان شده و دریچه‌ای از دانش گسترده جوشکاری به روی شما باز می‌نماید.

در فصل اوّل ــ با انواع اتصالات و روش‌های جوشکاری از نظر منبع انرژی آشنا می‌شوید.

در فصل دوم ــ جوش اکسی‌استیلن، مولدهای استیلن، کپسول‌های استیلن و اکسیژن و سایر ملزومات جوشکاری گاز آورده شده است.

در فصل سوم ــ در مورد روش جوش‌کاری اکسی استیلن، شعله جوشکاری، روش روشن و خاموش کردن مشعل، و عوامل مؤثر جوش توضیح داده شده است.

در فصل چهارم ــ تحت عنوان «تمرینات عملی جوش‌کاری» با فناوری و اتصالات جوشکاری آشنا شده و با استفاده از دستور کارها و نقشه‌های داده شده می‌توانید جوش‌کاری روی ورق‌ها و لوله‌ها را در کارگاه انجام دهید.

فصل پنجم ــ اختصاص به فناوری لحیم‌کاری نرم، بریزینگ و برنج‌جوش دارد به کمک دستور کارها و نقشه‌های داده شده می‌توانید لحیم‌کاری سخت ورق‌ها و لوله‌ها را در کارگاه انجام دهید.

فصل ششم ــ برش‌کاری قطعات کار به‌وسیلهٔ مشعل برش را توضیح می‌دهد و با استفاده از دستور کار داده شده می‌توانید برش ورق را انجام دهید.

خدای بزرگ را سپاسگزارم که امکان تألیف این کتاب برایم فراهم گردید.

مؤلف

هدف کلّی

ایجاد تغییر رفتار در دانش‌آموزان (هنرجویان) رشته تأسیسات به نحوی که قادر باشند با بهره‌گیری از اصول و تکنولوژی روز ورقه‌های فولادی تا ضخامت ۳ میلی‌متر و لوله‌های فولادی جدار نازک را با روش اکسی استیلن جوشکاری نمایند.

فصل اوّل

اتصالات

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ مفهوم پیوند مابین قطعات فلزی را بیان کند.

۲ــ روش‌های مختلف جوش‌کاری فلزات را توضیح دهد.

۳ــ روش جوش‌کاری ذوبی و نقطه ذوب فلزات را توضیح دهد.

۱ــ اتصالات

۱ــ۱ــ مفهوم پیوند یا اتصال قطعات فلزی به یکدیگر

همه اجسام از جمله فلزات و آلیاژهای فلزی را می‌توان به‌روش‌های متفاوت به یکدیگر متصل نمود. اما از نظر استحکام بیشتر پیچ، پرچ و جوش متداول‌ترین روش‌های اتصال می‌باشد. پیوند بین دو یا چند قطعه فلز از طریق پیچ یا پرچ یک پیوند غیرمتالورژیکی است امّا در جوش‌کاری پیوند متالورژیکی است. یعنی در روش جوش‌کاری ذرات دو فلز در هم ادغام شده و سپس دو قطعه یک تکه یا به‌صورت یک قطعه واحد درمی‌آید و به‌همین علت جوش نسبت به پیچ و پرچ از مزایای بهتر و خوب‌تری برخوردار است و علاوه بر این استحکام و مقاومت قطعات جوشکاری شده نسبت به حالت مشابه در پرچ زیادتر می‌باشد.

۱ــ۲ــ روش‌های مختلف جوشکاری فلزات

امروزه در صنایع از بیش از یک‌صد روش مختلف جوش‌کاری استفاده می‌شود. طبقه‌بندی روش‌های متفاوت جوش‌کاری براساس نوع ایجاد انرژی است که چگونه می‌توان آن‌را تهیه و در یک سطح کوچک این انرژی را متمرکز نمود.

روش‌های متفاوت جوش‌کاری در زیر پوشش پنج کاتاگوری[1] تقسیم می‌گردند و عبارتند از :

۱ــ روش‌های مکانیکی

۲ــ روش‌های ترموشیمیایی

۳ــ روش‌های مقاومتی

۴ــ روش‌های قوس الکتریکی

۵ ــ روش‌های تشعشعی

۱ــ۲ــ۱ــ روش‌های مکانیکی: در روش‌های مکانیکی حرارت از طریق اصطکاک ــ ضربه یا تغییر شکل الاستیکی و پلاستیکی فلز ایجاد می‌شود ؛ مانند جوش انفجاری ــ جوش آهنگری ــ جوش اولتراسونیک و جوش سربه‌سر.

۲ــ۲ــ۱ــ روش‌های ترموشیمیایی: در این روش از واکنش‌های اُکسی ترمیک ــ شعله ــ قوس پلاسما استفاده می‌گردد. هر چند که در قوس پلاسما ممکن است اصلاً واکنش شیمیایی صورت نگیرد ولی به علت اینکه روش انتقال حرارت از مشعل به قطعه کار مانند یک هاله انرژی‌زای گازی شکل است و از طرفی قطعه کار در مدار الکتریکی واقع نمی‌شود، به همین

۱ــ کاتاگوری یک کلمه بین‌المللی است و در فارسی معادل ندارد امّا منظور تقسیم‌بندی است.

دلیل این روش را در زیر پوشش روش‌های ترموشیمیایی طبقه‌بندی می‌کنند. روش اکسی‌استیلن و ترمیت در زیر پوشش روش‌های ترموشیمیایی طبقه‌بندی شده‌اند.

۳ــ۲ــ۱ــ روش‌های مقاومتی (مقاومت الکتریکی): در روش‌های مقاومتی انرژی حرارتی را می‌توان از طریق عبور مستقیم شدت جریان به وسیله یک الکترود مسی به قطعه کار یا یک جریان القایی در فلز، عمل جوش‌کاری را انجام داد. مانند نقطه جوش ــ درز جوش ــ جوش سربه‌سر مقاومتی ــ الکترواسلاگ و غیره.

۴ــ۲ــ۱ــ روش‌های قوس الکتریکی: در این روش می‌توان انرژی حرارتی را از طریق جریان .a.c و .d.c به صورت یک قوس الکتریکی استفاده کرد مانند جوش‌کاری با قوس الکتریکی و الکترود ذوب شدنی ــ جوش آرگون ــ جوش CO_2 و غیره.

۵ ــ۲ــ۱ــ روش‌های تشعشعی: روش‌های تشعشعی جزء روش‌های نوین جوشکاری است مانند جوشکاری لیزر، جوش الکترون بیم و غیره.

۳ــ۱ــ جوشکاری ذوبی

جوشکاری یعنی این که دو قطعه فلز مشابه را به حالت مذاب یا به شکل خمیری درآورده و سپس به‌وسیله فشار مذاب یا خمیر در هم ادغام کنند. در روش‌های مختلف جوش ذوبی قدرمطلق فشار متفاوت می‌باشد. اگر فلزی را گرم کنیم درجه حرارت آن رفته رفته افزایش می‌یابد و اگر به دمای معینی که درجه ذوب نامیده می‌شود، برسد فلز در حالت جامد به‌صورت مایع درمی‌آید. درجه ذوب فلزات مختلف متفاوت می‌باشد و در جداول مخصوص ثبت شده است. در جدول ۱ــ۱ نقطه ذوب بعضی از فلزات نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۱ــ نقطه ذوب فلزات مختلف

نوع فلز	نقطه ذوب	
	C	F
آلومینیوم	۶۵۷	۱۲۱۵
برنج زرد	۸۹۳	۱۶۴۰
برنز ریختگی	۸۹۹	۱۶۵۰
مس	۱۰۴۹	۱۹۲۰
آهن (0.2-)	۱۵۳۸	۲۸۰۰
چدن خاکستری	۱۲۰۴	۲۲۰۰
سرب	۳۲۷	۶۲۰
قلع	۲۳۲	۴۵۰
روی	۴۱۸	۷۸۵

فصل دوم

جوش اکسی‌استیلن

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ مفهوم جوش‌کاری با روش جوش اکسی‌استیلن را بیان کند.

۲ــ ملزومات و وسایل جوش‌کاری را معرفی کند.

۳ــ روش تهیه استیلن را توضیح دهد.

۴ــ ساختمان و طرز کار مولدهای ریزشی را توضیح دهد.

۵ــ ساختمان و طرز کار مولدهای تماسی را توضیح دهد.

۶ــ ساختمان و طرز کار مولدهای سقوطی را توضیح دهد.

۷ــ اطلاعات عمومی در مورد مولدهای استیلن را بیان کند.

۸ــ ساختمان و نحوه کار محفظه اطمینان فشار ضعیف و قوی را توضیح دهد.

۹ــ مشخصات، ساختمان و ملحقات کپسول استیلن را توضیح دهد.

۱۰ــ طرز تهیه اکسیژن را توضیح دهد.

۱۱ــ مشخصات، ساختمان و ملحقات کپسول اکسیژن را توضیح دهد.

۱۲ــ ساختمان و طرز کار رگلاتور یا مانومتر را توضیح دهد.

۱۳ــ مشخصات و نحوه استفاده از انواع مشعل‌های جوش‌کاری را توضیح دهد.

۱۴ــ مشخصات لوازم فرعی (شیلنگ‌ها و سربک‌ها و تمیزکننده‌های نوک مشعل) را بیان کند.

۱۵ــ مشخصات و طرز استفاده از سیم جوش (Filler Metal) را توضیح دهد.

۱۶ــ نکات ایمنی و فنی در جوش‌کاری را توضیح دهد.

۲ــ جوش اکسی‌استیلن

جوش اکسی استیلن یکی از روش‌هایی است که در زیر پوشش روش‌های ترموشیمیایی گروه‌بندی می‌شوند. در این شیوه جوش‌کاری لبه دو قطعه فلز مشابه را به‌وسیله شعله‌ای که از اشتعال اکسیژن و یک گاز قابل احتراق تولید می‌شود حرارت می‌دهند تا به حالت مذاب درآید و درهم آمیخته شود. در صورت لزوم ماده اضافی به نام سیم جوش را ذوب نموده میان درز دو قطعه فلز می‌ریزند و پس از کاهش دما دو قطعه به یکدیگر جوش خورده و به صورت یک قطعه واحد درمی‌آید.

پیش از آنکه درباره این شیوه جوش‌کاری بحث شود لازم است با وسائلی که برای انجام جوش‌کاری در این روش مورد

استفاده قرار می‌گیرد، آشنا شویم تا ضمن جوش‌کاری بتوانیم امکانات و حدود عمل هر یک از آن‌ها را در نظر داشته باشیم.

۱ــ۲ــ وسایل جوش اکسی‌استیلن

وسائل لازم برای جوش اکسی‌استیلن به شرح زیر است :

۱ــ کپسول اکسیژن

۲ــ کپسول استیلن

۳ــ مولد استیلن

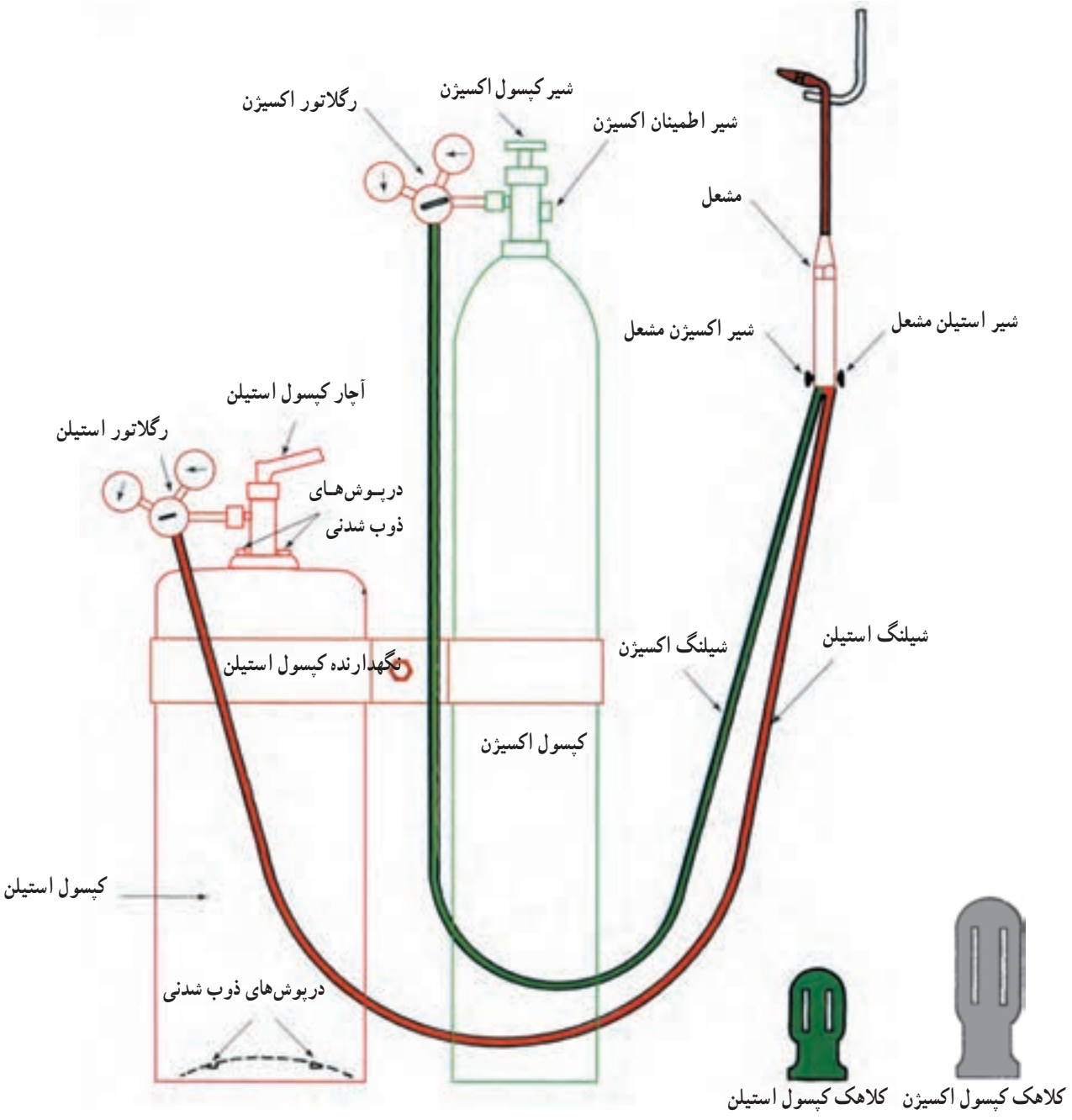
۴ــ تقلیل‌دهنده فشار یا رگلاتور

۵ــ شیلنگ
- الف ــ برای هدایت اکسیژن
- ب ــ برای هدایت استیلن

۶ ــ مشعل جوش‌کاری
- الف ــ نوع فشار مساوی
- ب ــ نوع انژکتوری

۷ــ عینک ــ فندک، پیش‌بند و دستکش

بعضی از وسایل ذکر شده در شکل ۱ــ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۲ــ متعلقات دستگاه اکسی استیلن

۲ــ۲ــ تهیه استیلن

در روش‌های برش‌کاری و جوش‌کاری اکسی استیلن نوع گاز سوختنی استیلن است. استیلن در اثر واکنش شیمیایی بین کاربید کالسیم و آب تولید می‌گردد فرمول شیمیایی استیلن C_2H_2 است.

در جوش‌کاری گاز استیلن را یا به‌صورت کپسول خریداری می‌نمایند یا به‌وسیله مولّد استیلن تهیه و به‌کار می‌برند.

۳ــ۲ــ تهیه کاربید

کاربید کالسیم جسم جامدی است که از ترکیب کالسیم و کربن به‌وجود می‌آید. برای تهیه آن آهک خرد شده و پخته را با کُک آمیخته در کوره با شعله الکتریکی حرارت می‌دهند. در نتیجه گرما این مواد به حالت مایع درمی‌آیند و با یکدیگر مخلوط می‌گردند. ترکیب آهک و کربن به طریق زیر انجام می‌شود :

$$CaO + 3C \;.\; CaC_2 + CO$$

$$0/875kg + 0/563kg = 1kg + 0/438kg$$

کاربید مایع را در ظرفی ریخته پس از سرد شدن قطعه قطعه می‌کنند و به ابعاد مختلف در بازار به فروش می‌رسانند. رنگ کاربید خالص سفید و وزن مخصوص آن $2/22 gr/cm^3$ است. رنگ کاربیدی که استفاده می‌شود آبی مایل به خاکستری است و علت این اختلاف رنگ در اثر مواد زائدی مانند ترکیبات ازت و سیلیسیوم و گوگرد و فسفر است که همراه زغال و آهک وارد می‌شود.

کاربید، آب را به شدت جذب می‌کند و سپس تجزیه می‌شود و گاز استیلن از آن متصاعد می‌گردد. رطوبت هوا نیز کاربید را تجزیه و به همین دلیل باید کاربید را در ظرف‌های سربسته و در محل‌های خشک نگهداری کرد. سرعت تجزیه کاربید بستگی به درشتی و ریزی قطعات آن دارد و ساختمان دستگاه‌های مولّد استیلن را متناسب با ریزی و درشتی کاربید طراحی می‌نمایند. در موقع استفاده از هر دستگاه باید کاربید مخصوص خودش را به‌کار برد و اگر ذرات کاربیدی که به‌کار می‌بریم ریزتر از اندازه تعیین شده برای مولّد باشد ممکن است سبب انفجار دستگاه گردد.

چون مخلوط استیلن و هوا قابلیت انفجار خیلی زیادی دارد بنابراین استیلن را باید در ظرف سربسته‌ای تولید کرد که با هوا در تماس نباشد.

وزن مخصوص گاز استیلن در حرارت ۲۰ C و فشار یک اتمسفر $1/09 \frac{kg}{m^3}$ است. در موقع تهیه استیلن به علت تجزیه فسفرها و سولفورهای موجود در کاربید گازهایی از قبیل H_3P و H_2S تولید می‌شود و بوی نامطبوع استیلن به علت وجود همین گازها است.

استیلن گاز ناپایداری است و اگر تحت فشار زیاد قرار گیرد به‌طور ناگهانی منفجر می‌شود علت تولید انفجار تجزیه استیلن و تولید مقدار زیادی حرارت و گاز H_2 است.

از سوختن کامل اکسیژن و استیلن گرمایی در حدود ۳۱۰۰ C تولید می‌شود که می‌توان با آن بیشتر فلزات را به درجه حرارت لازم برای جوش‌کاری رسانید.

اگر این سوختن بطور ناقص انجام شود مقدار زیادی دوده تولید خواهد شد.

مقدار گاز استیلن را که در یک دقیقه از یک کیلوگرم کاربید تولید می‌شود درجه تجزیه کاربید می‌گویند و این درجه تجزیه به اندازه ذرات یاقطعات کاربید بستگی دارد همچنین مقدار گازی که به‌طور کلی از یک کیلوگرم کاربید حاصل می‌شود را راندمان کاربید می‌گویند.

۴ــ۲ــ مولّدهای استیلن

مولدهای استیلن از نظر طرز تماس بین آب و کاربید کالسیم به سه دسته تقسیم می‌شوند و هر کدام از این دسته‌ها نیز ممکن است از نظر تجهیزاتی که دارند با هم اختلاف داشته باشند اما از نظر کار یکسان هستند که عبارتند از[1] :

۱ــ مولدهایی که در آنها با ریختن کاربید در آب استیلن تولید می‌شود (ریزشی)

۲ــ مولدهایی که برای تولید گاز استیلن آب روی کاربید

۱ــ توجه ــ تقسیم‌بندی براساس کاربید کالسیم است که در کتاب‌های دیگر اشتباهاً اساس را آب قرار داده‌اند.

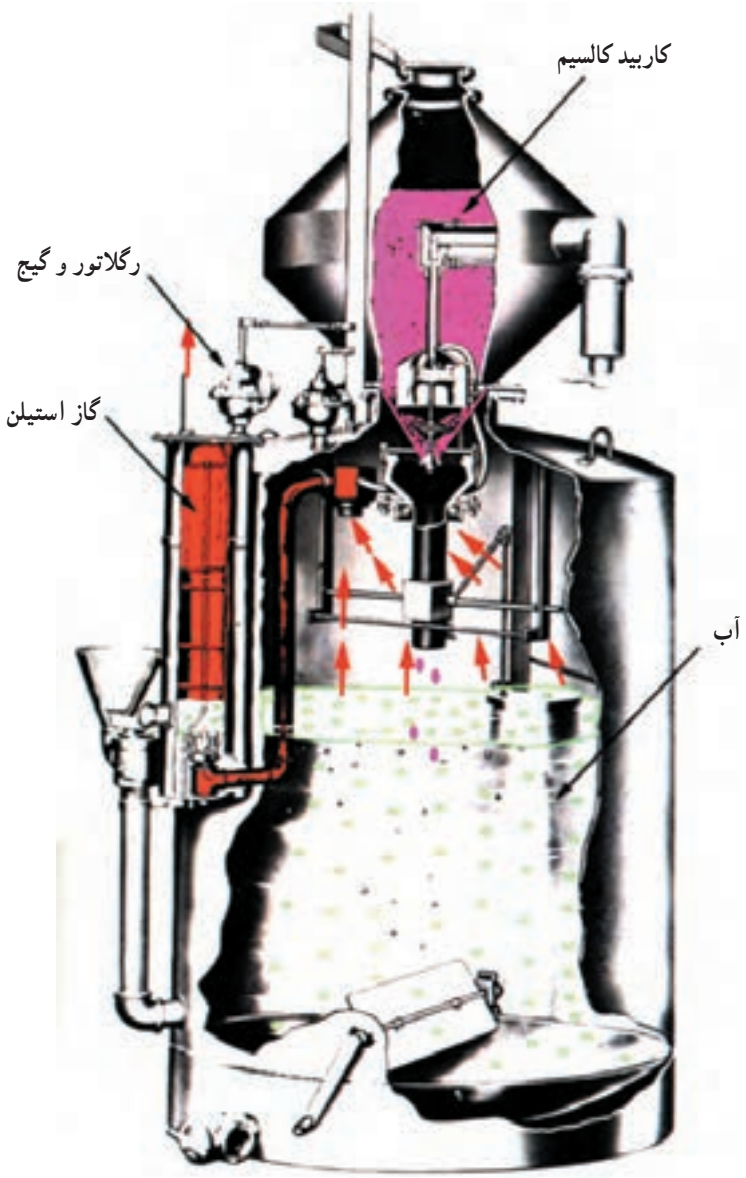
می‌ریزد (تماسی)

۳ــ مولدهای سقوطی

۱ــ۴ــ۲ــ مولدهای ریزشی: در بین این مولدها، مولدی که با ریزش کاربید در آب تولید گاز استیلن می‌کند از همه بهتر و ایمن‌تر است چون در این مولدها به علت فراوانی آب داخل مخزن هم فعل و انفعال بین کاربید و آب به‌طور کامل انجام می‌گیرد و هم حرارت حاصل از آن به‌وسیله این فعل و انفعال جذب آب شده و گاز به اندازه کافی خنک خواهد شد. نوع کاربید مصرفی برای این مولدها PS-14ND است که دانه‌های آن شن مانند و کمی بزرگ‌تر از دانه‌های شکر می‌باشد و قیمت آن نسبت به کاربید کلوخی بیشتر است (شکل ۲ــ۲).

۲ــ۴ــ۲ــ مولدهای تماسی: مولدهایی که آب روی کاربید می‌ریزد و گاز تولید می‌شود آن‌را مولدهای تماسی می‌نامند و نسبت به نوع ریزشی ساختمان ساده‌تری دارند و اندازه قطعات کاربید آن متفاوت است. مقدار مواد زائد آن از مولدهای دیگر بیشتر است. مقدار آب مصرفی کمتر بوده و قیمت آن نیز ارزان‌تر از سایر مولدهاست.

از خصوصیات مضر این دستگاه امکان ازدیاد فوق‌العاده حرارت در محفظه تشکیل گاز استیلن و کاربید تجزیه نشده در آن می‌باشد. این خصوصیات متناسب با اندازه مولّد تغییر می‌کند و در هر صورت در این دستگاه‌ها نباید بیش از ۲۰ مترمکعب گاز در ساعت تولید شود.



شکل ۲ــ۲ــ دستگاه مولد استیلن، نوع ریزشی

۳ــ۴ــ۲ــ مولدهای سقوطی: در مولدهای سقوطی محفظه کاربید به‌صورت سبدی است که در داخل مولد قرار گرفته و این سبد هر مرتبه یا با دست در آب فرو برده می‌شود یا در نتیجه مصرف تدریجی گاز عمل سقوط اجرا می‌گردد. دراین مورد چون فشار در بالای مولّد نقصان می‌یابد آب خودبه‌خود بالا آمده و سبد داخل آب قرار می‌گیرد. بعد از اینکه فشار گاز بحدّ کافی رسید به‌وسیله فشار استیلن سطح آب به پایین رانده می‌شود و تماس آب با کاربید قطع می‌شود. دراین مولّدها نیز احتمال گرم شدن کاربید داخل سبد زیاد است و به همین علّت کار کردن با آن مستلزم به‌کار بردن وسایل حفاظتی می‌باشد و افراد ماهر و باتجربه باید در هر بار شارژ کردن نظارت نمایند.

۴ــ۴ــ۲ــ محفظه اطمینان: هر دستگاه مولد استیلن باید یک محفظه اطمینان داشته باشد. وظیفه محفظه اطمینان این است که شعله‌هایی را که به‌وسیله مشعل پس زده می‌شود خاموش کند و از ورود اکسیژن از راه لوله هادی استیلن به‌داخل دستگاه مولد جلوگیری کند و خطر احتراق را در داخل مولد از بین ببرد.

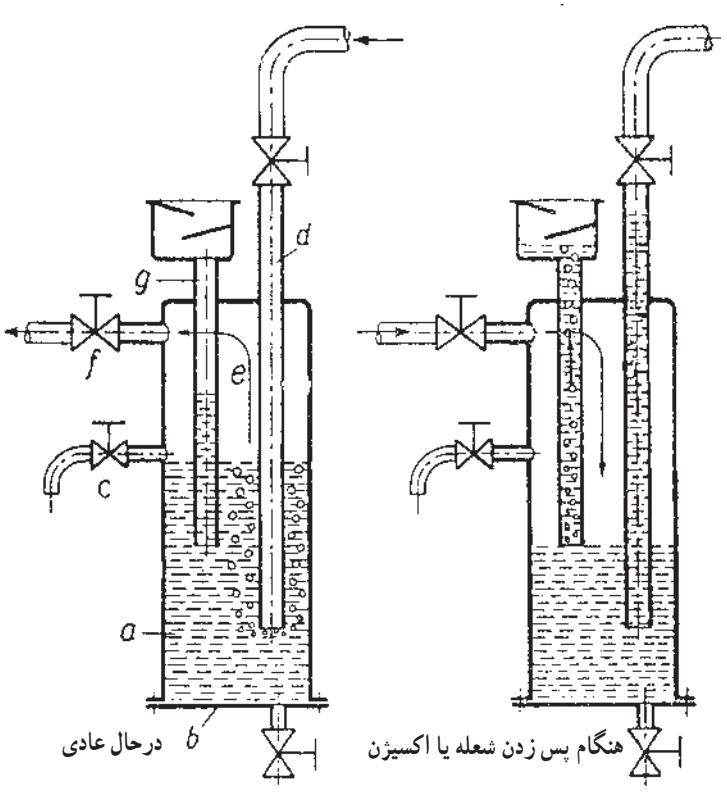
مهمترین و مناسب‌ترین وسیله جلوگیری از احتمال احتراق، فشار آب می‌باشد. به همین علت در مولدهای استیلن وجود محفظه ایمنی متداول و ضروری است.

دو نوع محفظه ایمنی در دستگاه‌های مولد استیلن بکار می‌رود :

۱ــ محفظه اطمینان فشار ضعیف

۲ــ محفظه اطمینان فشار قوی

۱ ــ محفظه اطمینان فشار ضعیف: از یک مخزن آب (a) و یک سرپوش (b) تشکیل می‌شود (شکل ۳ــ۲).



شکل ۳ــ۲ــ محفظه اطمینان فشار ضعیف

در این محفظه تا لوله شیر کنترل (c) آب می‌ریزند. گاز به‌وسیله لوله هدایت (d) وارد مخزن شده و از میان آب بالا رفته در فضای آزاد روی آب (e) جمع می‌شود و از راه شیر خروجی (f) به مشعل جوشکاری هدایت می‌شود. حال اگر شعله به عللی پس بزند گاز جمع شده در فضای آزاد (e) آتش گرفته و در نتیجه فشار گاز افزایش می‌یابد.

در هنگام راه یافتن اکسیژن به این فضا نیز فشار وارده بر سطح آب مخزن (a) بالا می رود و در نتیجه آب در لوله هادی (d) و لوله تعادل (g) صعود می‌کند و از راه مخزن a به دستگاه مولد مسدود می‌گردد که این اولین وظیفه محفظه ایمنی است.

اگر سطح آب مخزن دراثر افزایش فشار در فضای (e) به قدری پایین رود که انتهای لوله تعادل (g) از آب خارج شود، در این صورت بقایای گاز محترق شده با اکسیژنی که به داخل مولد پس زده است به هوای آزاد راه پیدا می‌کند و این وظیفه دوم محفظه اطمینان است.

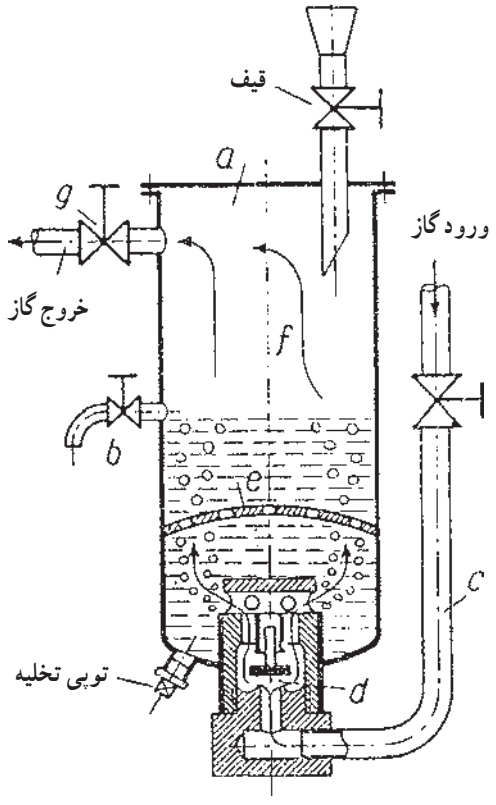
چنانچه در دستگاه مولد گاز موجود نباشد فشار در محفظه اطمینان کاهش یافته آب لوله تعادل به کلی خالی می‌شود و به دنبال آن هوای آزاد وارد فضای (e) شده از آنجا به مشعل جوشکاری می‌رود و بدین طریق از ایجاد خلأ و در نتیجه مکیده شدن هوای آزاد به‌درون دستگاه مولد جلوگیری می‌کند و این وظیفه سوم محفظه اطمینان است.

۲ــ *محفظه اطمینان فشار قوی:* محفظه اطمینان فشار قوی از مخزن سربسته و محکم a (شکل ۴ــ۲) تشکیل می‌شود و مانند مخزن محفظه اطمینان فشار ضعیف تا شیر کنترل در آن آب می‌ریزند.

لوله (c) گاز استیلن را از مولد به سوپاپ یک‌طرفه (d) که در کف مخزن نصب شده است می‌رساند. ساختار این سوپاپ طوری است که راه ورود گاز استیلن را از مولد به محفظه اطمینان باز می‌کند اما همین که فشار داخل محفظه اطمینان زیادتر شد سوپاپ بسته می‌شود.

در شرایط عادی گاز از میان مخزن و صفحه سوراخ‌دار (e) گذشته در فضای (f) روی سطح آب جمع می‌شود و از راه شیر (g) به مشعل جوش‌کاری می‌رسد.

هنگامی‌که گاز موجود در فضای (f) به علت پس زدن شعله محترق می‌گردد اکسیژن به داخل لوله لاستیکی (شیلنگ) استیلن وارد می‌شود و سوپاپ (d) که بسته شده است راه مشعل جوشکاری را به مولد مسدود می‌کند. محفظهٔ اطمینان وقتی وظیفه خود را به خوبی انجام می‌دهد که به قدر کفایت آب در آن موجود باشد بدین جهت همیشه قبل از شروع جوشکاری باید به‌وسیله شیر کنترل سطح آب داخل آن‌را بازدید و آزمایش نمود.



شکل ۴ــ۲ــ محفظهٔ اطمینان فشار قوی

۵ــ۴ــ۲ــ اطلاعات عمومی در مورد مولدهای استیلن:

۱ــ در مولدهای ریزشی از کاربید کالسیم 14-ND استفاده کنید.

۲ــ قبل از اینکه محفظه کاربید را پرکنید، مخزن مولد را شسته و از آب تمیز و تازه پر کنید.

۳ــ قبل از اینکه محفظه کاربید را به دستگاه ببندید مطمئن شوید که مخزن از آب تازه و تمیز پر شده باشد.

۴ــ رینگ لاستیکی بین محفظه کاربید و مخزن را قبل از بستن محفظه با آب خیس کنید تا محفظه بسهولت بسته شود و عمل آب‌بندی بهتر انجام شود.

۵ــ در محیط‌های گرم مولد استیلن را در سایه مستقر کنید.

۶ــ در محیط خیلی سرد مولّد را از یخ زدن حفظ کنید.

۷ــ چنانچه داخل مخزن یخ زده باشد آن‌را به محیط گرم منتقل کنید تا یخ‌ها ذوب شوند. قبل از ذوب شدن یخ هرگز محفظه را از کاربید پر نکنید. از شعله برای ذوب کردن یخ استفاده نکنید.

۸ــ محفظه اطمینان (flash back) مولد استیلن ممکن است محتوای مواد ضد یخ یا انواع دیگر مانند گلیسیرین باشد، در این‌صورت هیچگاه بجای آنها از الکل استفاده نکنید.

۹ــ همیشه و در هر مرتبه که مولد را با کاربید شارژ می‌کنید آب مخزن را تعویض و از آب تازه و پاک آن‌را پر کنید.

۱۰ــ هرگاه درجه رگلاتور استیلن با باز کردن شیر استیلن مشعل افت کند باید فیلتر محفظه اطمینان را عوض کرد.

۵ــ۲ــ کپسول استیلن

گاز استیلن را در کپسول‌های مخصوصی، ذخیره می‌نمایند. در ابتدا گاز را از صافی و فیلتر می‌گذرانند و چون نمی‌توان گاز استیلن را در زیر فشار ذخیره کرد، بنابراین باید به‌صورت مایع آن‌را ذخیره نمود. چنان‌چه فشار گاز استیلن از 15psig یا 103kPa بگذرد امکان انفجار خود بخودی آن می‌باشد.

روشی که برای ذخیره گاز استیلن به‌کار می‌رود به شرح زیر است :

۱ــ کپسول تو و خالی را به‌وسیله موادی متخلخل و اسفنجی به‌نام مُنولیتیک (monolithic) پر می‌کنند، تخلخل این ماده باید ٪ 85 حجم کل آن باشد.

۲ــ گاز استیلن را در کپسول، پمپاژ می‌نمایند تا در فضاهای کوچک اسفنجی مانند مواد مُنولیتیک قرارگیرد این روش از حالت گردابی گاز در داخل کپسول جلوگیری می‌کند.

۳ــ کپسول را به‌وسیله محلول آستون شارژ می‌کنند. آستون می‌تواند گاز استیلن را در خودحل کند و تئوری آن بدین‌صورت است که مولکول‌های استیلن مابین مولکول‌های آستون جایگزین می‌گردد.

تکنیک‌های مزبور یعنی وجود مواد منولیتیک و آستون این امکان را می‌دهد که بتوان مقدار زیادی گاز استیلن در کپسول ذخیره کرد (شکل ۵ــ۲).

شکل ۵ــ۲ــ نمای داخل کپسول استیلن

کپسول استیلن مانند کپسول اکسیژن در زیر پوشش قواعد (ICC) ساخته می‌شود قسمت فوقانی آن محدب است و معمولاً دارای دو پولک[1] می‌باشد که بالای کپسول پیچ شده در وسط این دو پولک که پیچ آن از نوع دنده لوله می‌باشد فلز آن از آلیاژی

۱ــ Plug

ساخته شده که در حرارت حدود C ۱۰۰ ذوب می‌گردد.

چنان‌چه دمای سیلندر افزایش یابد پولک‌ها ذوب شده و قبل از اینکه فشار استیلن زیاد شود و باعث انفجار گردد گاز استیلن خارج شده از انفجار جلوگیری می‌شود اما استیلنی که خارج می‌شود با نرخ کم می‌سوزد.

باید توجه کرد که فشار داخل کپسول استیلن با ازدیاد دما سرعت زیاد می‌شود که امکان هرگونه خطر می‌باشد.

سوپاپ کپسول استیلن به دو صورت ساخته می‌شود یک نوع آن دارای فلکه کوچک دستی است که همیشه باید در بالای سوپاپ وجود داشته باشد (شکل ۱ــ۲) و نوع دیگر دارای یک مغزی چهارگوش است که ابعاد آن ۹/۵ میلی‌متر یا $\frac{۳۰۰}{۸}$ است. مغزی به‌وسیله یک آچار چپقی باز و بسته می‌گردد.

سوپاپی که در روی کپسول بسته می‌گردد ممکن است به‌صورت نر و ماده باشد.

در مقررات جوشکاری پیشنهاد شده که سوپاپ کپسول استیلن را در حین اجرای جوشکاری به اندازه $\frac{۱}{۴}$ دور و حداکثر $\frac{۱}{۲}$ دور باز شود.

آچار چپقی همیشه باید در روی مغزی کپسول موقعی که سوپاپ باز است قرار داشته باشد و با این عمل در موقع بروز هر حادثه می‌توان به سرعت سوپاپ کپسول را بست.

مقدار استیلن موجود در کپسول را نمی‌توان به‌وسیله رابطه فشار تعیین کرد، زیرا مقدار فشار در تمام مدت (بستگی به درجه حرارت دارد) تا زمانی که قسمت اعظم آن مصرف نشده باشد، ثابت می‌ماند.

مقداراستیلن موجود را می‌توان با وزن کردن کپسول به‌دقت تعیین کرد. وزن کپسول بدون گاز استیلن همیشه در روی بدنه آن حک شده است و تفاوت وزن کپسول که محتوای گاز است نسبت به وزن کپسول که در روی آن حک شده مقدار گاز استیلن موجود را نشان می‌دهد و هر پاوند وزن برابر است با 14/5 فوت.

مثال: مکعب گاز یا هر 1/1kg وزن برابر است با یک مترمکعب گاز استیلن

کپسول استیلن را همیشه، چه در موقع کار و چه در زمان حمل و نقل باید به‌صورت قائم نگهداشت در غیر این‌صورت مقداری آستون از استیلن جدا شده و باعث خرابی دستگاه و مشعل می‌گردد.

هنگامی که می‌خواهند کپسول را پر کنند باید آن‌را وزن کرده چنانچه وزن آن نسبت به وزنی که در روی بدنه حک شده است کمتر باشد نشان‌دهنده این است که مقداری آستون خارج‌شده و لازم است که به کپسول آستون اضافه گردد.

کپسول استیلن در اندازه‌های متفاوت در دسترس می‌باشد مانند (۱۰ft^۳ ــ ۳۸۰ft^۳ یا (۲۸۳L ــ۱۰۷۶۲L

اندازه معمولی و رایج کپسول برای جوش‌کاری ۳۶۸۲ لیتری (۱۳۰ft^۳) و یا ۸۲۱۳ لیتری (۲۹۰ft^۳) و نیز اندازه ۹۳۴۶لیتری یا ۳۰ft^۳ لیتری است (شکل ۶ــ۲).

مثال: اگر وزن کپسول قبل از پر کردن گاز استیلن (وزنی که در روی کپسول حک شده است) برابر x پوند باشد و وزن کپسول پر شده x+۵lb باشد مقدار گاز داخل کپسول را حساب کنید.

$(x+۵)-x$ ۵lb

۵ . ۱۴/۵ ۷۲/۵ft^۳ گاز

شکل ۶ ــ۲ــ کپسول استیلن در اندازه‌های مختلف

دو اندازه متفاوت و کوچک کپسول استیلن که برای جوشکاری و برشکاری قابل حمل و نقل است تولید و در دسترس قرار دارد یکی از آنها به‌نام Bsizeبا گنجایش ۱۱۳۳ لیتر گاز استیلن و دیگری به‌نام MCsize خوانده می‌شود با گنجایش ۲۸۳ لیتر گاز استیلن.

اتصالات این دو اندازه کوچک را فتیگ‌های POL[1] می‌نامند.

تمام کپسول‌های استیلن تحت پوشش ICCN8 ساخته و طراحی می‌گردند و هر طرحی را باید سازمان BOE[2] آزمایش کند و قبل از اینکه به‌صورت تجاری از آن استفاده شود این آزمایش را گذرانده باشد.

همان‌طور که بیان شد استیلن در آستون محلول می‌گردد بنابراین استیلن را نمی‌توان بیش از آن‌چه می‌تواند از آستون تجزیه شود از کپسول با سرعت بیشتری خارج کرد.

این نوع تجزیه همانند جوشش است که در دمای محیط انجام می‌شود.

ماکزیمم نرخ مطمئن که می‌توان استیلن را از کپسول خارج کرد برابر $\frac{۱}{۷}$ ظرفیت کل کپسول در ساعت است برای مثال از یک کپسول ۸۲۱۳ لیتری می‌توان ۱۱۷۴ لیتر گاز استیلن در ساعت خارج کرد.

$$۸۲۱۳ . \frac{۱}{۷} \quad ۱۱۷۴ \text{Lit.}$$

اگر سرعت خروج استیلن نسبت به مقدار فوق از کپسول افزایش یابد مقدار قابل‌توجهی آستون همراه با استیلن خارج می‌شود و **یکی از علائم آن این است که شعله رنگ ارغوانی را به‌خود می‌گیرد.**

وجود آستون در شعله مناسب نیست زیرا اولاً باعث نقصان درجه حرارت شده و در ثانی مقدار مصرفی گاز را افزایش می‌دهد. (شکل۷ــ۲)

۶ــ۲ــ طرز تهیه اکسیژن

معمولاً اکسیژن را به شیوه‌های مختلف می‌توان تهیه کرد ولی از نظر اقتصادی دو شیوه مقرون به‌صرفه می‌باشد :

۱ــ تهیه اکسیژن به‌طریق مایع کردن هوا

۲ــ تهیه اکسیژن از طریق الکترولیز

۱ــ۶ــ۲ــ تهیه اکسیژن به‌طریق مایع کردن هوا: هوا محتوی گازهایی مانند اکسیژن به نسبت ۲۱ درصد حجمی و ازت به نسبت ۷۸ درصد حجمی و ۱ درصد گازهای دیگر است.

نقطه جوش ازت و اکسیژن متفاوت است بنابراین جدا کردن آنها از یکدیگر بسهولت انجام می‌شود. اگر هوا را بتدریج سرد کنند و تحت فشار ۴۰ آتمسفر و برودت C ۱۴۰– زیر صفر قرار دهند به مایع تبدیل می‌شود.

هوای مایع مخلوطی است از اکسیژن و ازت، این مایع را تا حدود C ۲۰۰– سرد می‌کنند و پس از رسیدن به این دما هوای مایع را بتدریج گرم می‌کنند در ابتدا ازت در C ۱۹۶– شروع به تبخیر می‌کند و اکسیژن به‌صورت مایع باقی می‌ماند. اکسیژن مایع را گرم می‌کنند تا بخار شود و سپس با فشار ۱۵۰ آتمسفر در کپسول‌های فولادی پر می‌کنند بنابراین روش تولید اکسیژن به شرح زیر است :

۱ــ تصفیه هوا تا زمانی که اکسیژن خالص بدست آید.

۲ــ مایع کردن هوا به‌وسیله فشردن و سرد کردن

۳ــ تجزیه هوای مایع به ازت و اکسیژن

۴ــ تبخیر اکسیژن و ذخیره کردن آن در مخزن‌های مخصوص گاز

۵ــ متراکم ساختن گاز به‌وسیله کمپرسورها و تصفیه و پر کردن آن در کپسول‌های فولادی

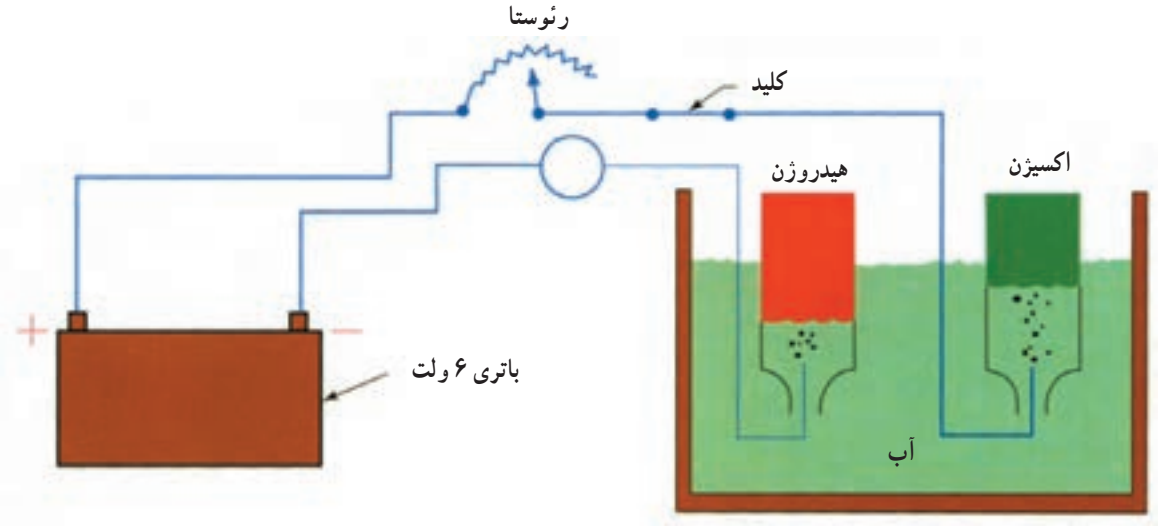
یک درصد حجم هوا محتوی گازهای دیگر است و این گازها عبارتند از : بخار آب، بی‌اکسیدکربن، آرگون، هلیوم، هیدروژن، نئون.

بخار آب و بی‌اکسیدکربن در هنگام فشردن هوا و مایع کردن آن خارج می‌شود و آرگون ــ هلیوم ــ هیدروژن و نئون هر کدام مانند ازت و اکسیژن دارای نقطه جوش متفاوتی می‌باشند که می‌توان آنها را جدا و در کپسول ذخیره نمود.

۱ــ Presto - O - Lite

۲ــ Bureau Of Explosives

۲ــ۶ــ۲ــ تهیه اکسیژن به‌طریقه الکترولیت: اکسیژن در این روش از طریق الکترولیز کردن آب تهیه می‌گردد. در این روش شدت جریان الکتریکی را از آب عبور می‌دهند و باعث می‌گردد که H_2O تجزیه شده و به (O) و (H) تبدیل گردد و اکسیژن در الکترود مثبت جمع شده و هیدروژن در الکترود منفی جمع می‌شود (شکل ۷ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ روش تهیه اکسیژن از آب

۷ــ۲ــ کپسول اکسیژن

اکسیژنی که برای مصرف جوشکاری به‌کار می‌رود در کپسول (سیلندر)هایی به اندازه‌های مختلف ذخیره می‌کنند.

اکسیژن در کپسول‌هایی با فشار ۲۰۰۰psig تا ۲۶۴۰psig ذخیره می‌گردد.

۲۰۰۰psig ۱۳۷۹۰kPa

۲۶۴۰psig ۱۸۲۰۲kPa

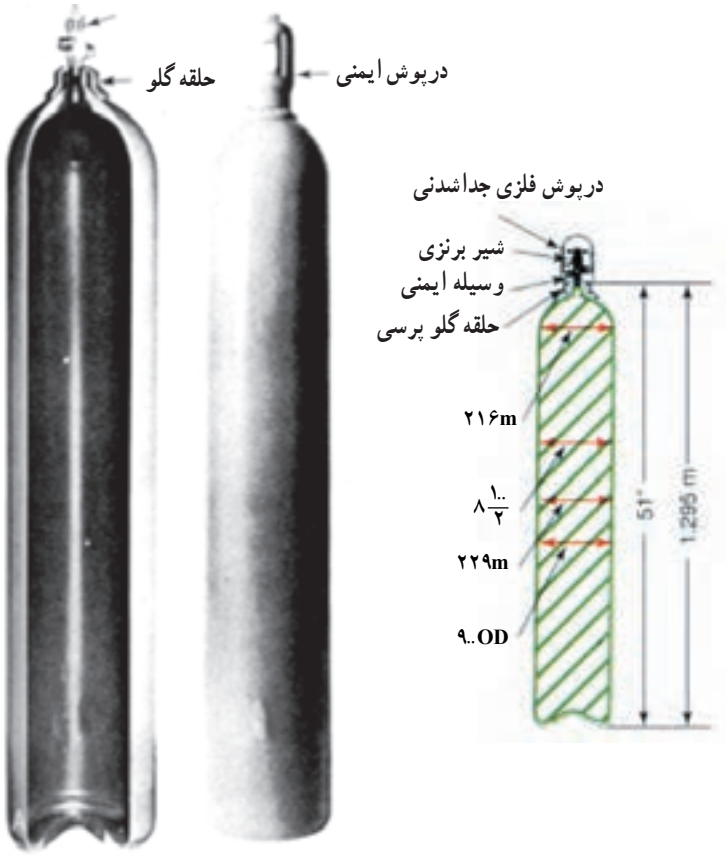
جنس کپسول و اندازه آن نسبت به فشار مؤثر بر آن ساخته می‌شود و در عین حال فشار داخل کپسول نیز متغیر است و بستگی به درجه حرارت محیط دارد.

ذخیره اکسیژن در کپسول در زیر فشار زیادی است که در حدود ۲۲۰۰psi است از این‌روکپسول باید با دقت زیادی تولید شود و سازمان (ICC[1]) برای تولید سیلندرهای اکسیژن قوانین خاصّی تهیه نموده است. تهیه آنها به‌صورت یکپارچه یا یک تکه است به‌طوری که ضخامت هیچ قسمتی از آن نباید از ۶/۳۵mm ($\frac{۱}{۴}$) کمتر باشد و جنس کپسول از فولاد پرکربن می‌باشد (شکل ۸ــ۲). بعد از ساخت کپسول آن را در زیر فشار ۳۳۰۰psig آزمایش می‌نمایند (۲۲۷۵۸kPa) در موقع ساختن به‌طور متناوب آن را حرارت داده و آنیل می‌نمایند. آنیل کردن به‌این منظور است که تنش‌های ایجاد شده در سطح مقطع سیلندر، که در موقع ساختن به‌وجود می‌آید، از بین رفته و نیز دانه‌بندی فلز هموژن گردد.

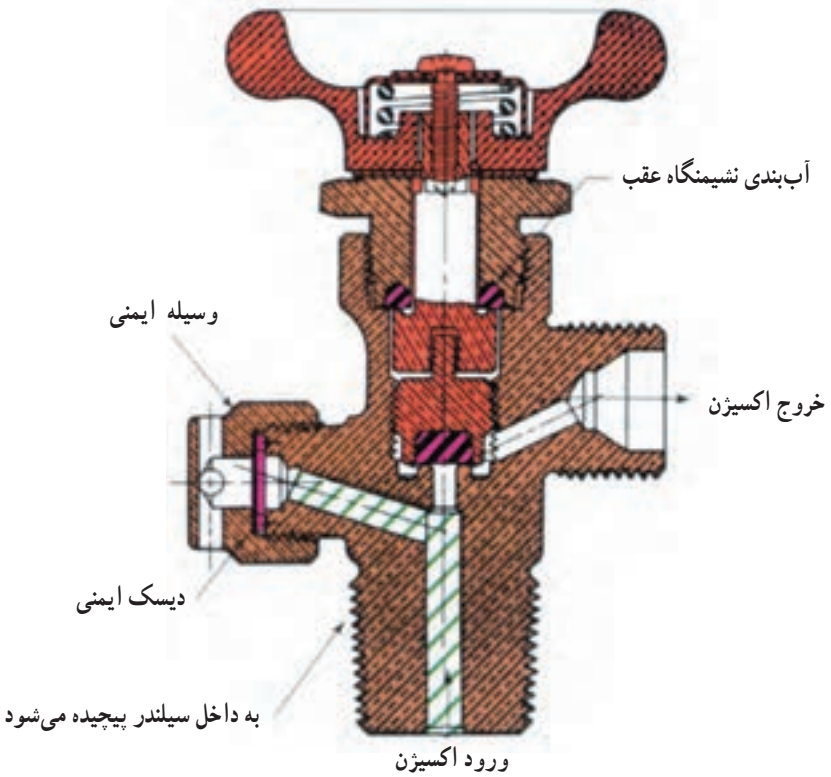
شیر کپسول اکسیژن طوری طراحی شده که بتواند فشارهای زیاد را تحمل کند و جنس آن از برنج است که به‌طریقه آهنگری ساخته می‌شود. شیر کپسول اکسیژن حاوی یک شیر back-seating valve است به‌طوری که اگر شیر به‌طور کامل باز شود میله‌ای عمل آب‌بندی را انجام می‌دهد و از نشت اکسیژن جلوگیری می‌کند. بنابراین **در موقع کار کردن همیشه باید شیر کپسول بطور کامل باز شود و از باز نکردن کامل آن باید احتراز**

۱ــ Interstate Commerce Commission

جُست. در شکل ۹ــ۲ شیر اکسیژن به‌صورت کامل نشان داده شده است.



شکل ۸ــ۲ــ کپسول اکسیژن



شکل ۹ــ۲ــ شیر کپسول اکسیژن

شیر کپسول اکسیژن دنده شده و در قسمت بالای کپسول پیچ می‌شود. پیچ شیر $\frac{۱۰}{۲}$ یا $\frac{۳۰}{۴}$ از نوع دنده لوله می‌باشد و معمولاً اغلب شیرها از پیچ $\frac{۳۰}{۴}$ درست شده‌اند.

در شیر کپسول یک وسیله ایمنی به‌صورت پولک تعبیه شده که اگر فشار کپسول به عللی زیاد شود قبل از انفجار کپسول این پولک پاره شده و اکسیژن به بیرون هدایت می‌شود.

برای کار کردن سوپاپ کپسول یک فلکه دستی در انتهای آن تعبیه شده که می‌توان اکسیژن را به‌وسیله آن به خارج هدایت کرده یا راه خروجی اکسیژن را بست.

یک کلاهک فولادی برای محافظت سوپاپ کپسول برروی قسمت بالای کپسول پیچ می‌شود که در موقع حمل و نقل کپسول آن‌را از برخورد با اجسام دیگر مصون و محفوظ می‌نماید. قطر دهانه کلاهک ۷۹/۴ mm یا $۳\frac{۱۰}{۸}$ است که تعداد دندانه‌های آن ۷ یا ۱۱ دنده در اینچ است.

چنانچه به عللی سوپاپ کپسول اکسیژن بشکند اکسیژن با فشار زیادی از آن خارج شده و کپسول مانند یک راکت عمل می‌کند و اکسیژن خارج شده به سوختن اجسامی که دارای حرارت می‌باشند، کمک می‌کند.

برای ایمنی کپسول اکسیژن باید به نکات زیر توجه نمود :

۱ــ برای حمل و نقل آن باید از چرخ‌های مخصوص استفاده کرد.

۲ــ هنگامی که کپسول در انبار نگهداری می‌شود یا اینکه برای جوشکاری از آن استفاده می‌گردد باید آن‌را بطور قائم نگهداشت و به‌وسیله زنجیر مهار نمود.

۳ــ در موقع حمل و نقل کپسول به‌وسیله دست باید ابتدا کلاهک آن‌را روی سوپاپ با دست پیچانده و محکم نمود.

الف ــ سر کپسول را تا حدودی کج کرده تا نسبت به حالت قائم تحت زاویه قرار گیرد.

ب ــ یک دست را به قسمت سر کپسول و دست دیگر را به بدنه کپسول تکیه داده تا اولاً از افتادن آن جلوگیری شود در ثانی همان‌طوری که تحت زاویه قرار دارد آن‌را به آرامی در کف کارگاه چرخانده و به پای دستگاه هدایت نمود.

۱ــ۷ــ۲ــ مشخصات کپسول اکسیژن: کپسول پر شده مانند ماده منفجره است و به همین دلیل باید در نگهداری آن نکات زیر را رعایت کرد :

الف ــ روی کپسول باید مشخصات زیر نوشته شده باشد :

۱ــ نام صاحب آن یا کارخانه

۲ــ شماره کپسول

۳ــ مشخصات گاز پر شده در آن

۴ــ وزن خالص کپسول

۵ــ فشار آزمایش کپسول به psi یا kPa

۶ــ مهر کارشناس مأمور آزمایش کپسول

۷ــ تاریخ آزمایش

۸ ــ گنجایش کپسول به لیتر

۹ــ حداکثر فشار مجاز کپسول به یکی از سیستم‌های اینچ یا متریک

به‌علاوه روی هر کپسول نو باید نام یا علامت کارخانه سازنده و شماره ساخت حک شده باشد.

ب ــ کپسول باید سوپاپ داشته باشد و این سوپاپ به‌وسیله کلاهک سوراخ‌داری محافظت شود.

ج ــ رنگ کپسول باید آبی (اروپا) یا سبز (امریکا) باشد.

د ــ کپسول باید قبل از استفاده و سپس هر ۵ سال یک‌مرتبه آزمایش شود.

هـ ــ کپسول باید با احتیاط نگهداری شود. هرگز نباید کپسول را بدون کلاهک محافظ حمل کرد و باید آن‌را از زمین‌خوردن و از صدمات دیگر محافظت نمود. کپسول را نباید در معرض نور آفتاب یا در مجاورت گرمای شدید قرار داد. همیشه کپسول پر شده را باید بطور قائم نگهداشت. کپسول خالی را می‌توان در روی سطح خواباند ولی باید دقت کرد که سر آن به‌جانب بالا باشد تا از ورود آب و گرد و غبار به داخل سوپاپ جلوگیری شود.

کپسول اکسیژن در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شود جنس آنها از فولاد یا آلومینیوم است که در زیر پوشش مقررات و استاندارد خاصی تولید می‌گردد (از کپسول‌های آلومینیومی

برای فشارهای کم استفاده می‌شود و در ایران رایج نشده).

اندازه‌های معمولی کپسول اکسیژن عبارتند از :

۵۵ ft^3 (۱۵۵۷ L)

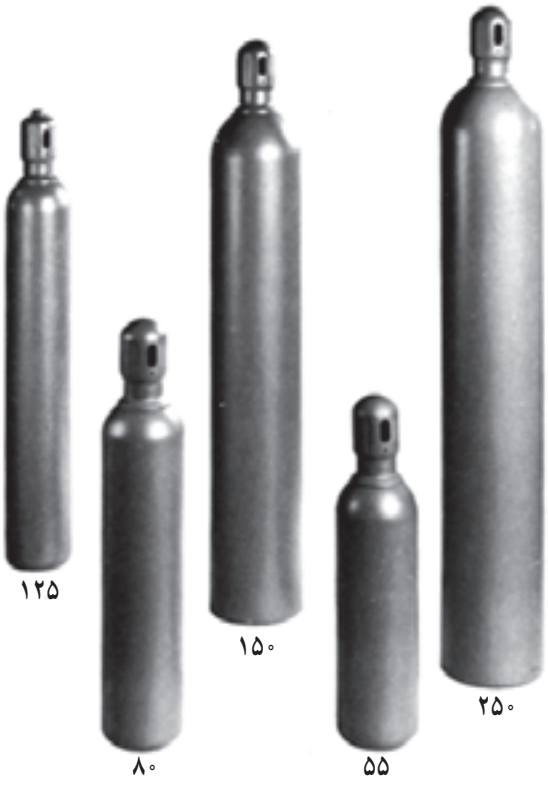
۸۰ ft^3 (۲۲۶۵ L)

۱۲۵ ft^3 (۳۵۴۰ L)

۱۵۰ ft^3 (۴۲۴۸ L)

۲۵۰ ft^3 (۷۰۷۹ L)

شکل ۱۰ــ۲ اندازه‌های مختلف کپسول اکسیژن را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ۲ــ چند کپسول اکسیژن در اندازه‌های مختلف

۸ــ۲ــ رگلاتور

معمولاً گازها را در کپسول با فشار خیلی بالاتر از فشار کاری یا فشار شعله ذخیره می‌نمایند. اغلب مشعل‌های جوشکاری در فشار بین ۰kPa ــ ۲۰۷kPa (۰psig ــ۳۰psig) کار می‌کنند بنابراین لازم است که به‌وسیله مکانیزم یک دستگاه یا سیستم فشار را بطور دلخواه کاهش دهند. این مکانیزم رگلاتور نامیده می‌شود.

هر سیستمی که بتوان با آن فشار گاز را کنترل کرد باید دو ویژگی داشته باشد :

۱ــ فشار زیاد داخل کپسول را تقلیل داده و به فشار کاری برساند.

۲ــ قادر باشد فشار کاری ثابتی را در مشعل ایجاد کند ولو اینکه فشار داخل کپسول تغییر کند. دو مکانیزم متفاوت برای رگلاتورها طراحی شده است :

۱ــ تقلیل‌دهنده (رگلاتور) پستانکی

۲ــ تقلیل‌دهنده (رگلاتور) سوپاپی

اغلب رگلاتورها دارای دو صفحه فشارسنج است که یکی از آنها فشار داخل کپسول را نشان می‌دهد و دیگری فشار کاری را نشان می‌دهد.

رگلاتورها از لحاظ تعداد دفعات کاهش فشار به دو نوع تقسیم می‌شود :

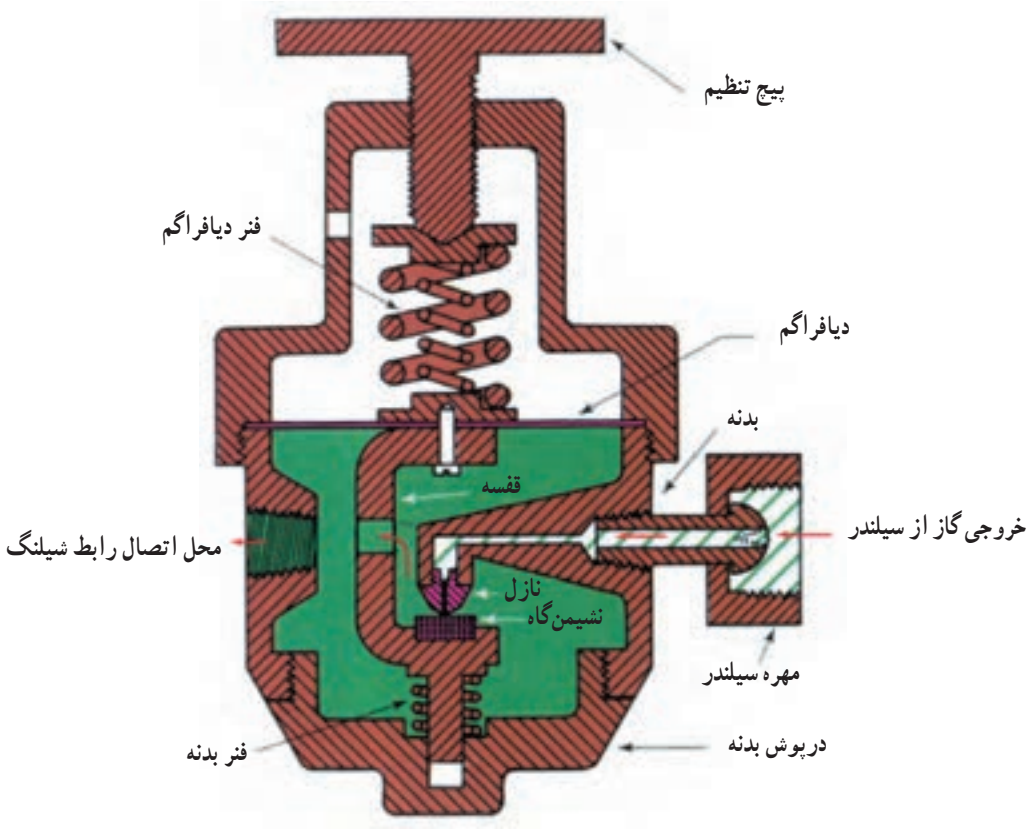
الف ــ رگلاتور یک مرحله‌ای که در آن فشار کپسول در یک مرحله به فشار مطلوب تبدیل می‌شود.

ب ــ رگلاتور دو مرحله‌ای که در آن فشار کپسول در دو مرحله به فشار مطلوب می‌رسد.

مرحله اول معمولاً مرحله ثابت است یعنی فشار در محفظه رگلاتور به‌وسیله دیافراگم غیرقابل تنظیم به مقدار ثابت و معینی کاهش می‌یابد، این فشار ثابت برای اکسیژن ۱۵ آتمسفر و برای استیلن ۳ آتمسفر است. در رگلاتورهای دو مرحله‌ای **نوسان فشار کار به کلی از بین می‌رود.**

برای مثال در رگلاتورهای یک مرحله‌ای فشار ۲۰۰۰psig داخل کپسول در یک مرحله به فشار کاری ۵ psig می‌رسد در شکل ۱۱ــ۲ــ الف ساختمان داخلی یک رگلاتور یک مرحله‌ای نشان داده شده است. در شکل ۱۱ــ۲ــ ب نمای یک رگلاتور یک مرحله‌ای را مشاهده می‌نمایید.

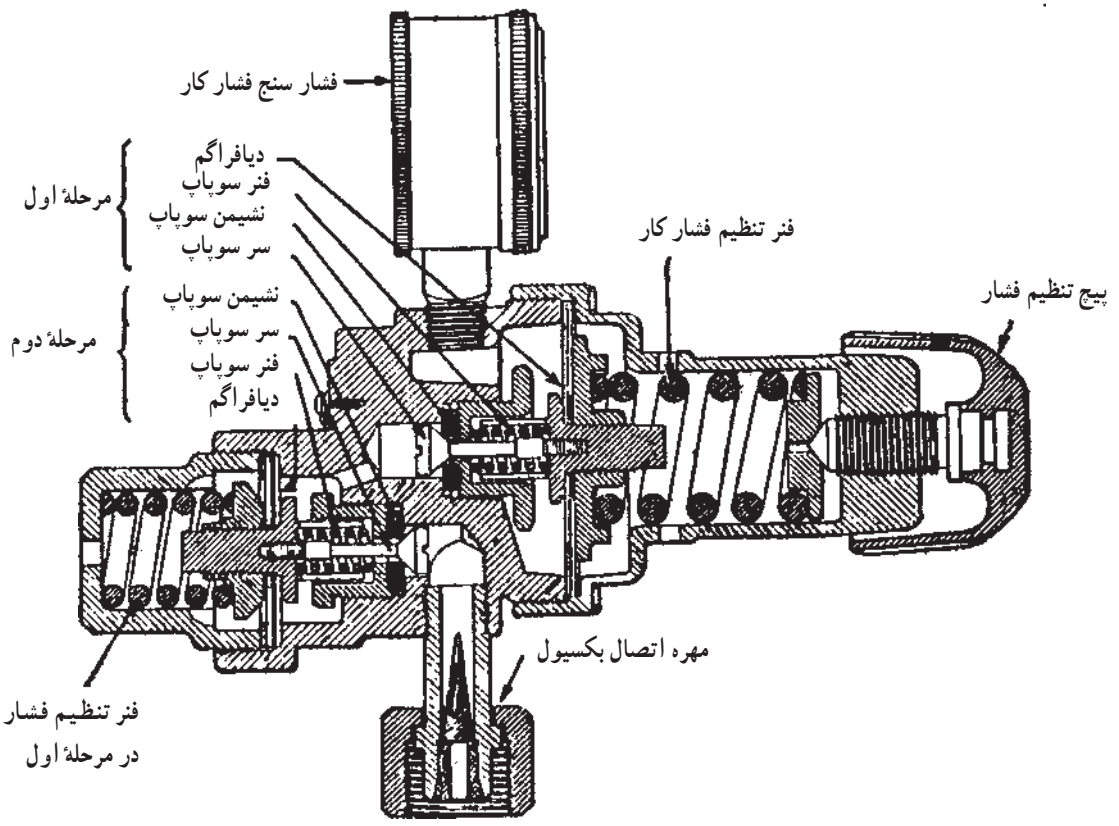
در رگلاتورهای دو مرحله‌ای فشار داخل کپسول را که ۲۰۰۰psig است در یک مرحله فشار را به ۲۰۰psig می‌رسد و در مرحله دیگری فشار را از ۲۰۰psig به فشار کاری ۵ psig می‌رساند، در شکل ۱۲ــ۲ ساختمان داخلی یک رگلاتور دو مرحله‌ای نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ۲ــ الف ــ سطح برش خورده رگلاتور یک مرحله‌ای (پستانکی)

بدنه رگلاتورها را یا به طریق آهنگری یا به‌صورت ریختگی درست می‌کنند. جنس آنها از آلیاژ مس و آلومینیوم است (آلومینیوم برنز) و یا اینکه از فولاد زنگ نزن (stainless steel) ساخته می‌شود.

شکل ۱۱ــ۲ــ ب ــ نمای رگلاتور یک مرحله‌ای



شکل ۱۳ــ۲ــ قسمت‌های داخلی یک رگلاتور دو مرحله‌ای

۹ــ۲ــ مشعل‌ها و سایر ملزومات جوشکاری

۱ــ۹ــ۲ــ مشعل‌های جوشکاری: مشعل جوشکاری (torch or blowpipe) و مشعل برشکاری (Cutting torch) هر کدام را برای مقاصد معینی طراحی می‌کنند. گاهی اوقات ساختمان آنها یکسان است اما در مشعل‌های برشکاری یک سوپاپ مجزا برای دمیدن اکسیژن خالص وجود دارد. مشعل‌ها را در اندازه‌های متفاوت با طرح‌های مختلف می‌سازند.

دو نوع مشعل جوشکاری و برشکاری برای کارهای معمولی و متداول وجود دارد :

الف ــ مشعل فشار مثبت که گاهی اوقات آن‌را به‌نام مشعل فشار مساوی هم می‌نامند.

ب ــ مشعل انژکتوری

الف ــ مشعل جوشکاری فشار مثبت (Positive - Pressure type) : در این نوع مشعل‌ها گاز سوختنی و اکسیژن با هم مخلوط شده و در انتهای نازل می‌سوزد، این مشعل‌ها از ۴ قسمت مختلف ساخته شده است :

۱ــ بدنه

۲ــ شیر یا سوپاپ دستی

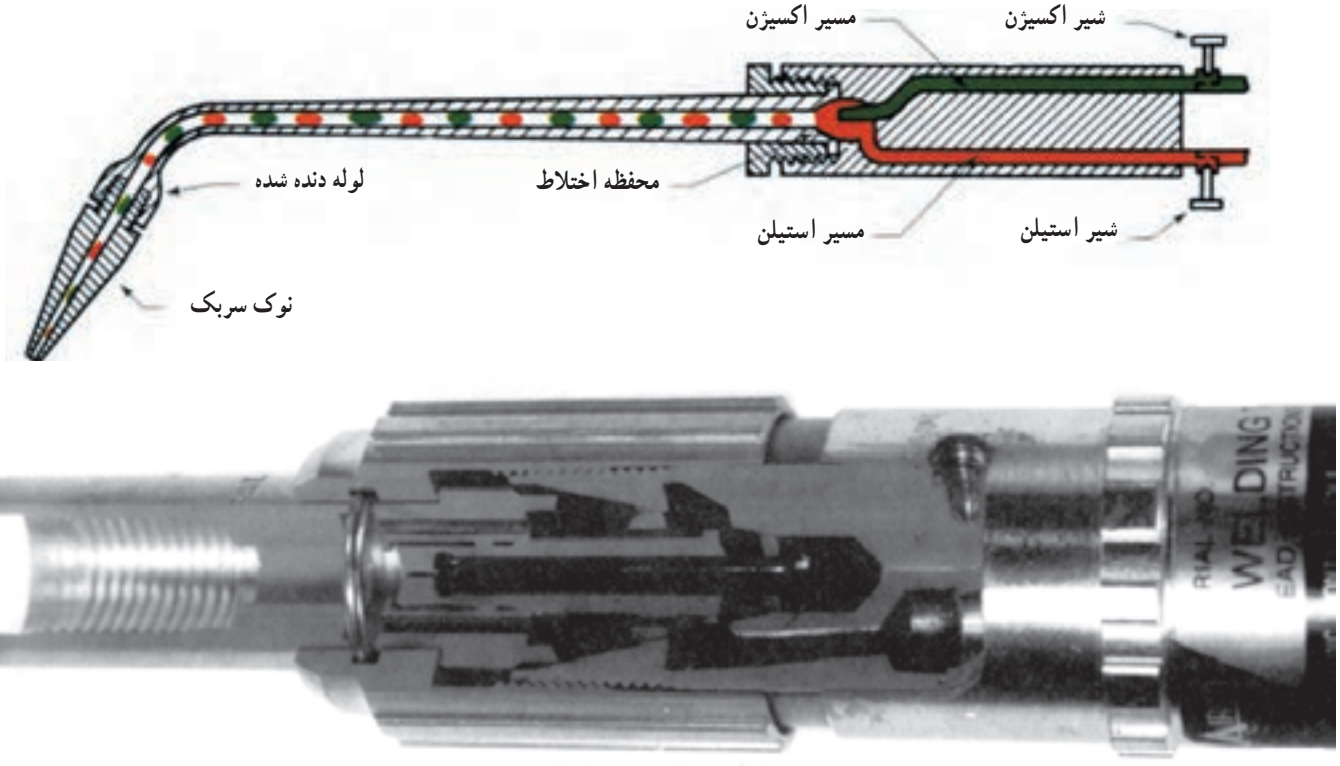
۳ــ محفظه اختلاط

۴ــ سربک یا نازل

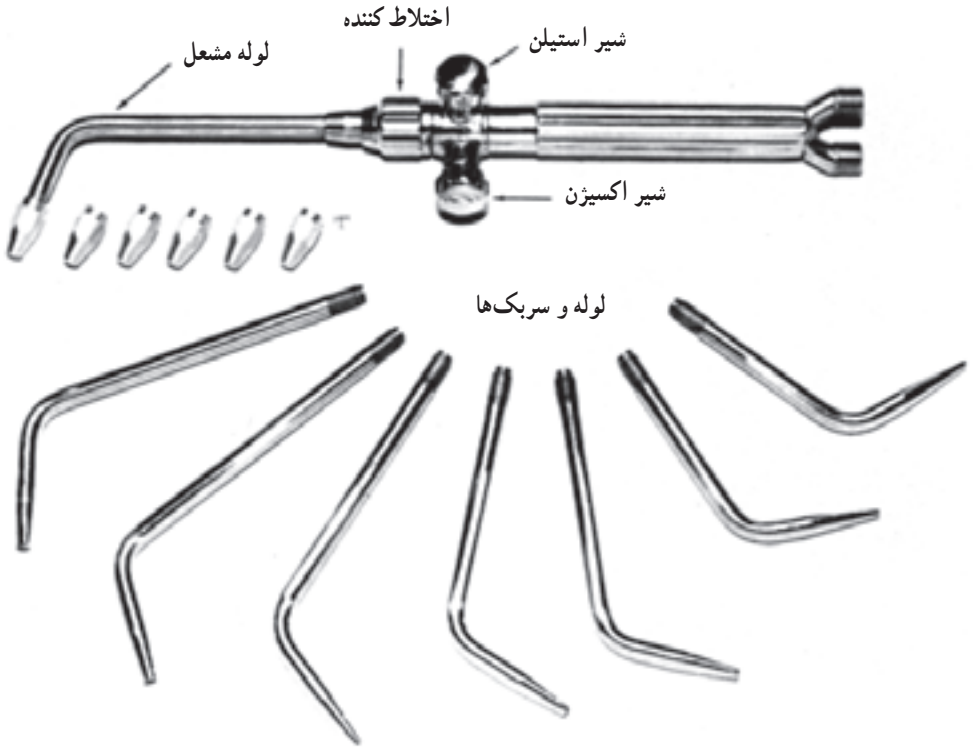
کاربرد مشعل جوشکاری فشار مثبت در مواقعی است که بخواهیم از گازهای ذخیره‌شده در کپسول استفاده نمائیم. چون فشار گاز به‌حد کافی است بنابراین با فشار وارد محفظه اختلاط می‌گردد. در شکل ۱۳ــ۲ مقطع برش خورده این نوع مشعل با محفظه اختلاط و مسیر عبور گاز نشان داده شده است.

برای ایجاد شعله‌های مختلف لوله اختلاط و پستانک مشعل

را عوض می‌کنند. معمولاً هفت یا نه لوله اختلاط (سربک) با پستانک مربوط به آنها برای جوش دادن ورق‌های فولادی به‌ضخامت ۰/۳ تا ۳۰ میلی‌متر در جعبه جوشکاری موجود است (شکل ۱۴ــ۲).



شکل ۱۳ــ۲ــ برش یک مشعل جوشکاری فشار مثبت



شکل ۱۴ــ۲ــ یک مشعل جوشکاری با چند نمونه سربک مربوطه

روی هر لوله اختلاط ضخامت ورق فولادی که به وسیله آن می‌توان جوش داد بر حسب میلی‌متر و فشار اکسیژن لازم برای جوش دادن آن حک شده است، قدرت جوشکاری لوله‌های اختلاط را معمولاً به‌شرح جدول ۱ــ۲انتخاب می‌نمایند.

برای مثال اگر بخواهیم ورقی به‌ضخامت ۱۴ میلی‌متر راجوش دهیم می‌توان سربک ۷ یا ۸ را انتخاب کرد. در حالت‌های قائم ــ افقی و بالای سر بهتر است شماره ۷و در حالت سطحی شماره ۸ را انتخاب نمود.

جدول ۱ــ۲ــ شماره سربک برحسب ضخامت ورق

شماره سربک	۱	۲	۳	۴	۵
ضخامت ورق mm	۰/۳ ــ ۰/۵	۰/۵ــ ۱	۱ــ۲	۲ــ۳	۴ــ۶
شماره سربک	۶	۷	۸	۹	
ضخامت ورق mm	۶ــ۹	۹ــ۱۴	۱۴ــ۲۰	۲۰ــ۳۰	

حجم مصرفی استیلن و اکسیژن در جوشکاری متناسب با ضخامت ورقی است که باید به‌هم جوش داده شود. به‌طور متوسط برای جوش دادن ورق فولادی به ضخامت یک میلی‌متر در هر ساعت ۱۰۰ لیتر اکسیژن و ۱۰۰ لیتر استیلن مصرف می‌شود به‌شرط آنکه نسبت حجمی این دو گاز به نسبت یک به یک باهم مخلوط شود. بنابراین می‌توان در دو عددی که روی سربک حک شده است، مقدار مصرف گاز را محاسبه کرد.

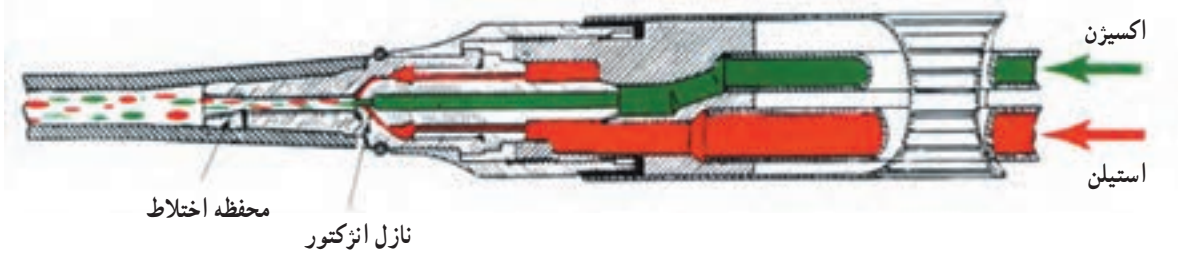
برای این منظور آن دو عدد را با هم جمع کرده و بر دو تقسیم و در ۱۰۰ ضرب می‌کنند نتیجه‌ای که بدست می‌آید برابر با مقدار استیلن یا اکسیژن است که در هر ساعت مصرف می شود.

مثلاً مصرف مشعل جوشکاری ۹ــ۶ در هر ساعت برابر است با

$$\frac{۶+۹}{۲} \cdot ۱۰۰ \quad ۷۵۰ \text{ Lit}$$

ب ــ مشعل نوع انژکتوری (فشار کم): مشعل نوع انژکتوری از نظر ظاهری مشابه نوع فشاری است اما ساختمان داخل آن کاملاً فرق می‌کند. خصوصیات عمده مشعل انژکتوری این است که می‌توان آن‌را با فشار کم استیلن به‌کار برد و در این مشعل فشار استیلن ثابت می‌باشد که بستگی به اندازه سرمشعل و ضخامت فلز موردجوش دارد. کارایی مشعل انژکتوری که در فشارهای کم می‌باشد دارای ویژگی‌های مهمی است. عملاً این مشعل برای فشار استیلن که به وسیله مولدها تهیه می‌شود، طراحی شده است. فشار استیلن در مولدها حدود $\frac{۱}{۴}$ psig یا ۱/۷kPa است.

خصوصیت دیگر آن این است که می‌تواند مقدار زیادی گاز استیلن را از مولد برای احتراق به بیرون هدایت کند.



شکل ۱۵ــ۲ــ مشعل جوشکاری انژکتوری با سربک‌های یک تکه و دو تکه

در جوشکاری اکسی استیلن شعله در انتهای سربک (TIP) ایجاد می‌شود. جنس سربک از مس تهیه می‌شود. هدایت حرارتی مس زیاد است و به همین علت در نوک مشعل حرارت متمرکز نمی‌گردد. اندازه سربک و فرم آن در جوشکاری اهمیت زیادی دارد و دو نوع سربک یا نازل ساخته می‌شود.

۱ــ سربک‌های یکپارچه

۲ــ سربک‌های دو تکه (شکل ۱۵ــ۲)

سربک‌ها هم مانند سایر قطعات تحت تأثیر مکانیسم خوردگی و فرسایش قرار می‌گیرند ؛ از این رو مراقبت از آنها بسیار ضروری است. مشعل جوشکاری ابزار کار بسیار دقیقی است که برای استفاده طولانی از آن باید به نکات زیر توجه نمود :

۱ــ هرگز پستانک سرد را به مشعل گرم نپیچید.

۲ــ برای گشودن قسمت‌های مشعل انبردست بکار نبرید بلکه از آچاری به اندازه آن استفاده نمائید.

۳ــ هرگز پستانک لوله‌های اختلاط را با یکدیگر عوض نکنید.

۴ــ هرگز برای پاک‌کردن سربک یا نازل روی آن سوهان نکشید، زیرا قطر سوراخ آن بزرگ می‌شود. بهتر است نازل را با تکه‌ای چوب یا قطعه‌ای چرم پاک کنید و اگر نازل را در آب خنک کنید ذرات فلز چسبیده به آن به‌سهولت جدا می‌شود.

۵ ــ سوراخ پستانک را باید با سوزن‌های مخصوص هر پستانک پاک کرد و هرگز برای این عمل از سیم سخت استفاده نکنید زیرا سوراخ نازل گشاد می‌شود.

۶ــ باز کردن و بستن شیر مشعل باید آهسته انجام گیرد. در موقع روشن کردن مشعل نخست شیر اکسیژن و سپس شیراستیلن را به اندازه نیم‌دور باز کنید و هنگام خاموش کردن نخست شیر استیلن و سپس شیر اکسیژن را ببندید.

۷ــ هرگز مشعل روشن را روی زمین نگذارید.

۸ ــ شیر مشعل را فقط با دست محکم ببندید و هرگز برای بستن آن از انبردست استفاده نکنید.

۹ــ هرگز به هیچ قسمت مشعل روغن نزنید و برای روانی اجزاء مشعل می‌توان ازکف صابون یا گلیسرین استفاده کرد.

۱۰ــ چنانچه سرعت خروج مخلوط گاز اکسیژن و استیلن از نازل کمتر از سرعت احتراق آن باشد شعله به داخل مشعل پس می‌زند در این‌صورت باید بی‌درنگ شیرهای استیلن و اکسیژن را بست و سربک را در آب خنک نمود.

۱۱ــ هرگاه اختلالی در کار مشعل روی‌داد باید فوراً شعله را خاموش کرده و به جست‌و جوی علل این اختلال پرداخت.

۲ــ۹ــ۲ــ شیلنگ جوشکاری: برای مقاومت بیشتر شیلنگ در برابر فشار، آن‌را از چند لایه مواد متفاوت می‌سازند. لایه داخلی شیلنگ از جنس لاستیک مرغوب و مناسب درست شده و این لایه نیز با لایه‌های دیگر تقویت می‌شود. لایه بیرونی شیلنگ از لاستیک رنگی یا پلاستیک ساخته می‌شود و آن‌را به‌صورت مضرّس درمی‌آورند تا در برابر فرسایش مقاومت داشته باشد. شیلنگ‌ها را معمولاً در سه رنگ می‌سازند : سیاه، سبز و قرمز.

این رنگ‌ها استاندارد نمی‌باشد ولی معمول است که رنگ قرمز را برای استیلن یا گازهای سوختنی دیگر به‌کار می‌برند و رنگ سبز و سیاه را برای اکسیژن مصرف می‌کنند.

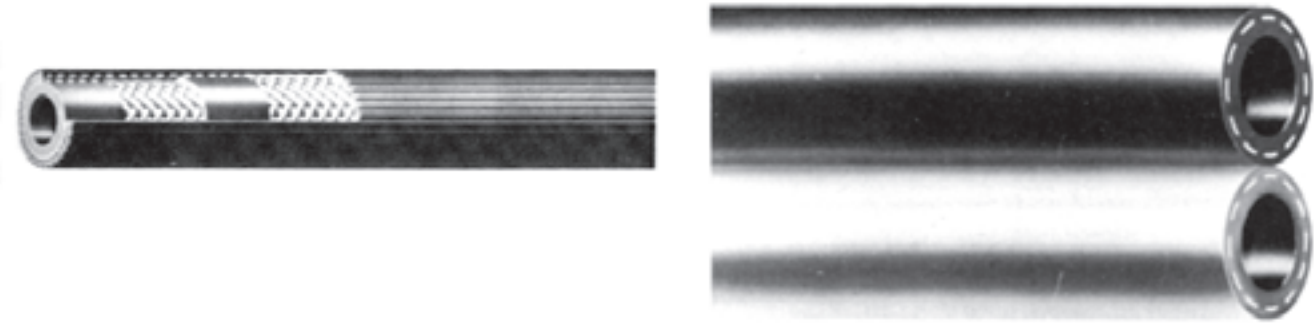
اندازه شیلنگ را براساس قطر داخلی آن (ID) می‌سنجند

و در چندین اندازه ساخته می‌شود. اندازه قطر داخلی آنها $\frac{3}{16}$، $\frac{1}{4}$ و $\frac{5}{16}$ (4/8mm , 6/4mm , 7/9mm) می‌باشد. اندازه شیلنگ باید متناسب با مشعل و طول مورد لزوم باشد.

اندازه ۴/۸ میلی‌متر یا $\frac{3}{16}$(ID) حالت ارتجاعی زیادی دارد و به علت سبکی وزن کاربرد آن در جوشکاری‌های سبک است.

چنان‌چه لازم باشد که طول شیلنگ بلند باشد قطر داخلی شیلنگ نیز باید افزایش یابد. معمولاً طول شیلنگ نباید از ۵ متر کمتر باشد ولی سازندگان در حال حاضر طول 7/6m را پیشنهاد می‌کنند.

شیلنگ‌ها باید انعطاف‌پذیر باشند و سطح داخلی آن در برابر تأثیر گازها فاسد نشود. شیلنگ را باید به‌وسیله بست مخصوص به پستانک مشعل و یا رگلاتور متصل کرد (شکل ۱۶ــ۲).

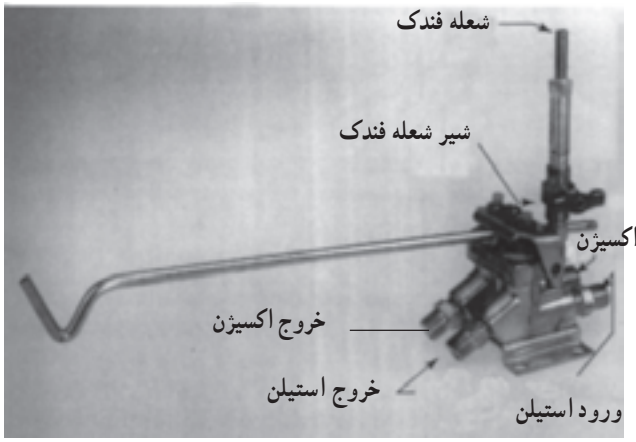


شکل ۱۶ــ۲ــ شیلنگ جوشکاری

دنده مهره رابط شیلنگ اکسیژن به رگلاتور راست گرد و دنده مهره رابط لوله هدایت استیلن به رگلاتور چپ‌گرد است. از تماس شیلنگ‌ها با شعله آتش و فلز داغ باید جلوگیری کرد. شیلنگ را نباید بیش از اندازه خم کرد زیرا خمیدگی شدید باعث ترکیدن شده، در نتیجه فشار گاز داخل آن خارج یا اینکه مانع جریان گاز می‌گردد.

در مواقعی که از شیلنگ‌ها برای جوشکاری استفاده نمی‌شود باید آنها را دور از اشیایی که ممکن است به آنها صدمه بزند به دیوار آویزان کرد. هنگام جوشکاری باید از اصابت اشیاء دیگر با شیلنگ و لگدمال کردن آن خودداری نمود.

۳ــ۹ــ۲ــ آتش‌زنه (فندک): برای روشن کردن مشعل هرگز نباید از کبریت یا کاغذ استفاده کرد. درهنگام جوشکاری هرگز در جیب‌های خود مواد قابل احتراق نگه ندارید. استفاده از فندک جوشکاری بهترین روش برای روشن کردن مشعل است. آتش‌زنه از سنگ چخماق و فولاد درست شده، آتش‌زنه جرقه شدیدی می‌دهد. در شکل ۱۷ــ۲ یک فندک دستی جرقه‌ای و یک فندک گازی نشان داده شده است.



شکل ۱۷ــ۲ــ دو نوع فندک

۴ــ۹ــ۲ــ عینک جوشکاری: جوشکار اکسی استیلن باید درحین‌کار از عینک مناسب استفاده کند.

شعله و هم‌چنین حوضچه مذاب دونوع اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش از خود خارج می‌کنند. چنانچه این دو نوع اشعه از فاصله کم به چشم برسد امکان درد چشم یا سرخ شدن آن می‌باشد. عینک نیز از برخورد جرقه‌هایی که پرتاب می‌شوند و ممکن است به چشم اصابت کند، جلوگیری و در عین‌حال از نور خیره‌کننده ممانعت می‌نماید، از این‌رو جوشکار قادر به رؤیت منطقه مذاب و حرکت آن می‌باشد.

عینک‌های معمولی جوشکاری دارای یک قاب یا فرام ضدجرقه است که شیشه را محکم نگه می‌دارد و دارای یک نوار است که به‌راحتی عینک را در روی چشم نگه می‌دارد.

شیشه‌های عینک ممکن است مدوّر یا مستطیل باشد. چنانچه شیشه مدور باشد قطر آن ۵۰mm یا ۲ اینچ است و اگر مستطیل باشد اندازه آن ۵۰ . ۱۰۸mm یا $۴\frac{۱}{۴}$. ۲ اینچ است.

طرح بعضی از عینک‌های جوشکاری طوری‌است که به‌راحتی بر روی عینک‌های طبی قرار می‌گیرد.

رنگ شیشه عینک‌های جوشکاری سبز یا قهوه‌ای است با درجه تاری متفاوت.

اخیراً نوعی شیشه عینک جوشکاری ساخته شده که انعکاس خطوط نور را طلایی رنگ نشان می‌دهد و می‌تواند از زیان رساندن هرنوع اشعه به چشم جلوگیری کند.

در شکل ۱۸ــ۲ دونمونه عینک جوشکاری نشان داده شده است.

شکل ۱۸ــ۲ــ دو نمونه عینک جوشکاری

درجه تاری شیشه براساس شماره‌هایی از ۱ تا ۱۴ است که هرچه شماره زیادتر باشد درجه تاری یا کدری آن زیادتر می‌شود.

درجه تاری شیشه معمولاً در گوشه آن حک شده است.

شیشه عینک جوشکاری باید با قواعد ANSI۲۸۷/۱ [۱] تطابق داشته باشد. جدول ۲ــ۲ این تطابق را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۲ــ شماره شیشه عینک برحسب ضخامت ورق و نوع کاربرد

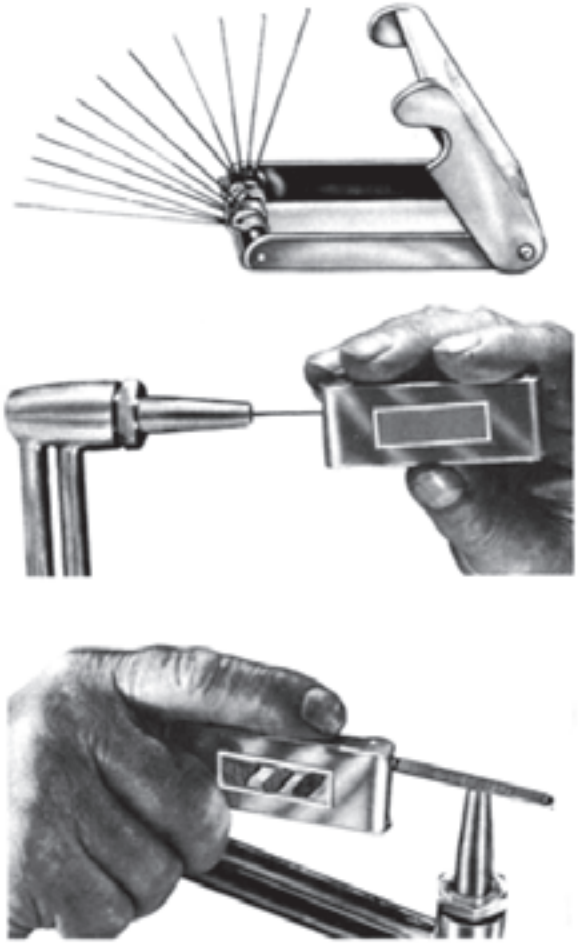
شماره تطابق	ضخامت ورق		کاربرد
	میلی‌متر (mm)	اینچ (in)	
			جوش گاز
۵ یا ۴	کمتر از ۳/۲	زیر $\frac{۱}{۸}$ اینچ	سبک
۶ یا ۵	۳/۲ ــ ۱۲/۷	$\frac{۱}{۸}$ ــ $\frac{۱}{۲}$	متوسط
۸ یا ۶	بیش از ۱۲/۷	بیش از $\frac{۱}{۲}$	سنگین
			برشکاری
۴ یا ۳	کمتر از ۲۵	کمتر از ۱	سبک
۵ یا ۴	۲۵ ــ ۱۵۰	۱ ــ ۶	متوسط
۶ یا ۵	بیش از ۱۵۰	بیش از ۶	سنگین

۱ــ American National Standards Institute requirements for eye protection

۵ــ۹ــ۲ــ تمیز کننده نازل مشعل (سوزن مشعل): نازل مشعل جوشکاری اغلب در دهانه آن جرم می‌گیرد. برای اینکه شعله مناسبی ایجاد شود لازم است که دهانه نازل صاف و تمیز باشد.

چنانچه جوش خوب موردنظر باشد باید دهانه نازل از رسوب کربن و سرباره بطور کامل زدوده و پاک شود. در موقع تمیز کردن نازل باید مراقب بود که سوراخ نازل بزرگ نشود یا ازحالت دایره شکل خارج نشود.

وسیله تمیز کننده نازل محتوی یک مجموعه مفتول آج‌دار است که بسهولت وارد سوراخ نازل شده و آن‌را تمیز می‌کند (شکل ۱۹ــ۲).



شکل ۱۹ــ۲ــ تمیزکننده نازل مشعل و روش کاربرد آن

۶ــ۹ــ۲ــ پوشش‌های محافظتی: درهنگام جوشکاری لازم است که از پیش‌بند استفاده کرد در غیر این‌صورت ممکن است جرقه‌هایی که در حین جوشکاری از ناحیه مذاب به اطراف زبانه می‌کشد باعث سوختن و سوراخ نمودن لباس شود. زیرا با همین جرقه‌ها امکان آتش‌گرفتن شخص جوشکار وجود دارد. نوعی کلاه ایمنی نیز در هنگام جوشکاری ضروری است.

استفاده از دستکش‌های نرم و سبک نیز یکی از ضروریات ایمنی درهنگام جوشکاری‌است. بخصوص در مواقعی که طول سیم جوش کوتاه می‌شود از سوختن نوک انگشت‌ها جلوگیری می‌نماید یا اینکه ممکن است جوشکار اشتباهاً سیم جوش کوتاهی را بردارد که هنوز نوک آن داغ می‌باشد.

۷ــ۹ــ۲ــ نکات مهم:

۱ــ حمل و نقل کپسول‌های اکسیژن و استیلن را بدقت انجام دهید. هیچگاه آنها را در معرض تابش نور شدید آفتاب و نزدیک به کانون‌های حرارت قرار ندهید. از آغشته شدن کپسول‌ها به گریس و روغن و مواد چربی دیگر احترازکنید.

۲ــ قبل از اینکه شیر کپسول را بچرخانید مطمئن شوید که پیچ‌های رگلاتور کاملاً باز باشند.

۳ــ همیشه مشعل و شیلنگ‌ها را بعد از اتمام کار به دیوار آویزان کنید تا از لگدمال شدن و آسیب محفوظ بمانند.

۴ــ در مواقعی که مشعل را برای تمیز کردن و تعویض نازل باز می‌کنید از انبردست استفاده نکنید.

۵ــ برای روان شدن پیچ‌های رگلاتور و مشعل و کپسول‌ها از روغن استفاده نکنید و اگر ضرورتی باشد می‌توانید از صابون و گلیسیرین استفاده نمائید.

۶ــ در هیچ شرایطی جای شیلنگ‌های اکسیژن و استیلن را با یکدیگر عوض نکنید و از آلوده شدن آنها به روغن یا گریس اجتناب کنید.

۷ــ همیشه در هنگام جوشکاری از عینک مناسب و دستکش و پیش‌بند استفاده کنید.

۸ــ هرگز مشعل را با کبریت یا به وسیله آتش‌زای دیگری روشن نکنید.

۹ــ برای تمیز کردن لباس از گرد و خاک، از اکسیژن و یا استیلن استفاده نکنید.

۱۰ــ برای پاک کردن سوراخ نازل فقط از سوزن‌های مخصوص پاک کردن استفاده کنید.

۸ ــ ۹ــ۲ــ سیم جوش (Filler Metal): براساس قواعد AWS سیم جوش به مفتولی گفته می‌شود که در عمل جوشکاری در یک مدار الکتریکی قرار نگیرد و به‌عبارت دیگر در ضمن جوشکاری شدت جریان الکتریکی از آن عبور نکند در غیر این‌صورت به آن الکترود گفته می‌شود. بعضی از سیم جوش‌های متداول عبارتند از :

۱ــ فولاد کم‌کربن (Mild steel)

۲ــ چدن (Cast iron)

۳ــ فولاد زنگ نزن (Stainless steel)

۴ــ آلیاژهای مس (Copper alloys)

۵ ــ آلیاژهای آلومینیوم (Aluminum alloys)

سیم جوش‌های فولاد ــ برنج ــ فولاد ضدزنگ و بعضی از سیم‌جوش‌های آلومینیوم در طول‌های ۳۶ اینچ یا ۰/۹۱m با قطرهای متفاوت در اندازه‌های $\frac{۱}{۱۶}$ (۱/۶mm) ــ $\frac{۳}{۳۲}$ (۲/۳۸mm) ــ $\frac{۱}{۸}$ (۳/۱۸mm) ــ $\frac{۵}{۳۲}$ (۷/۹۴mm) و $\frac{۳}{۸}$ (۹/۵۳mm) ساخته می‌شوند.

سیم‌جوش‌های فولادی را با مس پوشش می‌دهند تا از زنگ‌زدگی آنها جلوگیری شود.

بعضی از سیم‌جوش‌های آلومینیوم یا آلیاژهای مس را مانند الکترودها با مواد شیمیایی پوشش می‌دهند. مشخصات سیم جوش‌های فولاد از حالت گذشته خارج شده و در زیر یک قاعده درآمده است که در جداول ۳ــ۲ و ۴ــ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳ــ۲ــ سیم جوش‌های فولادی

شماره	نوع جنس سیم‌جوش	مقاومت کششی
RG۴۵	فولاد کم کربن	۳۱۰MPa(۴۵۰۰۰psi)
RG۶۰	آلیاژهای فولاد با درصد کم آلیاژ	۴۴۸MPa(۶۵۰۰۰psi)
RG۶۵	آلیاژهای فولادی درصد کم با مقاومت بالا	۷۲۴MPa(۱۰۵۰۰۰psi)

جدول ۴ــ۲ــ خصوصیات سیم‌جوش‌های RG 45

ماکزیمم درصد سلیکون	ماکزیمم درصد فسفر	ماکزیمم درصد سولفور	ماکزیمم درصد منگانز	ماکزیمم درصد کربن	مقاومت کششی	
					MPa	psi
۰/۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۲۵	۰/۰۶	۳۱۰	۴۵۰۰۰

سیم‌جوشکاری برای پر کردن درز دو قطعه فلزی که باید به‌هم جوش داده شود، استفاده می‌شود.

سیم جوشکاری باید دارای دو خاصیت زیر باشد :

الف ــ از جنس همان قطعات فلزی باشد که باید به‌هم جوش داده شود.

ب ــ هرچه ممکن است خالص باشد.

۱۰ــ۲ــ ایمنی درجوشکاری با روش اکسی استیلن

۱ــ۱۰ــ۲ــ نگهداری کپسول‌های محتوی گاز:

۱ــ کپسول باید در جایی انبار شود که جریان هوای آزاد وجود داشته باشد و انبار ضدحریق و صد شعله باشد.

۲ــ اگر لباس یا دست‌های شما آغشته به روغن است از تماس با کپسول محتوی گاز بخصوص اکسیژن پرهیز نمائید.

۳ــ کپسول‌ها را از تماس با یخ و برف دور نگه دارید و آنها را در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار ندهید.

۴ــ انبار کپسول باید دور از کانون‌های آتش و روغن یا گریس باشد، مانند بشکه روغن.

۵ ــ کپسول استیلن را در هر شرایطی که باشد باید بطور قائم نگه داشت.

۶ــ کپسول‌های محتوای گازهای مختلف را در کنار هم انبار نکنید و کپسول‌های پر و خالی را جداگانه نگهداری نمایید.

۷ــ کپسول باید از دستگاه‌های الکتریکی یا سیم‌های حامل جریان الکتریسیته دور باشد و نیز در معرض جرقه‌های پرتاب شده از جوشکاری قرار نگیرد.

۸ ــ نوع رگلاتورهای گاز باید از نوع کاهنده فشار باشد و سعی کنید شیرهای مربوطه را به آهستگی باز نمائید.

۹ــ همیشه مطمئن شوید که شیر بدنه کپسول اکسیژن عاری از روغن ــ آب و اجسام خارجی باشد.

۱۰ــ برای حمل و نقل کپسول از جرثقیل‌هایی که قلاب مغناطیسی دارند، استفاده نکنید.

۱۱ــ در مواقعی که از کپسول استفاده نمی‌کنید شیر آن‌را ببندید هرچند برای زمان کوتاهی باشد.

۱۲ــ برای تشخیص نشت گاز از کپسول و متعلقات آن فقط از آب‌صابون استفاده کنید و هیچگاه مواد دیگر را بکار نبرید.

۱۳ــ از کاربرد فتینگ‌های مسی و آلیاژهای مس که بیش از ۷۰درصد مس داشته باشند در مسیر گاز استیلن پرهیز نمائید، زیرا دراثر تماس آنها با گاز استیلن احتمال احتراق وجود دارد.

۱۴ــ به هر عللی اگر کپسول استیلن داغ شد بلافاصله آن‌را به هوای آزاد منتقل کرده و درآب غوطه‌ور کنید و اگر چنین موقعیتی نبود با آب آن‌را اسپری کرده شیر آن‌را باز کنید و تا زمانی که از گاز تخلیه کامل نشده باشد، آن را با آب اسپری نمائید.

۲ــ۱۰ــ۲ــ نکات ایمنی در جوشکاری با اکسی استیلن:

اگر از دستگاه و متعلقات جوش گاز به‌درستی استفاده شود این سیستم بدون خطر و ایمن می‌باشد در غیر این‌صورت بروز خطر سریع و دامنه آن وسیع خواهد بود. از این‌رو توجه به نکات ایمنی و آگاهی از پتانسیل تخریب برای همه جوشکاران ضروری است. جوشکار علاوه بر دانستن مسائل ایمنی الزاماً باید آنها را بکار ببرد زیرا آگاه شدن تنها شرط ایمنی نیست و درموقع کارکردن باید این نکات را بکار برد.

الف ــ استفاده از لباس کار و عینک جوشکاری

۱ــ هرچند که استفاده از لباس مخصوص جوشکاری الزامی است ولی متأسفانه در کارگاه‌ها کمتر یا اصلاً به آن توجه نمی‌شود. استفاده از عینک با درجه تاری مشخص ضروری‌است و در موقع جوشکاری یا برشکاری فلزات ضخیم درجه تاری عینک باید افزایش یابد.

۲ــ در هنگام جوشکاری باید از دستکش بلند و مخصوص استفاده کرد.

۳ــ در جوش بالای سر استفاده از کلاه ایمنی ــ پیش‌بند چرمی یا ژاکت چرمی ضروری است.

۴ــ وجود هر شیء قابل احتراق بخصوص کبریت در جیب لباس خطرناک است.

۵ ــ از پوشیدن بلوز و پیراهنی که سردست آستین آن دوبل داشته باشد باید اجتناب کرد و هم‌چنین در موقع کارکردن نباید آستین پیراهن را تا و کوتاه نمود زیرا امکان ورود جرقه به‌داخل آن زیاد است.

۶ ــ از پوشیدن لباس‌های آغشته به روغن و گریس در

هنگام جوشکاری پرهیز نمائید.

ب ــ جوشکاری یا برشکاری مخازن

۱ــ هرگز اقدام به جوشکاری یا برشکاری مخزن‌ها نکنید مگر اینکه مطمئن شوید که مخزن آلوده به مواد اشتعال‌زا مانند روغن ــ بنزین و ... نباشد.

۲ــ به‌خاطر داشته باشید که بعضی مواد اشتعال‌زا نیستند ولی هنگامی که بخار می‌شوند اشتعال‌زا می‌شوند.

ج ــ استفاده از کپسول‌ها

۱ــ تمام متعلقات دستگاه جوش اکسی‌استیلن مانند کپسول ــ رگلاتور ــ مشعل ــ سرمشعل ــ پستانک ــ شیلنگ و غیره نباید به روغن ــ گریس یا هر موادی که در آن هیدروژن وجود دارد، آغشته گردند.

۲ــ برای آزمایش نشت اکسیژن فقط می‌توان از کف‌صابون استفاده کرد.

۳ــ از وسایلی که اکسیژن از آن نشت می‌کند قبل از برطرف کردن عیب استفاده نکنید.

۴ــ همیشه و همه‌وقت شیرهای کپسول اکسیژن ــ کپسول گاز سوختنی را آهسته بازکنید و شیر کپسول اکسیژن باید تا آخر باز شود.

۵ ــ هرگاه جسمی مانند لباس ــ دستکش از اکسیژن اشباع شود خاصیت اشتعال‌زائی پیدا می‌کند و تا مدت ۳۰ دقیقه نمی‌توانیم از آن استفاده کنیم.

۶ ــ همیشه در موقع باز نمودن شیر کپسول اکسیژن روبروی رگلاتور قرار نگیرید. باید در یک‌طرف آن ایستاد و شیر را باز کرد.

۷ــ با مشاهده نشت گاز اکسیژن از اطراف شیر یا نشت استیلن از شیر و پلاک‌های محافظ، آنها را به هوای آزاد برده و از گاز بطور کامل تخلیه نمائید و به کارخانه تولیداکسیژن یا استیلن عودت دهید.

۸ ــ کپسول‌های پر و خالی باید مجزا از هم نگهداری شوند و محل نگهداری آنها باید به‌سیستم تهویه هوا مجهز باشد. کپسول‌های خالی را باعلامت «خ» یا «MT» مشخص کنید.

۹ــ در مواقعی که از کپسول استفاده نمی‌شود باید کلاهک به‌روی آن بسته باشید.

د ــ شعله

۱ــ هنگامی که از شعله استفاده نمی‌شود لازم است که آن‌را خاموش کرد.

۲ــ قبل از روشن کردن مشعل مطمئن شوید که در مجاورت شما مواد اشتعال‌زا وجود نداشته و شخص دیگری در نزدیکی شما نباشد.

هـ ــ استفاده از دستگاه اکسی‌استیلن

۱ــ قبل از بستن رگلاتور به کپسول، شیر کپسول را کمی باز کنید تا گاز از آن خارج شود و سپس رگلاتور را وصل نمایید. درمورد کپسول استیلن مطمئن شوید که در اطراف شعله‌ای روشن نباشد.

۲ــ برای نصب رگلاتورها به کپسول از آچاری استفاده کنید که به مهره‌ها کاملاً جفت گردد و از آچار فرانسه استفاده نکنید.

۳ــ قبل از بستن مشعل به شیلنگ گاز، داخل شیلنگ را تخلیه کنید و برای این منظور لازم است که سر دیگر شیلنگ را از پستانک رگلاتور بازکرده یاکمی آن‌را باز کنید تا گاز داخل آن خارج شود.

۴ــ برای روشن کردن شعله همیشه از فندک جوشکاری استفاده کنید و از روش‌های دیگر پرهیز نمائید.

۵ ــ تمام متعلقات دستگاه را از آلوده شدن به روغن و گریس حفظ کنید.

۶ ــ ضروریست قبل از شروع به‌کار شیلنگ‌ها ، رگلاتورها و شیرهای کپسول از نظرنشت گاز بازرسی شوند، زیرا امکان حریق دراثر نشت گاز زیاد است.

چنانچه شیلنگ‌ها سوخته یا سوراخ شده و یا ترک داشته باشند آنها را تعویض کنید.

۷ــ قبل از اینکه شیر کپسول‌ها را باز کنید پیچ تنظیم‌کننده فشار رگلاتورها را به‌طرف بیرون یا عکس عقربه‌های ساعت بپیچانید تا راه ورودی آن بسته شود سپس شیر کپسول را به‌آرامی باز کنید. برای کپسول استیلن فقط $\frac{1}{4}$ و حداکثر $\frac{1}{2}$ دور باز کردن کافی است تا اگر حادثه‌ای بروز کرد بتوان بسرعت آنرا بست.

۸ ــ آچار کپسول استیلن همیشه باید بر روی مغزی شیر قرار داشته باشد.

۹ــ هیچ‌وقت اکسیژن را با فشار بیش از ۱۵psig یا ۱۰۳۴kPa مورد استفاده قرار ندهید.

۱۰ــ به‌محض مشاهده و تشخیص پس‌زدن شعله در ابتداء شیر اکسیژن مشعل و پس از آن شیر استیلن مشعل و نیز بستن شیرهای کپسول اکسیژن واستیلن به‌ترتیبی که ذکر شد باید بلافاصله بسته شوند.

بعد از بستن شیرها علت را بررسی و متعلقات دستگاه را آزمایش کنید و درصورت سالم بودن، استفاده مجدد از آنها بلامانع است.

و ــ بخار فلزات و آلیاژها: تعدادی از فلزات و آلیاژهای وابسته به آنها در موقع حرارت دیدن، بخاری از آنها متصاعد می‌گردد که مسموم کننده می‌باشد.

این فلزات عبارتند از :

۱ــ کادمیوم

۲ــ روی

۳ــ سرب

۴ــ برلیوم

برای محافظت بعضی از فولادها از پوشش کادمیوم استفاده می‌کنند. بنابراین جوشکاری ــ برشکاری یا عمل بریزینگ این‌نوع فلزات خطرناک است. در صورتی‌که جوشکاری یا برشکاری این‌نوع فلزات ضروری باشد لازم است که محیط کار و میز کار بطور صحیح و اصولی تهویه گردد.

از فلز روی در قالب‌ها و در پوشش آهن گالوانیزه استفاده می‌شود. روی در درجه حرارت C ۴۲۰ ذوب می‌شود و در موقعی که به‌عنوان عنصر آلیاژی به‌کار می رود ممکن است نقطه ذوب آن افزایش یا کاهش یابد. به هرصورت در موقع جوشکاری فلزاتی که حاوی عنصر روی هستند، لازم است از ماسک دهنی استفاده شود و عمل تهویه میز کار و محیط بخوبی انجام شود.

ز ــ ایمنی در استفاده از مشعل‌ها: نکاتی که در زیر به‌آنها اشاره می‌شود علاوه بر اینکه ایمنی را در کاربرد مشعل و ملزومات جوشکاری بیان می‌کنند درمورد محافظت شخص جوشکار در برابر خطرات احتمالی نیز کاربرد دارد.

۱ــ هیچگاه سر مشعل سرد را به مشعل گرم و داغ وصل نکنید زیرا دراثر انتقال، حرارت مشعل باعث می‌شود که روزنه سر مشعل منقبض گردد.

۲ــ برای تمیز کردن نوک سر مشعل همیشه از یک قطعه چوب یا چرم استفاده کنید. در هنگام تمیز کردن شیر اکسیژن را باز نکنید و این عمل را پس از تمیز کردن کامل سرمشعل انجام دهید.

۳ــ درموقع تمیز کردن سوراخ سر مشعل از سوزن‌های با قطر بزرگ‌تر استفاده نکنید زیرا باعث می‌شود اولاً سوراخ از حالت استوانه‌ای که دارد خارج شود و در ثانی اندازه سر مشعل بزرگ می‌شود.

۴ــ قبل از اینکه مشعل را ازدست خود خارج کنید آن‌را خاموش کرده و مطمئن شوید که گاز از آن خارج نمی‌شود.

۵ ــ شیرهای مشعل همیشه باید با نوک انگشتان باز و بسته شود از ابزار دیگری مانند انبردست استفاده نکنید. چنانچه عمل برگشت شعله شکل گرفت از مشعل استفاده نکنید مگر اینکه علت برگشت شعله معلوم شود و معایب مشعل یا دستگاه برطرف گردد.

فصل سوم

روش جوشکاری اکسی استیلن

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ نحوه روشن کردن مشعل را توضیح دهد.

۲ــ خصوصیات انواع شعله را شرح دهد.

۳ــ کاربرد شعله‌ها را بیان کند.

۴ــ روش آزمایش شعله را توضیح دهد.

۵ ــ روش کنترل شعله را توضیح دهد.

۶ــ پس زدن شعله را توضیح دهد.

۷ــ خاموش کردن مشعل را توضیح دهد.

۸ ــ عوامل مؤثر در جوش را توضیح دهد.

۳ــ روش جوشکاری اکسی‌استیلن

۱ــ۳ــ روشن کردن مشعل

۱ــ نازل یا سربکی انتخاب کنید که مناسب با ضخامت فلز جوش‌دادنی باشد.

۲ــ سوپاپ یا شیر کپسول اکسیژن و استیلن را باز کنید و فشار گازی را متناسب با اندازه سر مشعلی که با آن کار می‌کنید تنظیم نمایید. درموقع باز کردن شیر کپسول اکسیژن نزدیک به رگلاتور نایستید زیرا احتمال دارد به‌علت نقص در رگلاتور فشار گاز ناگهانی به شما برخورد کند و به‌چشم یا عینک شما آسیب برساند و بهتر است در یک‌طرف رگلاتور مطابق شکل ۱ــ۳ قرار گیرید و شیر کپسول را به‌آهستگی شروع به باز کردن نمایید.

شکل ۱ــ۳ــ موقعیت قرارگرفتن شخص نسبت به کپسول درموقع باز کردن شیر.

۳ــ شیر کپسول استیلن را فقط به‌اندازه یک‌دور و شیر کپسول اکسیژن را بطور کامل باز کنید.

۴ــ شیرهای رگلاتور اکسیژن و استیلن را برای فشار کاری موردلزوم تنظیم نمائید.

۵ ــ شیر استیلن روی مشعل را به‌اندازه $\frac{۳}{۴}$ دور باز کنید و با آتش‌زنه که به‌اندازه ۳۰ میلی‌متر با نوک مشعل فاصله داشته باشد، آن‌را روشن کنید (شکل ۲ــ۳).

شکل ۲ــ۳ــ طریقه روشن نمودن مشعل

این عمل را با سرعت انجام دهید تا از هدررفتن بیهودهٔ گاز جلوگیری شود.

چنانچه شیر به‌اندازه ذکر شده باز نشود گاز استیلنی که می‌سوزد دوده ایجاد می‌کند. در این‌حالت فوری شیر استیلن روی مشعل را بیشتر باز کنید تا حدّی که شعله نسبت به سر مشعل کمی فاصله پیدا کند.

برای روشن کردن مشعل هرگز از کبریت استفاده نکنید.

این روش باعث می‌شود که نوک انگشتان بسوزد زیرا سرعت احتراق استیلن زیاد است. برای روشن کردن مشعل، نوک سرمشعل را به‌طرف پایین بگیرید و ترجیحاً به‌طرف رویه میز کار باشد. برای روشن نمودن مشعل هیچگاه آن‌را به‌طرف بالا یا چپ و راست نگیرید زیرا امکان دارد افرادی در نزدیکی و مجاورت شما باشند و آسیب ببینند.

در صورتی‌که فرد دیگری در نزدیکی شما جوشکاری می‌کند هرگز برای روشن کردن مشعل از مشعل روشن او استفاده نکنید و نیز برای روشن نمودن مشعل از فلزات داغ استفاده ننمائید.

موقعی که گاز استیلن ــ مطابق آنچه گفته شد ــ شروع به سوختن کرد شیر اکسیژن را به‌اندازه باز کنید تا یک مخروط سفید رنگ در نزدیک سر مشعل که با مخروط آبی‌رنگ دیگری احاطه شده است شکل بگیرد.

۲ــ۳ــ شعله

از دیدگاه علوم جوشکاری، یکی از خصوصیات عمدهٔ شعله که اهمیت زیادی دارد درجه حرارت آن است و اگر این درجه حرارت کافی باشد می‌توان در جوشکاری از آن استفاده کرد.

انتقال انرژی حرارتی از شعله به فلز جوش‌دادنی ازطریق فشار جابه‌جایی (Convection) و تشعشع انجام می‌شود (radiation).

انتقال به‌صورت جابه‌جایی متناسب است با مقدار عبور جریان گاز و اختلافی که بین درجه حرارت شعله و قطعه‌کار موجود است. انتقال به‌فُرم تشعشع بر مبنای اصل استفان‌بولتزمن مساویست با توان چهارم درجه حرارت مطلق. توجیه این قانون در جوشکاری این‌است که اگر درجه حرارت را جزیی افزایش دهیم می‌توان سرعت جوشکاری را بطور قابل‌توجهی زیاد کرد.

آزمایش نشان داده که فقط ۱۵ درصد از کل حرارت شعله ازطریق تشعشع به قطعه کار می‌رسد از این‌رو درجه حرارت شعله نمی‌تواند تنها ملاک و میزان قطعی برای گازسوختنی باشد.

پارامتری که باید برای انرژی شعله و نوع گاز به آن توجه شود شدت احتراق است که مقدار آن با شتاب سوختن و سرعت اختلاط گازهای به‌کاررفته و توان حرارتی ارتباط دارد. دیمانسیون شدت احتراق $\frac{Cal}{S.m^۲}$ یا $\frac{Btu}{S.ft^۲}$ است یعنی مقدار انرژی حرارتی را که می‌توان در واحد زمان از واحد سطح مخروط شعله به‌دست آورد.

محاسبهٔ شدت احتراق کل شعله یا فقط مخروط شعله به‌شرح جدول ۱ــ۳ ارائه می‌گردد.

جدول ۱ــ۳ــ شدت احتراق شعله

گاز سوختنی	حرارت مخصوص $B.t.u / ft^3$	حرارت مخصوص Cal / m^3	نسبت احتراق	نسبت اکسیژن به گاز سوختنی	درجه حرارت شعله C	شدت احتراق Btu / Sft^3
استیلن	۱۴۳۳	۱۲۷۵۲	۲/۵	۱ به ۱	۳۲۵۰ C	۱۲۷۰۰
پروپان	۲۳۰۹	۲۰۵۴۰	۵	۱ به ۳/۲۵	۳۱۰۰	۵۵۰۰
هیدروژن	۲۷۵	۲۴۴۷	۰/۵	۱ به ۰/۵	۲۸۰۰	۷۵۰۰

بیش‌ترین درصد درجه حرارت بستگی به ظرفیت حرارتی گاز سوختنی و حجم آن و گرمای ویژه و شدت احتراق دارد. برای کامل شدن احتراق، اکسیژن نقش بسیار عمده‌ای دارد.

نسبت حجم اکسیژن که برای کامل شدن احتراق یک حجم از گاز سوختنی به‌کار می‌رود، نسبت احتراق نام دارد. از طرفی اکسیژن مقداری از حرارت بدست آمده از واکنش گازها را جذب کرده درنتیجه باعث کاهش دمای شعله می‌گردد. وجود گاز دیگر مانند نیتروژن که داغ می‌شود ولی وارد واکنش نمی‌گردد نیز باعث کاهش دمای شعله می‌شود چنانچه شعله در اکسیژن بسوزد درجه حرارتش خیلی بیش از زمانی است که در هوا بسوزد زیرا در هوا، مقداری ازت وجود دارد.

دمای شعله دراثر ازدیاد یکی ازگازها، اکسیژن یا استیلن نیز کاهش می‌یابد.

نقش عمده مشعل جوشکاری این‌است که می‌تواند حجم صحیح و درست اکسیژن و گاز سوختنی را مخلوط کند.

۳ــ۳ــ شعله اکسی استیلن

شعله جوشکاری به نسبت یک حجم اکسیژن با یک حجم مساوی استیلن بهترین شرایط احتراق را بدست می‌آورد. احتراق در سطح خارجی مخروط اولیه شکل می‌گیرد و واکنش آن به‌صورت زیر است :

$C_2H_2 + O_2 \longrightarrow 2CO + H_2 + 106500Cal$ (مرحله اوّل)

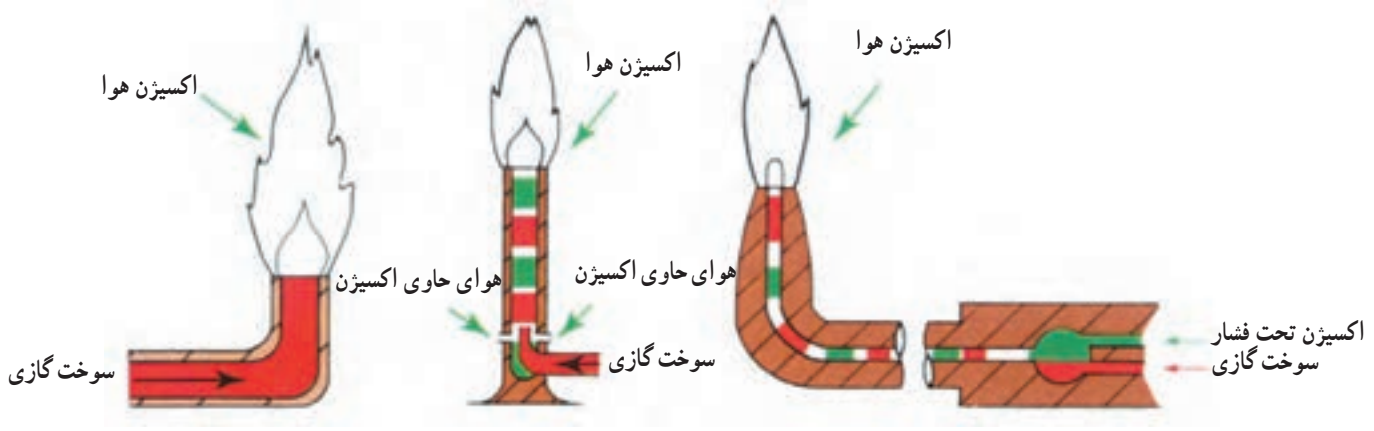
ماکزیمم درجه حرارت در خارج از محیط احتراق اولیه بدست می آید، یعنی در جایی که آنالیز حجمی گازها به‌صورت زیر است :

۶۰- CO

۲۰- H_2

۲۰- H

حاصل واکنش اولیه ایجاد یک هاله آبی‌رنگ است که آن‌را ناحیه کاهش درجه حرارت می‌نامند. به‌محض اینکه گازهایی که می‌سوزند خارج می‌شوند هوای مجاور را به‌طرف سطح خارجی



شکل ۳ــ۳ــ روش‌های ترکیب اکسیژن و سوخت برای ایجاد شعله

شعله می‌کشند و هوا با احتراق اولیه وارد فعل و انفعال می‌شود، مانند رابطه زیر :

مرحله دوم

$$\begin{cases} 2CO + O_2 + 3/78N_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3/78N_2 \\ 2H_2 + O_2 + 3/78N_2 \longrightarrow 2H_2O + 3/78N_2 \end{cases}$$

تنظیم صحیح شعله، اصل مهمی است که درموقع جوشکاری ورق‌های فلزی باید رعایت شود.

اگرچه در اینجا فقط شعله خنثی برای تمرین‌های مختلفی که بر روی ورق‌های فولادی به‌کار می‌رود، ذکر شده است ولی شناختن سه نوع شعله و اطلاع از اینکه چگونه باید وضعیت مشعل را تنظیم کرد تا این سه شعله مختلف را بدست آورد در جوشکاری صحیح حائز اهمیت است.

شعله جوشکاری وقتی می‌تواند لبه‌های دو قطعه فلز را بدون آسیب رساندن به آنها ذوب نموده به یکدیگر جوش بدهد که دارای خواص زیر باشد :

الف ــ شعله باید به‌قدر کافی حرارت داشته باشد تا بتواند لبه دو قطعه فلز را ذوب کند.

ب ــ حرارت شعله نباید فلز را بسوزاند، یعنی آن‌را اکسیده کند.

ج ــ شعله نباید مواد خارجی به فلز اضافه کند.

د ــ شعله نباید به ورق فولادی کربن اضافه کند.

مقدار حرارت شعله متناسب با مقدار گازی است که سوخته می‌شود. برای ایجاد حرارت بیشتر باید پستانک گشادتر بکار برد. امّا درجه حرارت شعله ارتباطی به بزرگی و کوچکی سوراخ پستانک ندارد. عمل احتراق استیلن و اکسیژن در دو مرحله انجام می‌گیرد :

در مرحله اول اکسیژن و استیلن با هم ترکیب شده اکسید کربن و هیدروژن بدست می‌آید.

هیدروژن + اکسید کربن ⟵ اکسیژن + استیلن

$$2C_2H_2 + 2O_2 \longrightarrow 4CO + 2H_2$$

در مرحله دوم از ترکیب اکسیدکربن با هیدروژن و اکسیژن هوا بی‌اکسید کربن و بخار آب تولید می شود.

بخار آب + بی‌اکسید کربن ⟵ اکسیژن هوا + هیدروژن + اکسید کربن

$$4CO + 2H_2 + 3O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

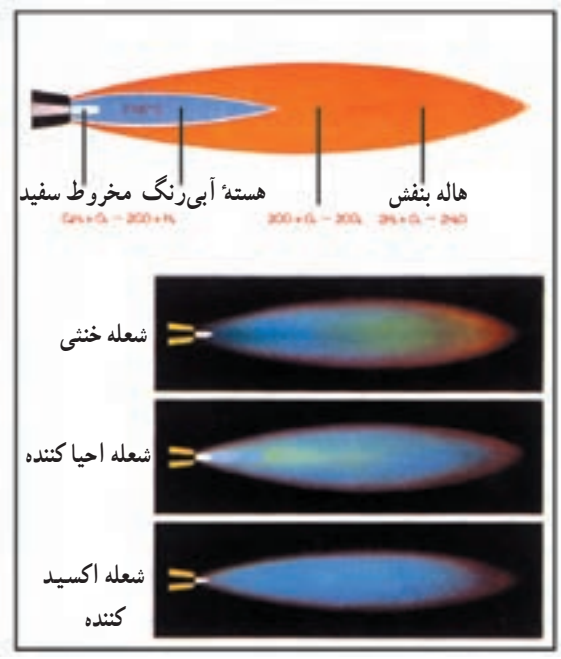
شعله از چهار قسمت زیر تشکیل می‌شود (شکل ۴ــ۳)

۱ــ هسته آبی‌رنگ

۲ــ مخروط سفید

۳ــ ناحیه جوشکاری که به رنگ سبز مایل به‌آبی است.

۴ــ هاله بنفش‌رنگ و لرزان شعله



شکل ۴ــ۳ــ شعله اکسی‌استیلن و قسمت‌های مختلف آن

حداکثر حرارت شعله در حدود ۳۲۰۰ C است که به فاصله ۱ تا ۳ میلی‌متر از مخروط سفید شعله موجود است و ناحیه جوشکاری در همین ناحیه قرار دارد.

حرارت شعله در دهانه پستانک ۳۰۰ C تا ۴۰۰ C می‌باشد.

۴ــ۳ــ انواع شعله

۱ــ۴ــ۳ــ شعله خنثی: شعله‌ای که از احتراق مخلوط اکسیژن و استیلن به‌نسبت یک به‌یک ایجاد می‌شود، شعله خنثی می‌نامند. نسبت یک به‌یک یعنی یک حجم اکسیژن با یک حجم استیلن مخلوط گردد.

چنانچه این نسبت رعایت شود امّا مقدار حجم مخلوطی که در واحد زمان خارج می‌گردد کم یا زیاد باشد، شعله ملایم یا قوی را شکل می‌دهد.

مخروط شعله خنثی کاملاً آشکار است و از خطوط پیرامون آن بخوبی قابل تشخیص است. کاربرد این نوع شعله در جوشکاری ورق‌های فولادی است. طول مخروط اولیه شعله خنثی می‌تواند بین ۱/۵ mm تا ۱۹ mm باشد که بستگی به اندازه سر مشعل دارد (شکل ۵ ــ۳ــ ج).

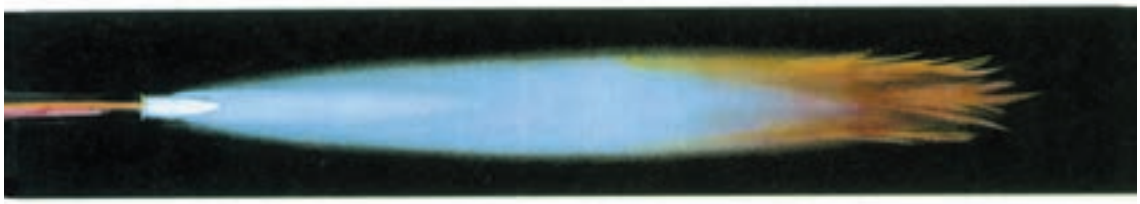
۲ــ۴ــ۳ــ شعله احیاکننده: اگر مصرف استیلن زیادتر از اکسیژن باشد یا به‌عبارت دیگر نسبت حجمی استیلن بیش از اکسیژن گردد نوع شعله احیاکننده است (شکل ۵ ــ۳ــ ب). چنین شعله‌ای محتوی مقداری کربن نسوخته و آزاد است که وارد ماده مذاب جوش شده آن‌را سخت و شکننده می‌سازد، به همین علت این شعله در جوش‌فولاد کاربردی ندارد. کاربرد شعله احیاکننده در جوشکاری آلومینیوم و لحیم سخت است.

در جوشکاری آلومینیوم کربن اضافی در شعله احیاکننده از اکسیداسیون آلومینیوم جلوگیری می‌کند یا در جوشکاری مونل از آن استفاده می‌شود.

۳ــ۴ــ۳ــ شعله اکسید کننده: در صورتی‌که هنگام احتراق حجم اکسیژن بیش از استیلن باشد مخروط شعله کوتاه‌تر شده و درخشندگی خود را از دست می‌دهد و صدای آن نسبت به شعله‌های دیگر زیادتر است (شکل ۵ ــ۳ــ د).

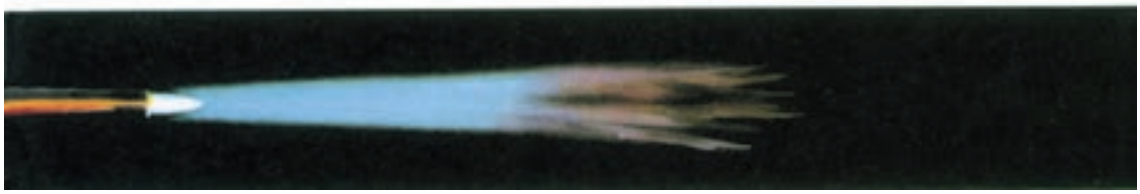
در موقع جوشکاری با شعله اکسید کننده، سیم جوش با اکسیژن اضافی شعله ترکیب شده می‌سوزد و جرقه‌هایی به‌اطراف می‌پراکند. کاربرد این نوع شعله در فولادها باعث می‌شود که سرباره نازکی در روی سطح جوش پدیدار شود و از طرفی استحکام و مقاومت جوش را بطور فاحشی کاهش می‌دهد. کاربرد این نوع شعله در جوشکاری برنج، برنز و بعضی آلیاژهای دیگر است.

الف سوختن استیلن در آتمسفر شیر گاز را باز کنید تا شعله دود کند.



ب شعلهٔ احیاکننده (استیلن زیاد با اکسیژن) برای سختی سطحی و جوش فلزات سفید

ج شعلهٔ خنثی (استیلن و اکسیژن) دما ۵۵۸۹ F (۳۰۸۷ C) برای جوش ذوبی فولاد و چدن



د شعلهٔ اکسید کننده (استیلن و اکسیژن زیاد) برای لحیم سخت با سیم جوش برنز

شکل ۵ ــ۳ــ رنگ و نمای شعله‌های اکسی‌استیلن

۵ــ۳ــ مشخصات شعله

هر کدام از این سه شعله ممکن است قوی یا ملایم باشند و از اثر مختلفی که بر روی ناحیه مذاب دارند شناخته می‌شوند.

شعله قوی بطور قابل‌ملاحظه‌ای روی ناحیه مذاب فشار می‌آورد و باعث می‌گردد که فلز مذاب به‌اطراف حرکت کند. از این‌رو وسعت حوضچه مذاب گسترده‌تر شده و ناحیه مذاب را نمی‌توان به‌اندازه کافی آرام نگاهداشت. بنابراین کنترل لازم را برای جوش خوب نمی‌توان برقرار کرد. از طرف دیگر شعله ملایم به‌سطح ناحیه مذاب کمتر فشار می‌آورد و جوشکار می‌تواند کنترل لازم را در تمام اوقات داشته باشد. شعله ملایم خنثی بهترین وضعیت را برای جوشکاری ورق‌های فولادی ایجاد می‌کند.

۶ــ۳ــ آزمایش شعله

برای تشخیص شعله احیاکننده می‌توانید از یک قطعه فولاد قراضه استفاده نمائید. شعله احیاکننده را نزدیک و در یک نقطه بر روی سطح فولاد نگه دارید تا شروع به مذاب شدن کند، درنتیجه خواهید دید به‌محض اینکه مذاب شکل گرفت سیال گرایش به‌جوشیدن دارد که دراثر وارد شدن کربن، زیادی شعله به‌ناحیه مذاب است. پس از اینکه فلز سرد شد خواهید دید که حوضچه مذاب چاله‌چاله شده و شکننده می‌گردد.

شعله خنثی را به نسبت یک حجم اکسیژن و یک حجم استیلن تنظیم کنید. شعله را نزدیک سطح فلز گرفته تا حوضچه مذاب شکل بگیرد. سپس مذاب مانند شیره غلیظ شروع به‌حرکت می‌کند و تعداد جرقه‌ها بسیار کم خواهد شد.

شعله اکسیده‌کنند را با افزایش کمی اکسیژن تنظیم کنید و مانند آزمایش‌های قبل آن‌را نزدیک به سطح فولاد بگیرید. به‌محض اینکه حوضچه مذاب شکل گرفت مشاهده می‌کنید که مذاب کف می‌کند. ازطرفی تعداد جرقه‌ها زیاد می‌گردد. پس از سرد شدن قطعه یک سطح سفید گرد مانند در اطراف مذاب مشاهده می‌گردد.

۷ــ۳ــ کنترل شعله

پس از اینکه شعله تنظیم شد باید بدانیم که در تمام طول زمان جوشکاری شعله همان وضعیت را نخواهد داشت. همان‌طوری‌که عمل جوشکاری اجرا می‌شود باید در زمان‌های متفاوت مراقب شعله باشید تا اگر از تنظیم خارج شد آن‌را دومرتبه تنظیم کنیم.

خارج شدن شعله از حالت تنظیم بودن به‌این علت است که جریان گازها از رگلاتور نوسان پیدا می‌کند و با گرداندن یکی از شیرهای مشعل می‌توان شعله را به‌سرعت به‌حالت اولیه برگرداند.

در زمان جوشکاری ممکن است شعله صدای پوپ (pop) بدهد و این نشان دهنده این است که مقدار عبور جریان گاز که به‌سر مشعل می‌رسد، کم است و با باز کردن بیشتر شیرهای استیلن و اکسیژن می‌توان این حالت را ازبین برد. علت دیگر این صدا در ارتباط با نگهداری زیاد شعله در یک نقطه می‌باشد که فلز بیش‌از حد داغ شده و مقدار کافی از سیم‌جوش در ناحیه مذاب ذوب نمی‌گردد.

۸ــ۳ــ پس‌زدن شعله (Flash back)

هنگامی که شعله با صدای پوپ (pop) همراه است آن‌را تو کشیدن شعله (back fire) می‌نامند و گاهی اوقات بعد از صدای پوپ در داخل مشعل صدای سوت کشیدن شنیده می‌شود، که بسیار خطرناک است. علل پس‌زدن شعله به‌صورت زیر است :

۱ــ تماس نوک مشعل به سطح کار

۲ــ کم بودن فشارکاری گازها نسبت به اندازه سر مشعل

۳ــ گرم شدن بیش از حدّ سر مشعل یا مشعل

۴ــ مسدود شدن دهانه خروجی مشعل

۵ ــ زمین خوردن مشعل و درنتیجه ایجاد عیب در داخل آن

نکات مهم

۱ــ شیر گاز کپسول یا ژنراتور استیلن را ببندید.

۲ــ شیر گاز استیلن مشعل را ببندید تا شعله خاموش شده و با عبور گاز اکسیژن از داخل شیلنگ و پس از آن از داخل مشعل اطمینان حاصل نمائید که گاز سوختنی خاموش شده است.

۳ــ پس از بستن شیرهای گاز سوختنی شیرهای گاز اکسیژن را ببندید.

۴ــ سر مشعل را با آب خنک کنید.

۵ ــ باقیمانده گاز داخل رگلاتورها را خارج کنید و فشار استیلن و اکسیژن را به‌صفر برسانید.

۶ ــ توجه کنید که نوک سر مشعل مسدود نشده باشد.

۷ــ پیچ سرمشعل را که به‌وسیلهٔ بدنه مشعل بسته می‌گردد آزمایش کنید که شُل نشده باشد.

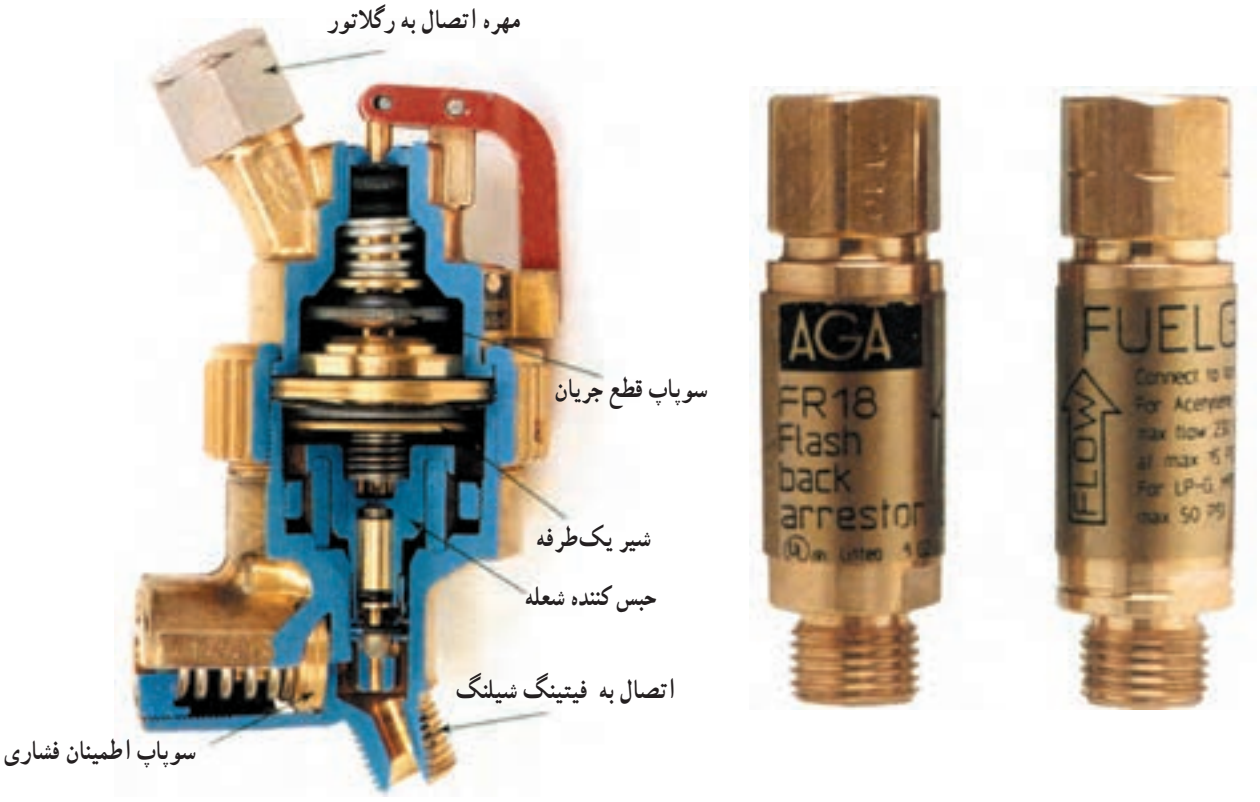
۸ ــ شیلنگ‌ها را بررسی کنید که سوراخ نشده یا ترک برنداشته باشند.

۹ــ۳ــ دستگاه فلاش‌بک

دستگاه فلاش‌بک سیستم بسیار دقیقی است که برای فشارهای متفاوت ساخته شده و شرایط ساختاری آن متناسب با نوع گازها مانند استیلن ، پروپان، هیدروژن، گاز زغال و اکسیژن می‌باشد.

سیستم فلاش‌بک معمولاً به قسمت خروجی رگلاتور بسته می‌شود و از تماس شعله به منابع گازهای نامبرده جلوگیری می‌کند. به‌علت حساس بودن آن لازم است که همیشه از رگلاتورها بطور صحیح استفاده شده و از برخورد اشیاء به آنها جلوگیری و نیز از زمین خوردن آنها باید اجتناب کرد.

در مولدهای استیلن این سیستم به‌نام محفظه اطمینان نامیده می‌شود که در صفحات قبل درباره آنها توضیح داده شد. در شکل ۶ــ۳ سیستم فلاش‌بک نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۳ــ سیستم فلاش‌بک

۱۰ــ۳ــ روش خاموش کردن شعله

موارد زیر را باید درموقع اتمام عمل جوشکاری رعایت کرد :

۱ــ ابتدا شیر گاز استیلن مشعل را ببندید ؛در این هنگام شعله خاموش شده و با عبور گاز اکسیژن از مشعل مطمئن خواهید شد که گاز سوختنی خاموش شده است.

۲ــ پس از بستن شیر گاز استیلن، شیر اکسیژن مشعل را ببندید.

۳ــ فشار گاز اکسیژن و استیلن را با بستن شیرهای کپسول از روی رگلاتور بردارید.

۴ــ هر دو شیر اکسیژن و استیلن مشعل را باز کرده و باقیمانده فشار گاز رگلاتور را به صفر برسانید.

۵ ــ شیرهای مشعل را آهسته ببندید و مشعل را به‌جایگاه مخصوص خود بیاویزید.

۱۱ــ۳ــ عوامل مؤثر در جوش

هرچند که نکات ذکر شده زیر ساده به‌نظر می‌رسند اما رعایت آنها می‌تواند عوامل مؤثری در اجرای صحیح جوشکاری باشد.

۱ــ۱۱ــ۳ــ وضعیت شیلنگ‌ها: گاهی جوشکاران شیلنگ‌ها را روی شانه خود می‌اندازند. در این‌صورت چون وزن مشعل روی لوله‌های لاستیکی می‌افتد جوشکار سنگینی آن‌را احساس نمی‌کند و کافیست فقط با انگشت، حرکت مخصوصی را که بعداً شرح داده خواهد شد به مشعل بدهد. اما معمولاً باید از این شیوه کار اجتناب کرد زیرا از حرکت آزاد گاز و در نتیجه شعله جلوگیری می‌کند. تنها در هنگام جوشکاری مداوم و طولانی که موجب خستگی مچ و بازوان جوشکار می‌شود می‌توان شیلنگ‌ها را روی شانه انداخت.

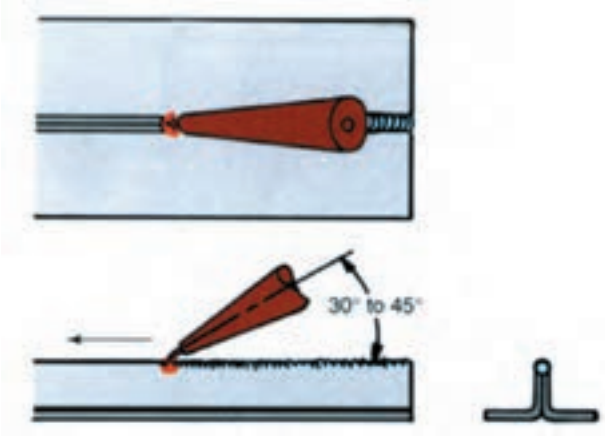
بهترین روش این است که شیلنگ‌ها را یک‌دور به اطراف ساعد دست پیچید و با این کار سنگینی آن‌را کم کرد.

۲ــ۱۱ــ۳ــ وضعیت مشعل: دسته مشعل را پس از روشن کردن و تنظیم شعله باید به‌دست راست گرفت. مشعل طوری ساخته شده که اگر دسته آن بدست گرفته شود کاملاً متعادل خواهد بود. از گرفتن مشعل با انگشت‌ها باید پرهیز کرد زیرا در این‌صورت استفاده صحیح و منظم از شعله و کنترل آن امکان‌پذیر نیست و جوش‌کار هنگام جوش‌دادن قطعات بزرگ و سنگین خسته خواهد شد.

۳ــ۱۱ــ۳ــ زاویه مشعل: زاویه مشعل نسبت به سطحی که جوش داده می‌شود باید بین ۱۵ تا ۷۵ باشد (پیش‌دستی) اندازه زاویه بستگی به اندازه سر مشعل و نیز در ارتباط با ضخامت ورق است ولی در حالت معمولی این زاویه می‌تواند بین ۶۰ – ۳۰ باشد (شکل ۷ــ۳).

اگر زاویه مشعل کمتر از این مقدار باشد از یک‌طرف مقدار زیادی از انرژی حرارتی تلف شده و از طرف دیگر فشار شعله فلز مذاب را از منطقه جوش کنار زده به قسمت نسبتاً سردتر درز جوش می‌چسباند برعکس چنانچه زاویه تمایل مشعل نزدیک به قائمه باشد مذاب حوضچه مذاب دراثر فشار شعله به‌اطراف کشیده می‌شود.

معمولاً مشعل را نسبت به امتداد درز جوش به اندازه‌ای متمایل نگه می‌دارند که اولاً از انرژی حرارتی شعله برای گرم‌کردن درز جوش حداکثر استفاده بشود درثانی فشار شعله، ذرات فلز مذاب را از حوضچه مذاب خارج نکند.



شکل ۷ــ۳ــ زاویه مشعل

فصل چهارم

تمرینات عملی جوشکاری اکسی‌استیلن

پس از پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :

۱ــ انواع اتصالات اصلی و جوشکاری را توضیح دهد.

۲ــ حوضچه مذاب را تشکیل و هدایت کند.

۳ــ جوشکاری بدون سیم جوش را طبق دستور کار شماره ۱ انجام دهد.

۴ــ جوشکاری با سیم جوش در حالت تخت را طبق دستور کار شماره ۲ انجام دهد.

۵ــ اتصالات سربه سر را طبق دستور کار شماره ۳ انجام دهد.

۶ــ اتصالات لبه روی‌هم را طبق دستور کار شماره ۳ انجام دهد.

۷ــ جوشکاری زاویه داخلی را طبق دستور کار شماره ۴ انجام دهد.

۸ــ جوشکاری در وضعیت قائم را طبق دستور کار شماره ۵ انجام دهد.

۹ــ پلیت‌ها را برای انجام جوشکاری آماده نماید.

۱۰ــ جوشکاری لوله به روش گردان را طبق دستور کار شماره ۵ توضیح دهد.

۱۱ــ جوشکاری لوله به‌روش ثابت را طبق دستور کار شماره ۵ توضیح دهد.

۱۲ــ جوشکاری لوله به‌صورت گردان را طبق دستور کار شماره ۶ انجام دهد.

۱۳ــ جوشکاری لوله به‌صورت ثابت را طبق دستور کار شماره ۷ انجام دهد.

۱۴ــ انشعاب‌گیری از لوله را انجام دهد.

۱۵ــ علائم بکار رفته در روی نقشه‌های جوشکاری را تشخیص دهد.

۴ــ تمرینات عملی جوشکاری اکسی‌استیلن

۱ــ۴ــ اتصالات اصلی در جوشکاری

پنج نوع اتصال اصلی جوش مطابق شکل ۱ــ۴ وجود دارد و عبارتند از :

۱ــ اتصال سر به‌سر[۱]

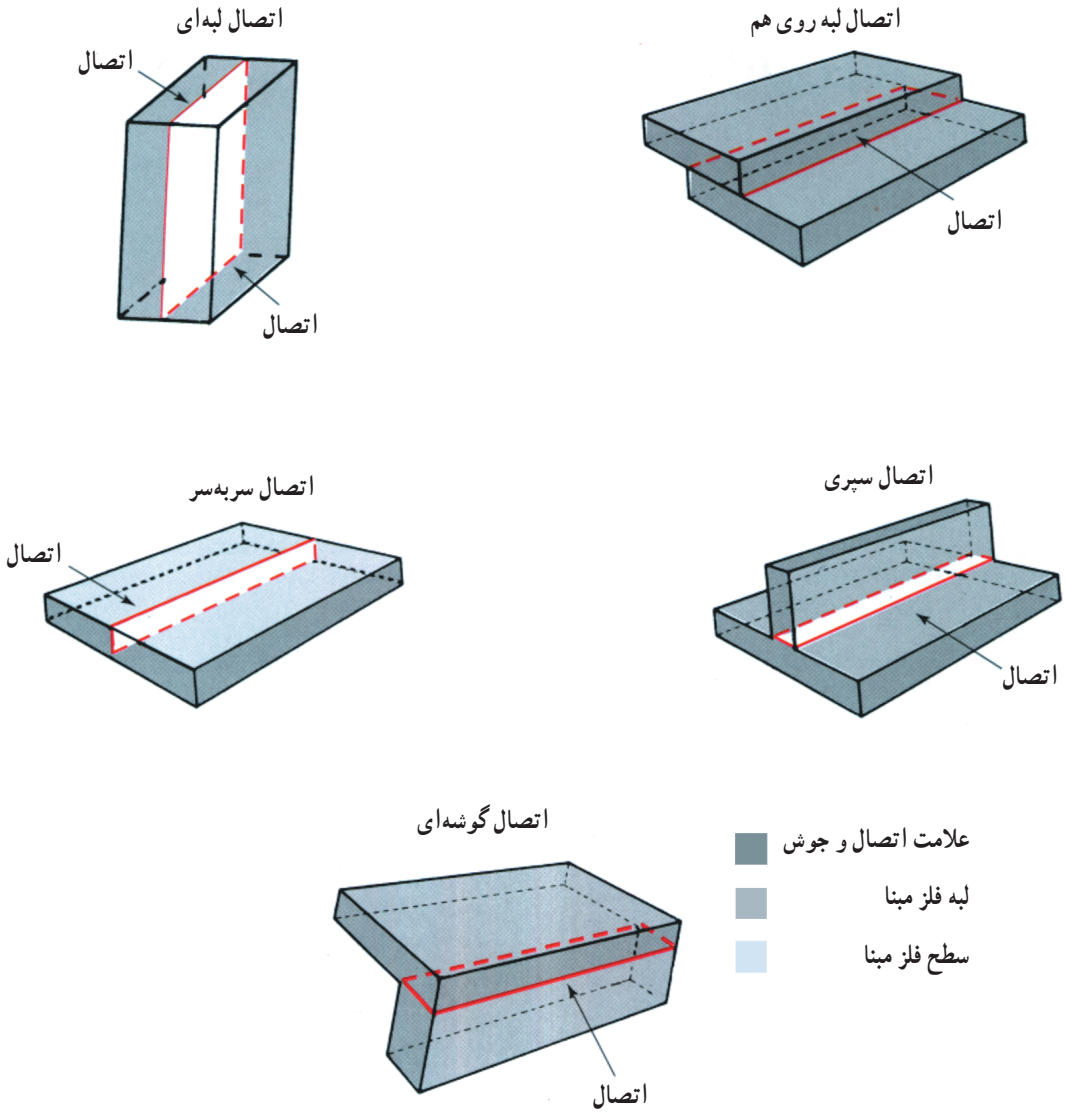
۲ــ اتصال گوشه‌ای[۲]

۳ــ اتصال سپری[۳] یا جوش T شکل

۴ــ اتصال لبه[۴] روی‌هم

۵ــ اتصال لبه‌ای[۵]

۱ــ Butt Joint
۲ــ Corner Joint
۳ــ Tee Joint
۴ــ Lap Joint
۵ــ Edge Joint



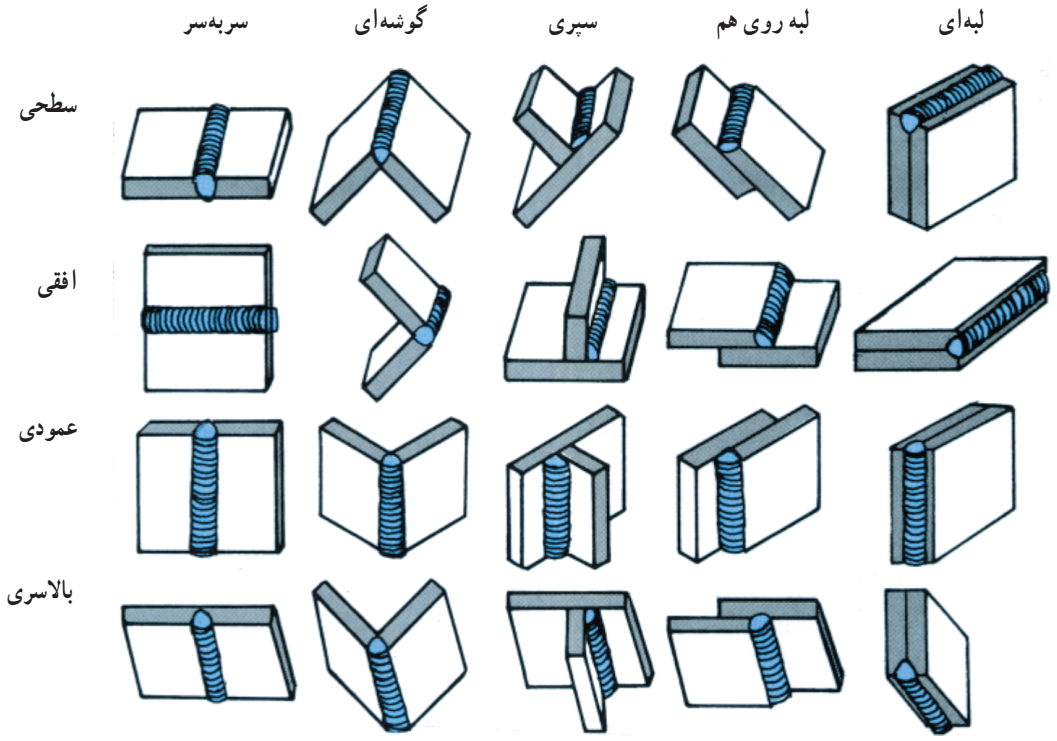
شکل ۱ــ۴ــ پنج نوع اتصال اصلی جوش مطابق ANSI/AWS

پنج نوع اتصال جوش را می‌توان در چهار حالت مختلف جوش سطحی، جوش قائم یا از پایین به بالا، جوش افقی و جوش بالای سر مطابق شکل ۲ــ۴ جوشکاری کرد.

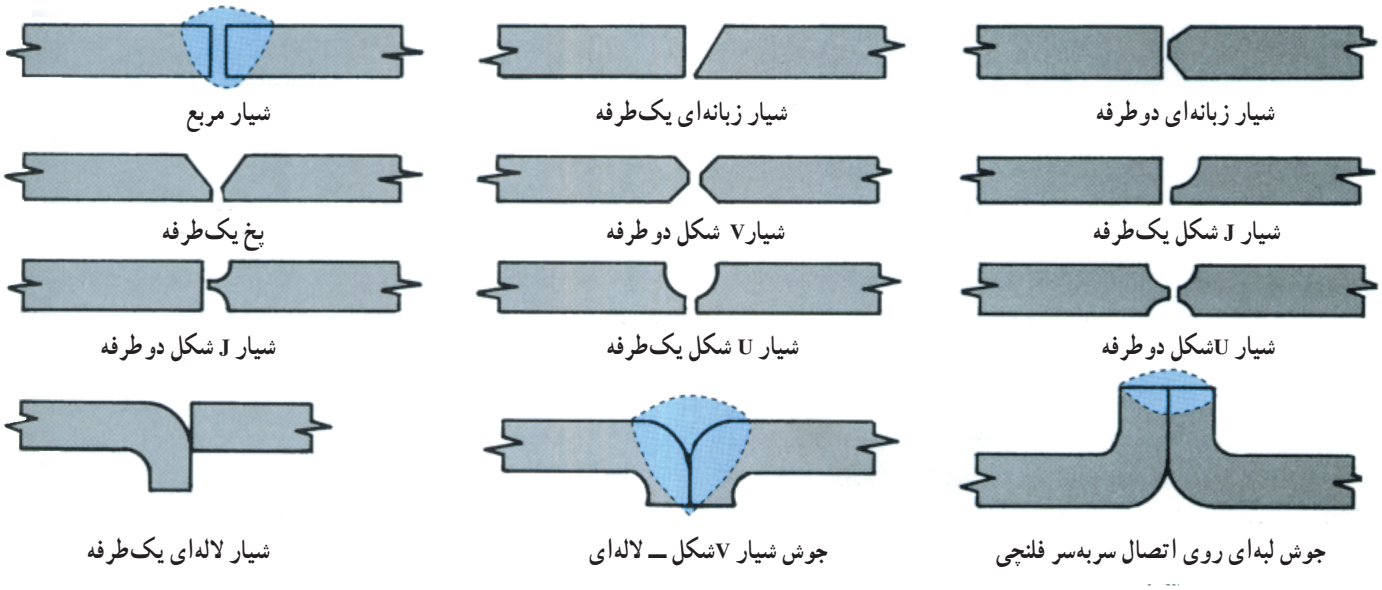
هریک از انواع اتصالات اصلی را می‌توان به فُرم‌های متفاوت پخ‌زده تا شیارهای مختلفی شکل بگیرد. نوع اتصال و پخ و نیز اسامی شیارهای متفاوت باید جزء فرهنگ جوشکاران باشد.

پخ‌زدن قطعات فلزی را یا به‌وسیله برشکاری یا ماشین‌کاری و یا سنگ‌زدن انجام می‌دهند. هدف از پخ‌زدن فلز و ایجاد یک شیار مخصوص به این دلیل است که جوش تا انتهای قطعه نفوذ کند و از طرف دیگر وجود شیار فضای مانور سیم‌جوش یا الکترود را زیاد می‌کند.

جوش سر به سر را می‌توان از بالا یا از زیر یا از هر دو طرف جوش داد. جوش‌های سربه‌سر را می‌توان مطابق شکل ۳ــ۴ با شیارهای متفاوت از لحاظ شکل هندسی جوشکاری کرد، مانند شیار مربع ــ شیار یک‌طرف پخ ــ شیار V شکل، U شکل، J شکل، پخ زبانه‌ای، شیار فلانچ سربه‌سر و ... .



شکل ۲ــ۴ــ اتصال‌های اصلی و حالتهای مختلف جوش



شکل ۳ــ۴ــ شیارهای مختلف جوش سر به سر

شیارهای دوطرفه اغلب روی فلزات ضخیم ایجاد می‌شود و از دو طرف جوش داده می‌شوند. در اتصالات سربه‌سر با شیار لاله‌ای فلز خمیده می‌شود.

۲ــ۴ــ هدایت حوضچه مذاب

قبل از اینکه اقدام به جوش‌دادن شود پیشنهاد می‌گردد که در ابتدای آموزش جوشکاری هدایت مذاب را تمرین کرد. در این روش مذاب را می‌توان در طول یک قطعه فلز هدایت و آن‌را کنترل کرد.

یک مدرس با دیدن جوش می‌تواند نکات زیر را گوشزد نماید :

۱ــ مقدار نفوذ جوش

۲ــ نگهداری صحیح مشعل و توزیع حرارت صحیح

۳ــ چگونه و چه وقت باید مشعل را حرکت داد.

۴ــ چگونه و چه وقت لازم است که سیم جوش اضافه شود.

ــ تناسب اندازه حوضچه مذاب (قطر) نسبت به نفوذ جوش.

در ورق‌های خیلی نازک نفوذ یا عمق حوضچه مذاب بیشتر از عرض یا قطر آن است و در ورق‌های ضخیم[1] برعکس است.

ظاهر و نمای سطح حوضچه معرف حرکت، زاویه مشعل و نوع شعله انتخابی است.

شعله خنثی موج‌های منظم و ظریفی را بوجود می‌آورد. در لبه حوضچه که دور از شعله می‌باشد یک نقطه روشن و شفاف دیده می‌شود و این نقطه شروع به حرکت در اطراف مذاب می‌کند (شکل ۴ــ۴).

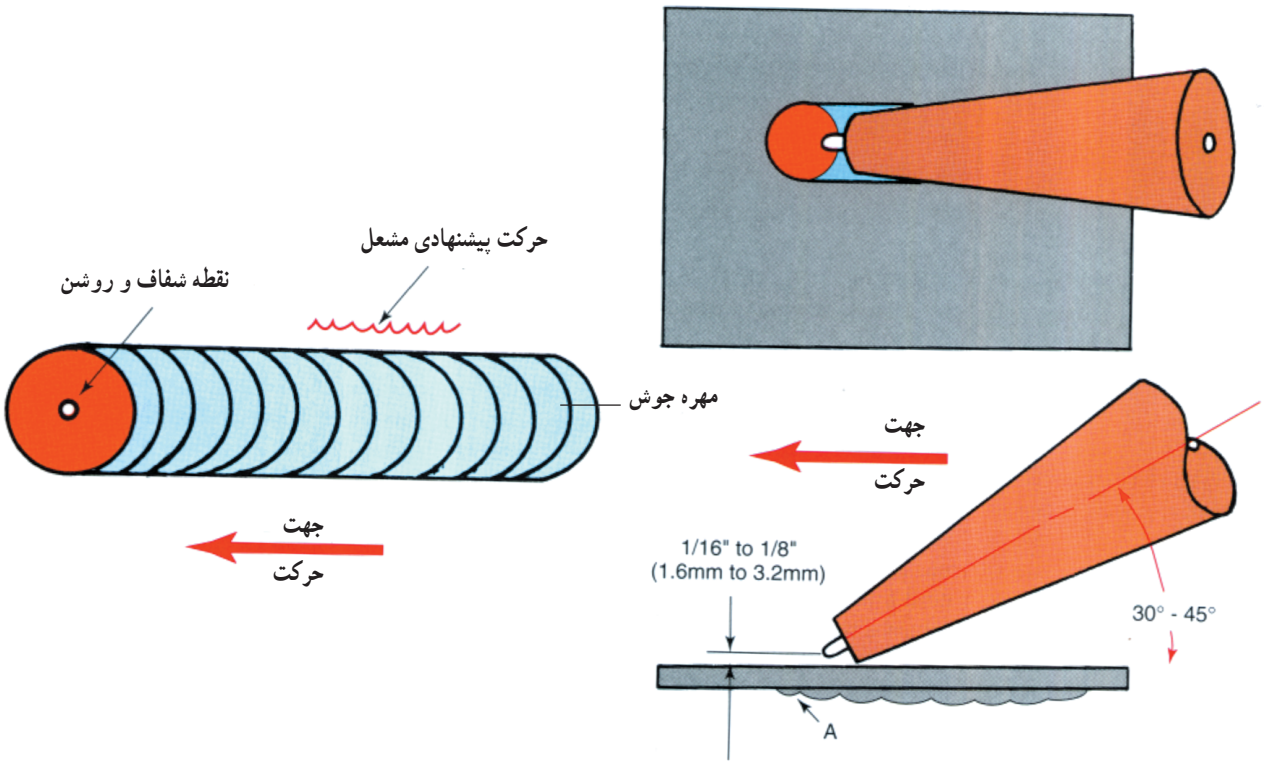
چنانچه اندازه این نقطه بزرگ یا محو شود نشان می‌دهد که شعله خنثی نمی‌باشد.

اگر در حوضچه حباب مشاهده گردد و تعداد جرقه‌ها زیاد شود نشان می‌دهد که شعله اکسیدکننده است.

جنس نامرغوب فلز و هم‌چنین وجود جرم و کثافت نیز ایجاد جرقه می‌کند.

۱ــ۲ــ۴ــ دستور کار تمرین شماره ۱ــ هدایت حوضچه مذاب

۱ــ یک قطعه ورق فولادی سیاه به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر انتخاب نمایید (شکل ۴ــ۴).



شکل ۴ــ۴ــ هدایت حوضچه مذاب

شکل وضعیت صحیح مشعل نسبت به قطعه کار و قسمت A نفوذ مذاب را نشان می‌دهد.

۱ــ Plates

۲ــ سطح فلز را با برس سیمی بخوبی پاک و تمیز کنید به‌طوری‌که آثار جرم و زنگ و غیره مشاهده نگردد.

۳ــ شیر کپسول اکسیژن را بطور آهسته شروع به بازکردن نمایید و آن‌را تا آخر باز کنید.

۴ــ شیر کپسول استیلن را به‌اندازه نیم دور باز کنید و آچار مغزی کپسول را در روی مغزی باقی بگذارید.

۵ــ اندازه سر مشعل یا سربک را نگاه کنید. اگر اندازه آن مناسب نیست آن‌را تعویض کنید در این مورد نازل شماره ۲ یا ۳ پیشنهاد می‌گردد.

۶ ــ فشار کاری اکسیژن را روی ۳psig یا ۲۱kPa تنظیم کنید.

۷ــ فشار کاری استیلن را نیز روی ۳psig یا ۲۱MPa تنظیم نمایید.

۸ــ ابتدا شیر استیلن مشعل را نیم دور باز کنید و سپس آن را با فندک روشن کنید. چنانچه شعله محتوای دود باشد کمی شیر را بیشتر باز کنید.

۹ــ شیر اکسیژن مشعل را آهسته باز کنید و شعله خنثی را تنظیم کنید.

۱۰ــ نوک شعله را در یک نقطه روی سطح فلز متمرکز کنید و توجه داشته باشید که زاویه مشعل نسبت به کار ۴۵° باشد.

۱۱ــ با ملاحظه شروع مذاب، یک حرکت دورانی کوچک به مشعل بدهید و سپس حرکت دورانی را کمی بزرگ‌تر کنید.

۱۲ــ با کامل‌شدن مذاب و فشار مشعل آن را در امتداد یک خط مستقیم به جلو برانید.

۱۳ــ سعی کنید که سرعت دست در تمام طول خط تغییر نکند.

۱۴ــ پس از سردشدن قطعه ظرافت مهره‌ها و یکنواخت‌بودن آنها را بررسی کنید.

۱۵ــ خطوط دیگری را در همان فلز مطابق با آنچه گفته شد تکرار کنید.

۱۶ــ مشعل را خاموش کنید و کار انجام شده را به مدرس کارگاه تحویل دهید.

۳ــ۴ــ جوشکاری بدون سیم جوش

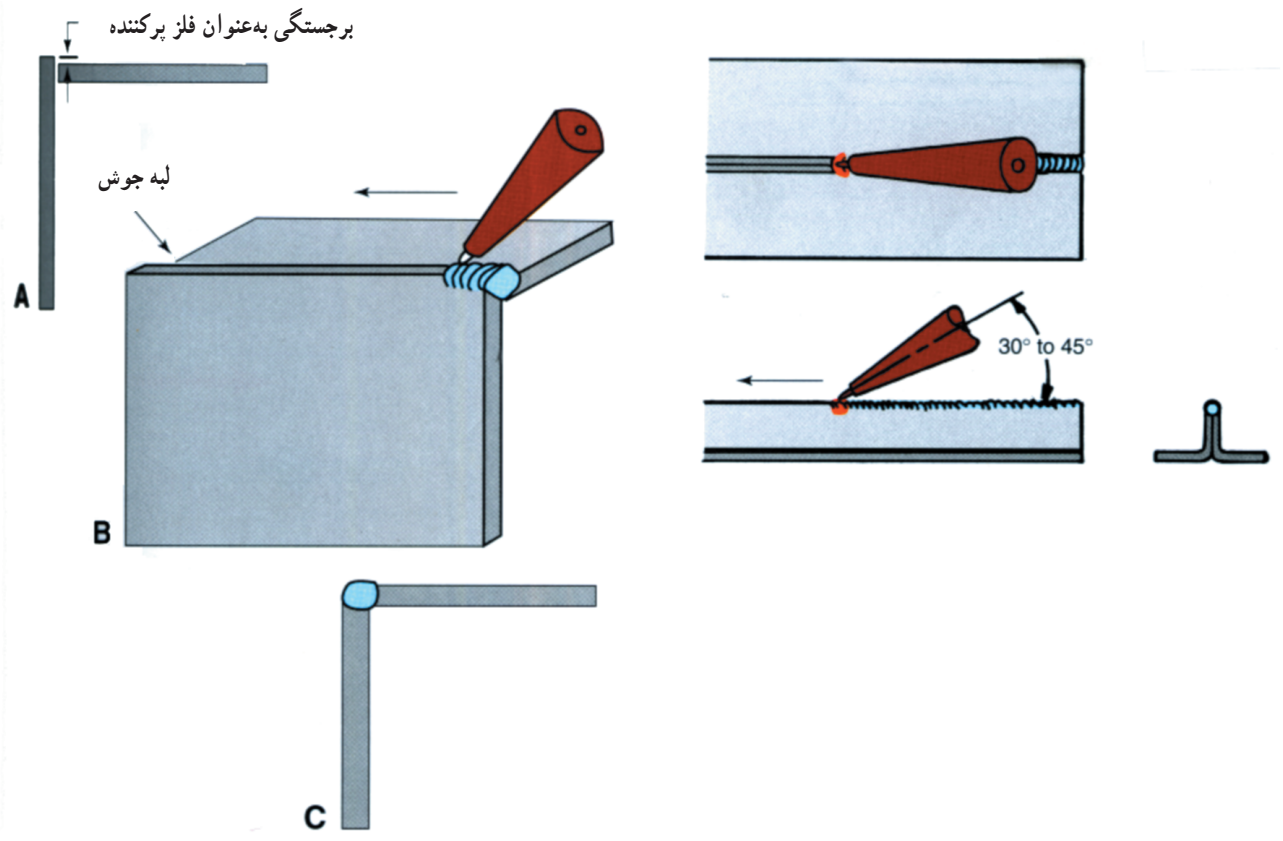
جوشکاری زاویه خارجی با داشتن زبانه: در این نوع تمرین عمل جوشکاری بدون سیم‌جوش صورت می‌گیرد و یکی از انواع تمرین‌ها است که بهترین شرایط را برای جوشکار ایجاد می‌کند. این تمرین به شخص جوشکار یاد می‌دهد که چگونه می‌توان از قطعه کار به جای سیم جوش استفاده کرد (شکل ۵ــ۴).

در این تمرین جوش باید نفوذ خوبی داشته باشد اما از طرف داخل، زاویه مذاب بیش از حدّ بیرون نزده باشد.

جوشکار متوجه می‌گردد که در این تمرین نیاز به حرکت زیاد مشعل نیست و نوک مشعل را باید اندکی کج کرد تا شعله بیشتر متوجه سطح صاف ورق افقی گردد، به‌طوری‌که تقریباً تمام جوش روی سطح افقی شکل بگیرد.

مذاب کناره یا لبه جوش نباید روی لبه ورق قائم کشیده شود چون‌که در خیلی موارد در پرداخت کاری قطعات وجود جوش در سطح قائم عمل سنگ‌زدن را موجب می‌شود.

بعد از بررسی جوش می‌توان نفوذ جوش را آزمایش کرد (به دستور کار شماره ۲ مراجعه شود)



شکل ۵ــ۴ــ جوشکاری بدون سیم جوش

۱ــ۳ــ۴ــ دستور کار شماره ۲:

۱ــ دو قطعه فولادی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر را مطابق شکل ۴ــ۵ به ابعاد ۵۰×۱۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید.

۲ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هر دو دست بطور آهسته تا آخر باز کنید.

۳ــ رگلاتور اکسیژن را برای فشار کاری ۳Psig یا ۲۱kPa تنظیم کنید.

۴ــ شیر کپسول استیلن را نیم‌دور باز کنید و آچار مغزی کپسول را از روی مغزی برندارید و بگذارید در جای خودش باشد تا در صورت بروز حادثه بتوانید با سرعت، شیر کپسول استیلن را ببندید.

۵ــ رگلاتور استیلن را برای فشار کاری ۳sig یا ۲۱ KPa تنظیم کنید.

۶ــ هر دو ورق فولادی را نسبت به هم با زاویه ۹۰° نگه دارید. برای نگهداری ورق‌ها می‌توان از یک قطعهٔ نبشی ۳×۳۰×۳۰ میلی‌متر استفاده کرد.

۷ــ لبه ورق قائم را نسبت به ورق افقی طوری نگه دارید که لبه یا زبانه‌ای بین ۰/۸ تا ۱/۵ میلی‌متر ایجاد شود.

۸ــ شعلهٔ خنثی را تنظیم کنید.

۹ــ هر دو ورق را در انتها و ابتدا با ذوب‌کردن زبانه، خال‌جوش بزنید.

۱۰ــ بعد از خال‌جوش‌زدن تمام درز را با برس سیمی بخوبی پاک و تمیز کنید.

۱۱ــ جوشکاری را در امتداد درز با ذوب‌کردن زبانه که به‌جای سیم جوش است، ادامه دهید.

۱۲ــ بعد از اتمام جوشکاری تمام درز ظرافت و یکنواختی مهره‌ها را بررسی نمایید.

۱۳ــ جوش را آزمایش کنید.

برای آزمایش نفوذ جوش می‌توان از گیره رومیزی (درصورت نبودن دستگاه تست) استفاده کرد و اتصال را مابین گیره قرار داد، با فشار گیره آن‌را مانند بازکردن کتاب باز کنید تا از حالت نبشی یا گونیایی به‌صورت یک ورق صاف درآید. اگر

ترک یا شکستگی مشاهده نمودید علت آن عدم نفوذ کافی جوش است.

۴ــ۴ــ جوشکاری با استفاده از سیم جوش و ساخت مهره

زمانی از سیم‌جوش استفاده می‌شود که نیاز به فلز اضافی برای پرکردن درز و شکل صحیح جوش و مقاومت آن باشد. در ورق‌های ضخیم اگر بخواهیم بدون سیم‌جوش و با استفاده از حوضچه مذاب جوشکاری کنیم باعث نازک‌شدن ورق در ناحیه جوشکاری می‌شود.

برای برطرف‌کردن این نقص و استحکام بیشتر، فلز افزودنی یا سیم جوش را درون حوضچه مذاب فرو می‌برند، این عمل باعث می‌شود که عمق حوضچه کمتر شده و ضخامت فلز در ناحیه جوش افزایش یابد. مهره‌های جوش صحیح باید اندکی محدب باشد.

هرکدام از اتصال‌های نامبرده شده را باید در حالت‌های متفاوت تمرین کرد. در ابتدا تمرین‌ها باید در روی ورق‌های فولادی تا ۱/۵ میلی‌متر اجرا شود سپس در روی ورق‌های ضخیم با حداقل ضخامت ۳ میلی‌متر.

برای استفاده کردن از سیم جوش به نکات زیر توجه شود :

مشعل را در قسمتی از اتصال که نقطه شروع جوشکاری‌است نگهدارید تا یک حوضچه مذاب کوچک در روی لبه‌های دو ورق شکل گیرد. در همین موقع با دست دیگر سیم‌جوش را نزدیک به شعله مشعل نگهدارید به‌طوری‌که در حدود ۱۰ میلی‌متر با نوک شعله فاصله داشته باشد و فاصله آن نسبت به ورق روی حوضچه مذاب در حدود ۳ــ۱/۵ میلی‌متر باشد. این روش فرصت می‌دهد که سیم جوش پیش‌گرم[1] شود و در موقعی که وارد حوضچه مذاب می‌شود سرعت مذاب‌شدن آن افزایش می‌یابد و جوشکار در موقعی که احساس کرد مذاب نیاز به سیم جوش دارد باید آن را وارد حوضچه نماید. در این‌حالت مذاب سیم جوش یا مذاب ورق در هم آمیخته شده و تشکیل گرده‌های جوش را می‌دهند.

جدول ۱ــ۴ــ رابطه ضخامت ورق و فشار اکسیژن و استیلن و شماره مشعل را نشان می‌دهد.

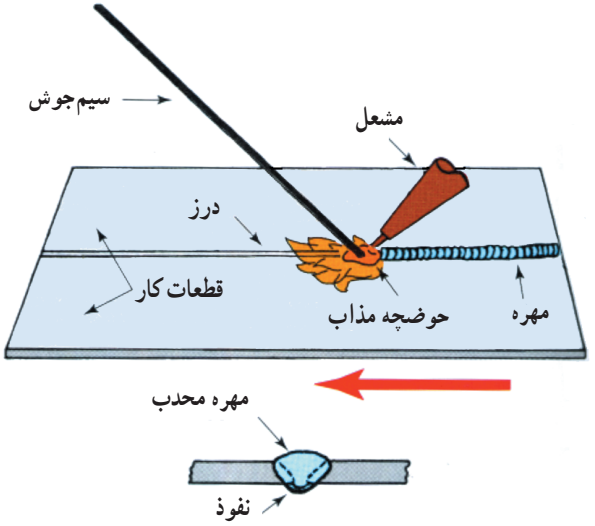
۵ــ۴ــ اتصال سربه‌سر

اتصال سربه‌سر مطابق شکل ۶ــ۴ یکی از متداول‌ترین روش‌های جوشکاری اکسی‌استیلن می‌باشد که افراد مبتدی باید به‌دقت دستورات و نحوه عمل را اجرا کنند.

۱ــ Pre heat

جدول ۱ــ۴ــ رابطه ضخامت ورق و فشار اکسیژن و استیلن

شماره سر مشعل	ضخامت ورق		فشار اکسیژن		فشار استیلن	
	mm	in	kPa	psi	kPa	psi
۰۰	۰/۴ــ۰/۵	$\frac{۱}{۶۴}$	۷	۱	۷	۱
۰	۰/۵ــ۰/۸	$\frac{۱}{۳۲}$	۷	۱	۷	۱
۱	۰/۸ــ۱/۵	$\frac{۱}{۱۶}$	۷	۱	۷	۱
۲	۲/۵	$\frac{۳}{۳۲}$	۱۴	۲	۱۴	۲
۳	۳	$\frac{۱}{۸}$	۲۱	۳	۲۱	۳
۴	۵	$\frac{۳}{۱۶}$	۲۸	۴	۲۸	۴
۵	۶/۵	$\frac{۱}{۴}$	۳۵	۵	۳۵	۵
۶	۸	$\frac{۵}{۱۶}$	۴۲	۶	۴۲	۶
۷	۹/۵	$\frac{۳}{۸}$	۴۹	۷	۴۹	۷
۸	۱۲	$\frac{۱}{۲}$	۴۹	۷	۴۹	۷
۹	۱۶	$\frac{۵}{۸}$	۵۲	۷/۵	۵۲	۷/۵
۱۰	بیش از ۱۶	بیش از $\frac{۳}{۴}$	۶۳	۹	۶۳	۹



شکل ۶ــ۴ــ اتصال سربه‌سر. جوشکاری با سیم جوش

همان‌طوری‌که قبلاً اشاره شد جوشکار باید نوک سیم‌جوش را وارد ناحیه مذاب کرده تا هنگامی که احساس کند مذاب اندکی از سطح ورق افزایش یافته است و این عمل باید با حرکت مشعل به طرف جلو بدون توقف‌کردن ادامه یابد. کنترل شعله در این موقعیت یکی از نکات بسیار مهم می‌باشد. نوک سیم جوش همیشه باید در مجاورت شعله باشد تا عمل پیش گرمایی در آن انجام پذیرد در این صورت موقعی که وارد حوضچه مذاب می‌گردد سرعت مذاب‌شدن آن زیاد می‌شود.

چنانچه سیم جوش نسبت به نوک شعله دورتر نگه داشته شود عمل پیش‌گرم‌شدن در آن صورت نمی‌گیرد و هنگامی که وارد حوضچه می‌گردد دمای آن‌را کاهش می‌دهد که در این حالت منجر به چسبندگی سیم جوش به قطعه کار می‌گردد. از طرفی اگر فاصله نوک سیم جوش نسبت به شعله خیلی کم باشد در خارج از حوضچه نوک آن مذاب شده و فشار شعله مذاب آن‌را به اطراف می‌پراکند. در هر دو حالت عمل مذاب و کنترل آن بخوبی انجام نمی‌گیرد و حاصل آن جوشی است که در آن نفوذ کافی نخواهد بود و ظرافت مهره‌ها نیز از بین می‌رود.

گاهی اوقات جوشکاران از سیم جوش‌های با قطر متفاوت برای یک ضخامت مشخص و معین استفاده می‌کنند که باید بطور قاطع از آن احتراز جُست.

برای مثال اگر قطر سیم جوش ۳ میلی‌متر اندازه صحیح برای جوشکاری ورق باشد ولی از سیم جوشی که قطر آن ۲ میلی‌متر باشد استفاده گردد، پرکردن درز یا شیار بسیار مشکل است تا به حدّ تناسب جوش درآید و از طرفی کنترل ناحیه مذاب مشکل خواهد بود.

به‌کاربردن قطر سیم جوش کوچک‌تر باعث سوختن (اکسیدشدن) آن می‌گردد.

برعکس اگر قطر ۲ میلی متر سیم جوش اندازه صحیح برای جوشکاری باشد و به جای آن از سیم‌جوش ۳ میلی‌متر استفاده شود امکان بروز مشکلات زیر وجود خواهد داشت :

۱ــ به‌کاربردن سیم جوش بزرگ‌تر باعث کاهش دمای حوضچه مذاب در موقع ورود به آن می‌شود.

۲ــ به‌کاربردن سیم جوش بزرگ‌تر باعث پیچیدگی و تاب‌برداشتن بیشتر قطعه کار می‌گردد و از طرفی برآمدگی سطح جوش را افزایش می‌دهد.

برای دستیابی به یک جوش خوب با مذاب خوب و مهره‌های ظریف و هموار و نفوذ عالی لازم است که سر مشعلِ صحیح را با سیم جوش صحیح انتخاب کرد و آن‌را با تکنیکِ صحیح بکار برد تا نظم خاصی ایجاد شود.

۱ــ۵ــ۴ــ دستور کار شماره ۳ــ جوش سر به سر[1]:

۱ــ دو قطعه فولاد نرم را به ابعاد ۱/۵×۲۵×۱۲۵ میلی‌متر انتخاب کنید.

۲ــ قطعات را باید با برس سیمی تمیز نموده و چنانچه لبه‌های آن در اثر قیچی‌کردن ناهموار باشد آن‌ها را صاف کنید.

۳ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هر دو دست تا آخر باز کنید.

۴ــ شیر کپسول استیلن را در حدود نیم دور با آچار باز کنید و آچار را روی مغزی پیچ باقی بگذارید.

۵ــ رگلاتور اکسیژن را متناسب با اندازه سر مشعل تنظیم کنید.

۶ــ رگلاتور استیلن را متناسب با اندازه سر مشعل تنظیم نمایید.

۷ــ ورق‌های فولادی را به‌موازات هم بر روی دو آجر نسوز قرار دهید به‌طوری که آجرها ابتدا و انتهای ورق‌ها را نگهداری کند.

۸ــ شعله خنثی را ایجاد کرده از ابتدای ورق‌ها شروع به جوشکاری نمایید. به محض اینکه جوشکاری در امتداد درز شروع شد ورق‌ها در اثر چقرمگی (Shirink) جمع شده و در انتها لبه‌های ورق بر روی هم کشیده می‌شود و چنانچه این حالت بوجود نیامد ورق‌ها دراثر چقرمگی تاب برداشته و پیچیده می‌گردند.

(این آزمایش را باید هنرآموزان اجرا کنند تا هنرجویان مسائل پیچیدگی و تاب‌برداشتن را مشاهده نمایند.)

۱ــ Bult Joint

برای جلوگیری کردن از جمع‌شدن لبه‌ها بر روی هم می‌توان یکی از روش‌های زیر را به‌کار برد :

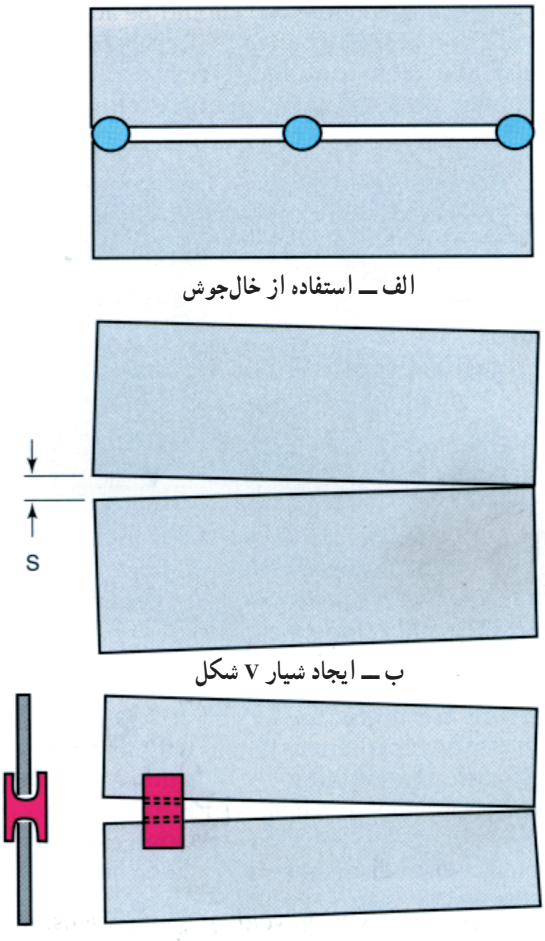
الف ــ لبه ورق‌ها را مطابق شکل ۷ــ۴ــ الف قبل از جوشکاری خال‌جوش بزنید. این روش باعث ایجاد تغییر فُرم داخلی (کُرنش) فلز شده اما لبه‌ها در اثر خال‌جوش در امتداد یکدیگر خواهند بود و به جوشکار فرصت می‌دهد تا یک جوش خوب بدهد. فاصله بین خال‌جوش‌ها باید در حدود ۵۰ میلی‌متر باشد.

ب ــ فاصله دو ورق را در انتها از هم دور کنید تا یک شیار Vشکل طویل در امتداد درز ایجاد شود.

این شیار برای انقباض و انبساط ورق‌ها می‌باشد (شکل ۷ــ۴ــ ب).

اندازه فاصله بین ۱۰ میلی‌متر تا ۲۰ میلی‌متر برای یک متر می‌باشد. هرچه اندازه حوضچه مذاب بزرگ‌تر باشد عمل انقباض و انبساط ورق‌ها افزایش می‌یابد. برای ابعاد داده‌شده تمرین شماره۳ مقدار افزایش فاصله را به‌اندازه ۳ میلی‌متر زیادتر کنید. برای مثال اگر فاصله بین دو ورق را در ابتدا ۱میلی‌متر در نظر می‌گیرید اندازه فاصله در انتها باید ۴mm = ۱ + ۳ باشد.

ج ــ استفاده از یک ابزار نگهدارنده فاصله (گُوه) که مابین دو درز ورق قرار می‌گیرد و این وسیله از جمع‌شدن لبه ورق‌ها جلوگیری می‌نماید. معمولاً از این وسیله در جوشکاری‌هایی که طول زیاد دارند استفاده می‌شود (شکل ۷ــ۴ــ ج).



الف ــ استفاده از خال‌جوش

ب ــ ایجاد شیار V شکل

ج ــ استفاده از ابزار نگهدارنده

شکل ۷ــ۴ــ روش‌های جلوگیری از تاب‌برداشتن

۹ــ بعد از اینکه ورق‌ها به یکی از سه روش در روی میز قرار گرفت مشعل را برای شعله خنثی تنظیم نمایید و مطابق با دستورات زیر عمل کنید :

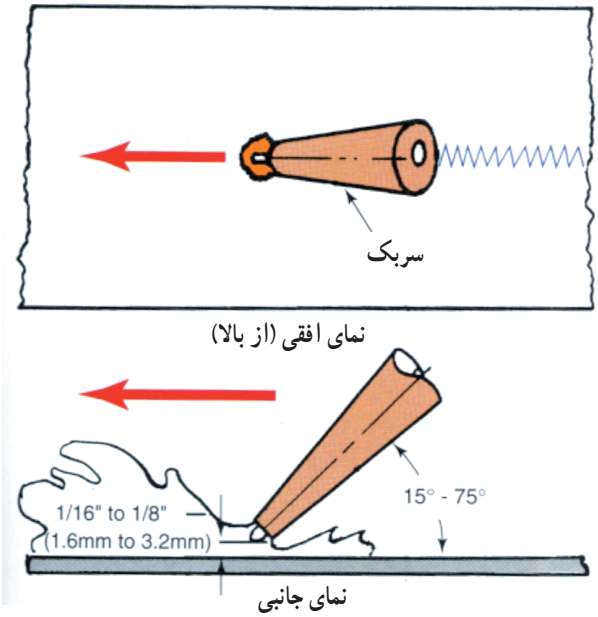
الف ــ شعله را در مجاورت نقطهٔ شروع جوشکاری، قرار دهید.

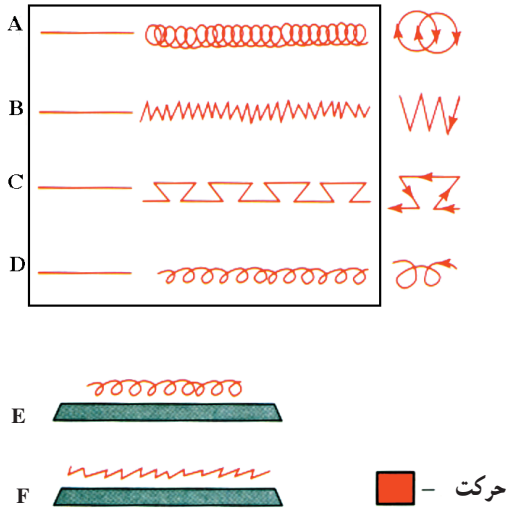
ب ــ زاویه مشعل را بین ۳۰° تا ۴۵° نسبت به سطح ورق انتخاب کنید بطوری که نوک آن به‌طرف امتداد درز باشد.

ج ــ مخروط داخلی شعله را به فاصله ۱/۵ تا ۳ میلی‌متر نسبت به سطح ورق دورتر بگیرید.

د ــ با دست دیگر سیم جوش را نزدیک به شعله بگیرید به‌طوری‌که فاصله آن تا شعله ۱۰ میلی‌متر و نسبت به ورق در حدود ۱/۵ تا ۳ میلی‌متر باشد.

شعله لبه‌های دو ورق را ذوب می‌کند و ناحیه مذاب در هر دو ورق باید یکسان باشد. سیم جوش را در ناحیه مذاب فرو برده بطوری که اندازه مذاب نسبت به قبل گسترش یابد. مشعل را باید در امتداد درز نوسان داد. این نوسان‌ها می‌تواند به‌صورت دوایر ممتدی باشد و دو مرتبه سیم جوش را به ناحیه مذاب فرو برده تا نوک آن ذوب شود عمل حرکت مشعل و نوسان آن با واردکردن سیم جوش در حوضچه مذاب باید هماهنگ و یکنواخت باشد (شکل ۸ــ۴).





شکل ۸ــ۴ــ زاویه و حرکات مختلف مشعل

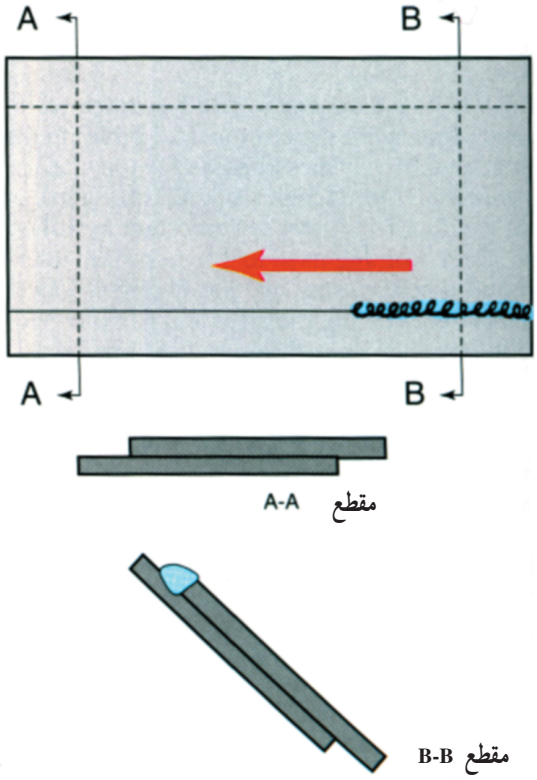
۶ــ۴ــ اتصال لبه روی‌هم[۱]

اتصال لبه روی‌هم یکی از پنج گروه اتصالات اصلی است. در این اتصال لبه یکی از ورق‌ها بر روی لبه ورق دیگری می‌نشیند و یک درز گلویی ایجاد می‌کند که باید آن‌را جوش داد. این نوع جوش را از نظر شکل هندسی جوش ماهیچه‌ای[۲] می‌نامند (شکل ۹ــ۴ و ۱۰ــ۴).

جوش لبه روی‌هم را در ابتدا باید در حالت سطحی جوش داد و برای یک جوش رضایت‌بخش باید به نکات زیر توجه نمود :

الف ــ تجربه نشان داده است که طول زمان مذاب‌شدن ورق زیرین خیلی بیش از ورقی است که در رو قرار می‌گیرد، بنابراین لبه ورق رویی خیلی زودتر از ورق زیر به نقطه ذوب می‌رسد و اکثر جوشکاران مبتدی در همین زمان سیم جوش را ذوب کرده و در درز ورق‌ها می‌ریزند به‌طوری که مذاب سیم جوش با مذاب ورق رویی مخلوط شده و به ورق زیری فقط می‌چسبد از این رو نمی‌توان به یک جوش مقاوم و خوب دسترسی پیدا کرد.

برای جلوگیری از این عیب باید نوک شعله را بر روی ورق زیرین متمرکز کرد تا نقطه ذوب آن با ورق رویی همزمان انجام شود. ورق زیرین به $\frac{۲}{۳}$ کل حرارت برای مذاب‌شدن و ورق رویی فقط به $\frac{۱}{۳}$ کل حرارت برای مذاب‌شدن نیاز دارد.



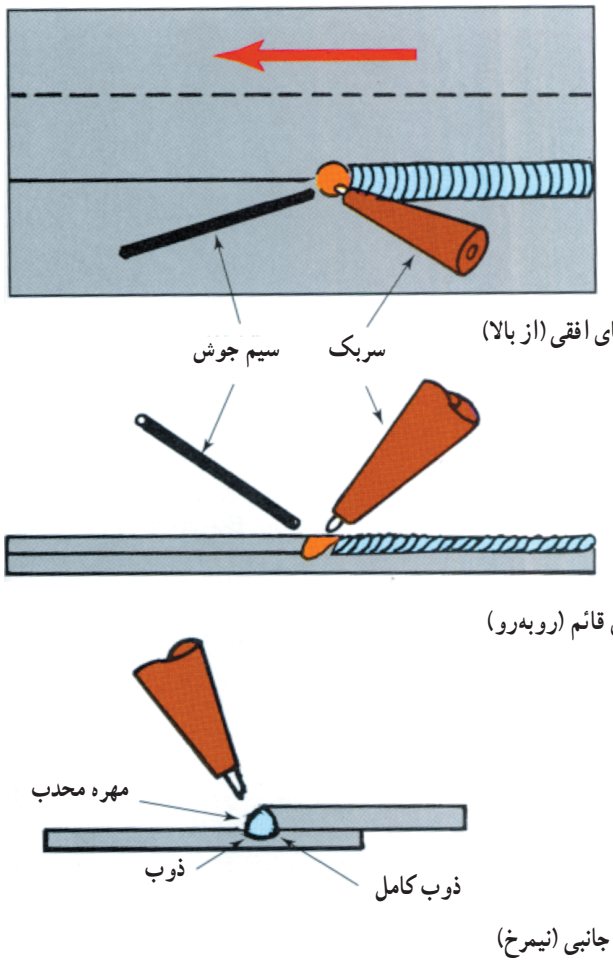
شکل ۹ــ۴ــ اتصال به روش لبه روی هم

ب ــ در ورق‌های نازک ارتفاع جوش حداقل باید مساوی ضخامت دو ورق باشد. برای این منظور باید برای پرشدن درز ورق، مذاب سیم جوش بیشتری را مصرف کرد و شکل مهره‌ها محدب باشد. با آزمایش مخرب DT[۳] به‌سرعت می‌توان نواقص را در این‌نوع اتصال نشان داد.

برای آزمایش‌کردن باید اتصال را در وسط گیره رومیزی

۱ــ Lap joint ۲ــ Fillet Weld ۳ــ Destructive Test

قرار داده به‌طوری‌که لبه ورق رویی مساوی لبه گیره قرار گیرد و سپس آن‌را محکم نموده و ورق رویی را به‌وسیله آچار فرانسه گرفته و خم کرد به محض خم‌کردن، دو ورق ازهم جدا شده و عدم اختلاط مذاب سیم جوش و ورق زیرین را بخوبی می‌توان مشاهده نمود. چنانچه اختلاط بخوبی انجام شده و جوش رضایت‌بخش باشد در موقع جداشدن ورق‌ها از یک‌دیگر تعدادی از مواد ورق زیرین همراه جوش جدا می‌شود و در سطح ورق زیری چاله‌های کوچک مشاهده خواهد شد.



الف ــ نمای افقی (از بالا)

ب ــ نمای قائم (روبه‌رو)

ج ــ نمای جانبی (نیمرخ)

شکل ۱۰ــ۴ــ اتصال به روش لبه روی هم

۱ــ۶ــ۴ــ دستور کار شماره ۴ــ جوشکاری لبه روی هم:

۱ــ دو قطعه ورق به‌ضخامت ۱/۵mm و به عرض ۴۰mm و طول ۱۲۰mm انتخاب کنید و اگر لبه‌های آنها صاف باشد آنها را صاف کنید.

۲ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هر دو دست به‌آرامی تا آخر باز کنید.

۳ــ شیر کپسول استیلن یا ژنراتور استیلن را در حدود نیم دور باز کنید و اگر از کپسول استیلن استفاده می‌شود آچار را در روی پیچ کپسول باقی بگذارید.

۴ــ رگلاتور اکسیژن را برای فشار ۱psig یا ۷kPa تنظیم کنید.

۵ــ رگلاتور استیلن را نیز برای فشار ۱psig یا ۷kPa تنظیم نمایید.

۶ــ لبه‌های دو ورق را به‌اندازه ۲۰mm بر روی هم قرار دهید و برای اینکه ورق رویی صاف باشد از یک ورق اضافی

مطابق شکل ۱۱ــ۴ استفاده کنید و دو ورق اصلی را با خال‌جوش محکم نمایید.

شکل ۱۱ــ۴ــ نحوه قرارگیری دو قطعه کار

۷ــ دو ورق را به هم جوش دهید و مشعل را به‌صورت نیم‌دایره نوسان دهید و سعی کنید که نوک مشعل متوجه ورق زیری باشد. عمل جوشکاری را از راست به چپ شروع کنید. افرادی که دست چپ هستند جوشکاری را از چپ به راست آغاز نمایند. یک طرف را جوشکاری نمایید و آن‌را مطابق آنچه گفته شد آزمایش کنید. پس از آزمایش ورق را صاف کرده و سمت دیگر آن‌را جوش دهید.

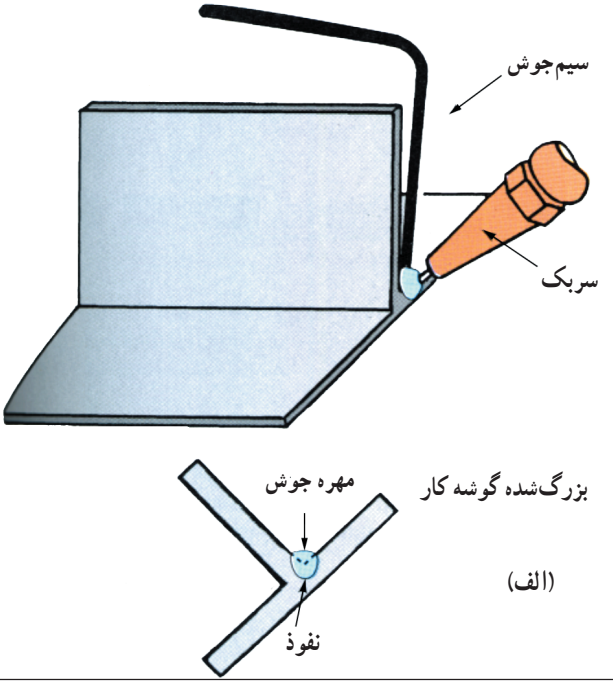
۷ــ۴ــ جوش زاویه داخلی و اتصال T شکل[1]

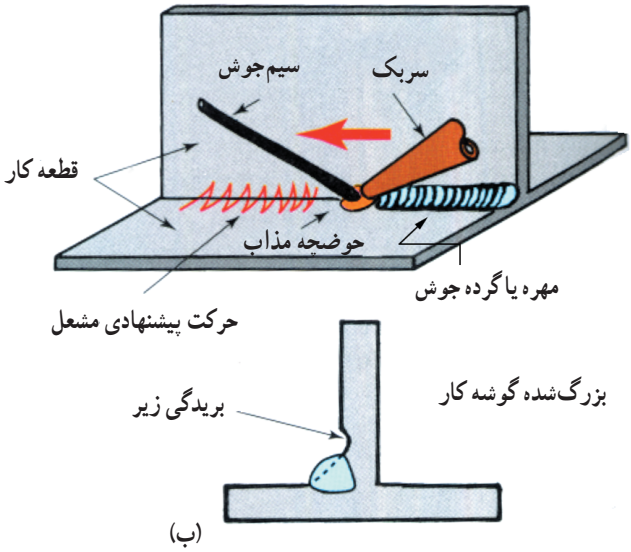
در جوش زاویه داخلی و اتصال T شکل یکی از نکات عمده، مسئله نفوذ جوش است. در این روش می‌توان از دو قطعه ورق استفاده کرد و آنها را به‌صورت گونیایی یا L شکل یا T شکل به یکدیگر جوش داد.

در جوش اتصال زاویه داخلی یا اتصال T شکل به علت اینکه نوک مشعل یا مخروط شعله داخلی در زاویه قرار می‌گیرد بدین لحاظ بسیار مشکل است که بتوان اکسیژن اضافی را برای احتراق کامل استیلن از محیط مجاور گرفت. بنابراین لازم است که گاهی اوقات شیر اکسیژن مشعل را کمی بازتر کرد، که خواه ناخواه شعله در خارج از محیط زاویه اتصال یک شعله اکسیدکننده خواهد بود امّا شعله هنگامی که در زاویه قرار می‌گیرد خنثی خواهد بود و اکسیژن اضافی صرف کامل شدن احتراق می‌گردد.

تمرین جوشکاری زاویه داخلی و اتصال T شکل را می‌توان به دو طریق متفاوت انجام داد :

الف ــ بعد از اینکه دو قطعه به‌صورت ۹۰° خال‌جوش زده شد، می‌توان کل اتصال را در یک زاویه ۴۵° قرار داد (شکل ۱۲ــ۴ ــ الف)





شکل ۱۲ــ۴ــ جوش زاویه داخلی

۱ــ Inside Corner and T-Joint welding

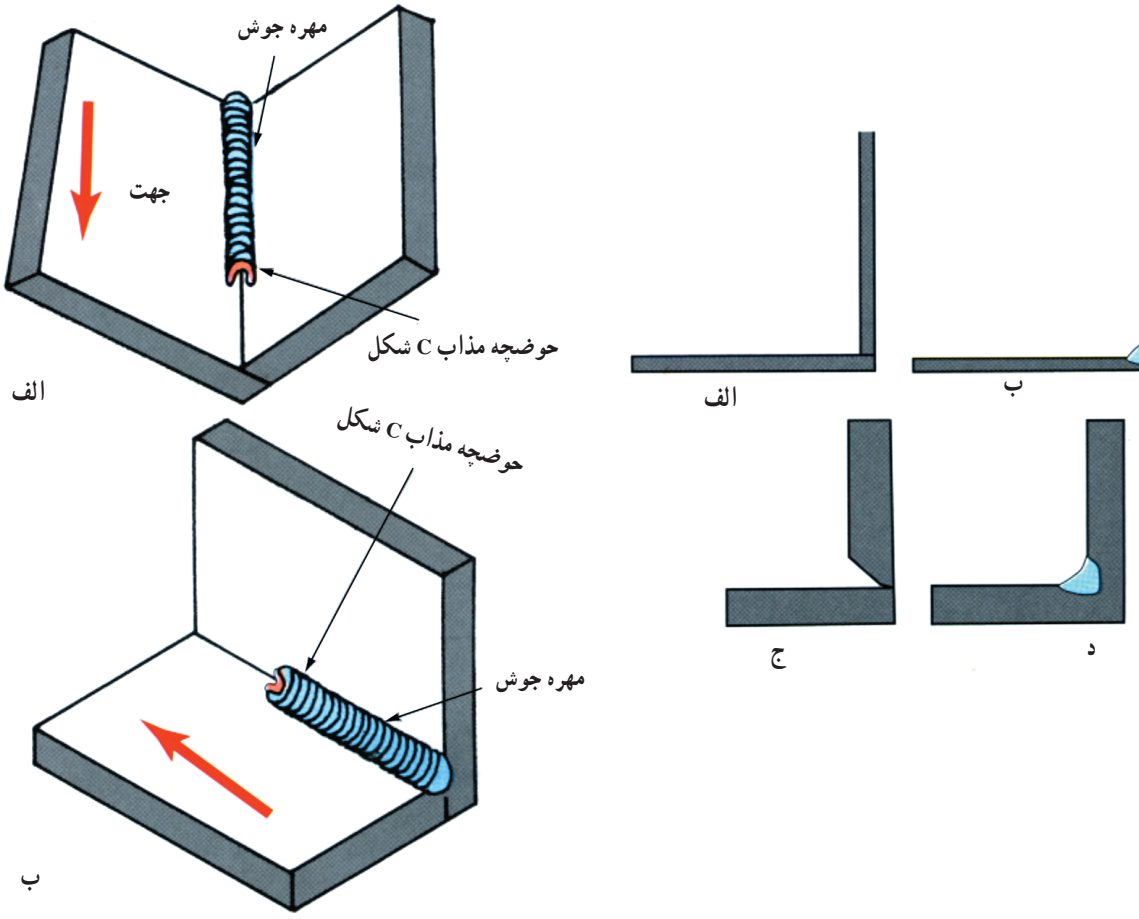
ب ــ در روش دوم مطابق شکل ۱۲ــ۴ ــ ب یکی از ورق‌ها در حالت قائم و دیگری در حالت افقی قرار می‌گیرد و جوش در این روش حالت افقی دارد.

برای انبساط و انقباض ورق‌ها، تغییر اندازه زاویه لازم نیست زیرا یکی از آنها برخلاف دیگری منبسط و منقبض می‌گردد روش جوشکاری در این اتصال همانند جوش لبه روی‌هم است.

در این روش ایجاد یک حوضچه مذاب و صحیح قبل از افزایش سیم جوش بسیار مهم است و در غیر این‌صورت عدم نفوذ کافی صورت می‌گیرد.

برای نفوذ کافی لازم است حتی‌الامکان شعله را نزدیک به درز جوش گرفت درحالی‌که مخروط اولیه شعله با ورق‌ها تماس نداشته باشد. هنگامی‌که حوضچه شکل گرفت مشعل را کمی به‌عقب برده و در همین موقع باید سیم جوش اضافه شود.

سطوح ورق‌ها موقعی ذوب می‌شوند که لبه مذاب حرکت کند و یک قوس «C»شکل را نمایان کند سیم جوش را باید موقعی در مذاب فرو برد که حوضچه «C» شکل ظاهر شده باشد (شکل ۱۳ــ۴).



شکل ۱۳ــ۴ــ سطوح ورق‌ها موقعی ذوب می‌شوند که لبه مذاب حرکت کند و یک قوس C شکل داشته باشد.

۱ــ۷ــ۴ــ دستور کار شماره ۵ــ جوش زاویه داخلی یا «T» شکل:

۱ــ دو قطعه ورق ۱/۵ میلی‌متری را به ابعاد داده شده در زیر تهیه نمایید.

۱/۵×۳۰×۱۲۰ ــ الف

۱/۵×۶۰×۱۲۰ ــ ب

۲ــ هر دو ورق را با برس سیمی بخوبی پاک کنید.

۳ــ ورق ب را بطور افقی در روی میز کار قرار دهید.

۴ــ ورق الف را در وسط ورق ب بطور قائم نگهدارید (با کمک دو قطعه نبشی کوتاه).

۵ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هر دو دست بطور آهسته تا آخر باز کنید.

۶ــ شیر کپسول استیلن را نیم دور باز کنید و آچار را بر روی مغزی کپسول بگذارید.

۷ــ چنانچه از مولد استیلن استفاده می‌شود شیر مولد استیلن را یک دور باز کنید.

۸ــ رگلاتور اکسیژن را برای ۱psig یا ۷kpa تنظیم کنید.

۹ــ رگلاتور استیلن را برای ۱psig یا ۷kPa تنظیم نمایید.

۱۰ــ شعله خنثی را که کمی گرایش به اکسیدکنندگی داشته باشد، ایجاد کنید.

۱۱ــ ورق‌ها را که در روی میز نگه داشته‌اید وسط آن را خال‌جوش بزنید.

۱۲ــ با کاهش دما نیز ابتدا و انتهای ورق‌ها را خال جوش کنید.

۱۳ــ دو مرتبه اتصال را با برس سیمی به خوبی تمیز نمایید.

۱۴ــ جوشکاری را از طرفی شروع کنید که خال‌جوش نشده باشد.

۱۵ــ در موقع شروع مذاب توجه نمایید که شکل «C» ایجاد شده باشد و سپس سیم جوش را اضافه کنید.

۱۶ــ دقت نمایید که حرکت مشعل زیگزاگ مانند باشد (شکل ۱۲ــ۴).

۱۷ــ این نوع جوش را که جوش ماهیچه‌ای می‌نامند باید سطح آن قوس‌دار و ۴۵° باشد، یعنی نیمی از ماهیچه جوش در روی ورق قائم و نیمی دیگر آن روی ورق افقی باشد.

۱۸ــ زاویه سیم جوش و شعله هر دو ۴۵° باشد.

۸ــ۴ــ جوشکاری در وضع قائم

قطعاتی را که می‌خواهند به یکدیگر جوش دهند حتی‌الامکان باید در حالت سطحی قرار گیرد. زیرا عمل جوشکاری در این وضع بهتر و سریع‌تر انجام می‌گیرد. امّا گاهی موقعیت و محل دو قطعه کار طوری است که ناگزیر باید آنها را در وضع قائم جوش داد.

جوشکاری در وضع قائم نیاز به مهارت بیشتری دارد و در اجرای آن باید از شیوه خاصی پیروی کرد. فلز مایع ناحیه مذاب درنتیجه تأثیر قوه جاذبه فرو می‌چکد امّا چهار عامل زیر می‌تواند از فروچکیدن آن جلوگیری کند.

۱ــ نیروی کشش سطحی بین ذرات فلز ناحیه مذاب

۲ــ قسمت سرد و منجمد درز جوش خورده که مانند تکیه‌گاهی برای فلز مذاب است ریزش نکند.

۳ــ فشار شعله بر انتهای ناحیه مذاب

۴ــ حرکت نوک سیم جوش در ناحیه مذاب

درجه حرارت زیاد درجه سیلان فلز مذاب را بالا برده آن را رقیق‌تر می‌کند و بدین ترتیب تمایل به چکیدن دارد.

بدیهی است که درجه روانی یا سیلان فلز مذاب را به‌وسیله شعله می‌توان کنترل کرد. اگر شعله مدت زیادی به طرف یک نقطه باشد فلز مذاب بیش از حدّ رقیق شده فرو خواهد چکید.

برای جلوگیری از فروریختن فلز مذاب باید به محض آنکه بیش از حدّ رقیق شد، شعله را اندکی از روی آن دور کرد. این عمل یعنی کنترل مواد مذاب به‌وسیله تغییر فاصله میان شعله و فلز که یکی از شیوه‌های مهم جوشکاری در وضع قائم است.

۵ــ برای جلوگیری از فروریختن مواد مذاب عمل جوشکاری را طوری انجام دهید که آن قسمت از درز جوش‌خورده که سرد و منجمد شده مانند تکیه‌گاهی زیر ناحیه مذاب قرارگیرد.

۶ــ جوشکاری در وضع قائم را با شعله خنثی انجام دهید و اندازه نازل یا سر مشعل را چنان انتخاب کنید که کمی کوچک‌تر از نازلی باشد که برای جوشکاری فولاد به همان ضخامت در وضع سطحی لازم است.

شیوه جوشکاری: درز قطعاتی که در حالت قائم قرار گرفته ممکن است افقی یا قائم باشد (ورق قائم جوش قائم، ورق قائم جوش افقی)

۱ــ قبل از جوشکاری دو قطعه فلز را با خال‌جوش به‌صورت سربه‌سر محکم کنید.

۲ــ جوشکاری را از پایین به‌طرف بالا انجام دهید (شکل

۱۵ـ۴).

۳ـ زاویه مشعل نسبت به سطح فلز در حدود ^{o}۱۵ تا ^{o}۳۰ باشد به‌طوری‌که نوک نازل به‌طرف بالا باشد (شکل ۱۴ـ۴).

۴ـ نوسان مشعل کم و دامنه نوسان آن باید کوتاه باشد.

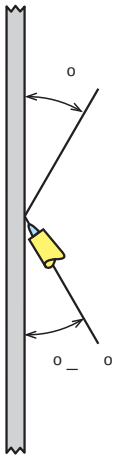
۵ـ از بزرگ‌شدن ناحیه مذاب پرهیز کنید و این عمل با دورکردن مشعل انجام می‌گیرد.

۶ـ مواقعی که احساس می‌کنید مواد مذاب تمایل به ریزش دارد مشعل را کمی از ناحیه مذاب دور کنید.

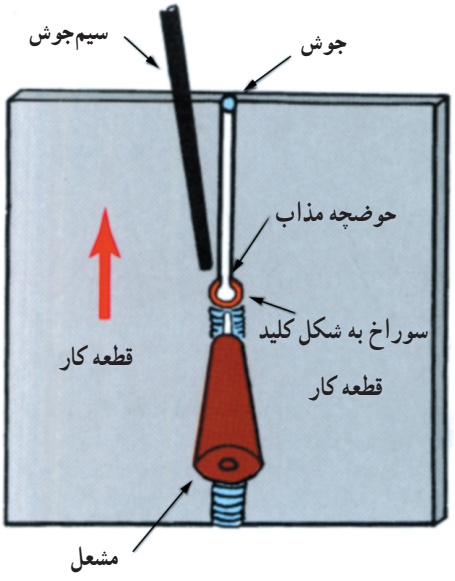
۷ـ سیم جوش را همیشه در قسمت بالای حوضچه مذاب فرو برید.

۸ـ پس از اتمام جوشکاری وضعیت نفوذ جوش و ظرافت مهره‌ها را بازرسی کنید.

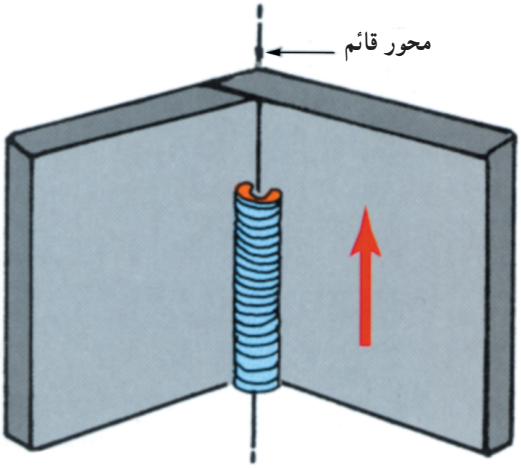
۹ـ هرچه ضخامت فلز بیشتر شود می‌توان زاویه مشعل را نیز زیادتر کرد.



شکل ۱۴ـ۴ـ زاویه مناسب مشعل و سیم جوش در جوشکاری قائم



الف ـ اتصال سربه‌سر



ب ـ اتصال سپری

شکل ۱۵ـ۴ـ جوشکاری در حالت قائم

۹ــ۴ــ محدودیت‌های جوشکاری در ورق‌های ضخیم

در جوش گاز هر چه ضخامت فلز افزایش یابد محدودیت‌هایی نیز ایجاد می‌شود :

۱ــ هرچه ضخامت فلز افزایش یابد الزاماً از سر مشعل بزرگ‌تر باید استفاده کرد.

۲ــ استفاده از سر مشعل بزرگ کنترل مواد مذاب را مشکل می‌کند.

۳ــ حجم مواد مذاب در شیارهای V شکل زیاد می‌شود.

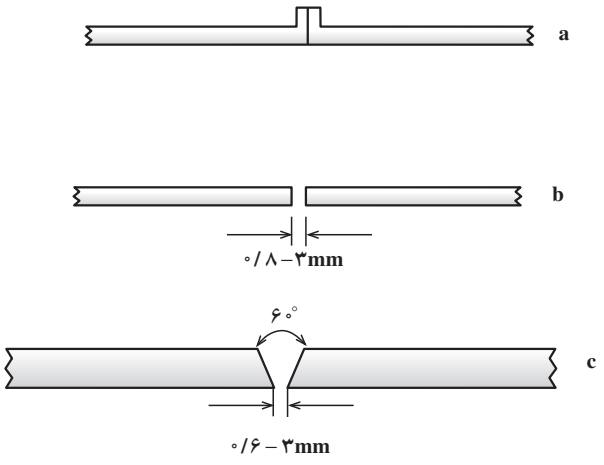
۴ــ استفاده از سر مشعل بزرگ برای ضخامت زیاد تجربی است و در این مورد قاعده‌ای وجود ندارد و به همین علت سرعت عمل کاهش می‌یابد.

۵ــ استفاده از نوسان مشعل به‌صورت زیگزاگ (پهلو به پهلو) در شیارهای V شکل میسر نیست زیرا برای مذاب شدن لبه‌های شیار و عمق آن زمان بسیار طولانی خواهد بود.

۶ــ در ضخامت‌های زیاد حجم مواد مذاب بیشتر است از این‌رو کنترل آن مشکل می‌گردد زیرا حجم مذاب افزایش می‌یابد، برای برطرف‌شدن این محدودیت‌ها بهتر است که در ضخامت‌های زیاد از دو پاس جوش یا بیشتر استفاده کرد.

در روش پیش‌دستی بهتر است که در ضخامت بیش از ۴/۵mm از دو پاس جوش استفاده شود و در بیش از ۶/۵ میلی‌متر ضخامت بهتر است که از روش پیش‌دستی استفاده نشود.

جدول۲ــ۴ را ملاحظه نمایید.



جدول ۲ــ۴ــ اندازه نازل، فشار اکسیژن و استیلن، نوع اتصال، مصرف اکسیژن نسبت به ضخامت فلز در روش پیش‌دستی

نوع اتصال	ضخامت فلز mm	اندازه نازل mm	فشار اکسیژن و استیلن	مصرف گاز اکسیژن و استیلن L/h
a	۰/۹ــ۱/۶	۰/۹ــ۱	۰/۱۴bar	۲۸
		۱/۲ــ۲	۰/۱۴bar	۵۷
b	۲/۴ــ۳	۲ــ۳	۰/۱۴bar	۸۶
		۲/۶ــ ۵	۰/۱۴bar	۱۴۰
c	۳ــ۴	۳/۲ــ۷	۰/۱۴bar	۲۰۰
		۴ــ۱۰	۰/۲۱bar	۲۸۰

۱۰ــ۴ــ جوشکاری لوله با شعله اکسی‌استیلن

هرچند که استفاده از روش جوشکاری با قوس الکتریکی در مورد لوله‌ها بیشتر کاربرد دارد امّا مواردی وجود دارد که باید از جوش اکسی‌استیلن استفاده کرد.

برای جوشکاری لوله‌ها با جوش گاز نیز قواعد و استانداردهایی وجود دارد که باید اجرای کار مطابق با آن باشد، که در این قسمت به کلیات آن اشاره می‌گردد.

۱ــ۱۰ــ۴ــ شناسایی لوله و تیوب: مصارف لوله‌ها و تیوب برای عبور سیال‌های گازی شکل، مایعات، محلول‌های شیمیایی و نیز جامداتی که به‌صورت پودر یا ذرات ریز می‌باشند استفاده می‌شود که در ساخت شبکه فلزی ستون و غیره نیز به‌کار می‌رود.

در صنایع سنگین مانند کشتی‌سازی، هواپیما، اتومبیل، ماشین‌های کشاورزی، پالایشگاه‌ها و غیره از لوله یا تیوب استفاده می‌شود. بنابراین اختلاف بین لوله و تیوب را باید تشخیص داد.

چون لوله و تیوب بیشتر برای عبور مایعات مختلف یا گازها است بنابراین جنس و ضخامت جداره باید متناسب با شرایط فیزیکی ــ شیمیایی سیال باشد. از طرفی باید بدانیم که چرا مقطع لوله یا تیوب دایره است؟ برای درک بیشتر به موارد زیر توجه شود:

۱ــ در مقاطع دایره فشار سیال بر جداره داخل لوله یا خارج آن در همه جا بطور یکسان پخش می‌شود، در صورتی‌که در مقاطع دیگر چنین حالتی نمی‌تواند وجود داشته باشد.

۲ــ پرس‌کردن یا کشیدن (اکسترود) که برای ساختن لوله به‌کار می‌رود برای مقاطع دایره ساده‌تر است.

۳ــ متعلقات لوله مانند سه‌راهی، زانو، تبدیل‌ها و غیره نیز با مقطع دایره ساده‌تر ساخته می‌شوند.

۴ــ امروزه بیشتر اتصالات لوله از طریق جوشکاری انجام می‌شود و مزیت آن نسبت به سایر روش‌های اتصال‌دهنده براساس زیر است:

۱ــ استحکام و مقاومت بیشتر

۲ــ جلوگیری از حالت‌های گردابی در حین عبور سیال

۳ــ تعمیرات ساده‌تر و اقتصادی‌تر

۴ــ سبکی وزن نسبت به سایر اتصالات

۵ــ ظریف‌تر و نمای بهتر داشتن

۶ــ ساده‌بودن عایق‌کاری و سرعت عمل آن

اختلاف بین تیوب و لوله[1]**:** تفسیر کلی تفاوت بین لوله و تیوب چندان ساده نیست زیرا دامنه اختلاف در مورد مسائل زیادی است مانند عملیات تولید، تولرانس‌ها، نحوه جوش یا کشیدن، قیمت، جنس و غیره. امّا در زیر به چند نکته اشاره می‌گردد:

اختلافاتی بین لوله و تیوب وجود دارد که باید به آن توجه شود:

۱ــ نوع ساخت: بطور کلی تیوب‌ها بدون درز ساخته می‌شوند درصورتی‌که لوله هم درزدار و هم بدون درز ساخته می‌شود.

۲ــ تیوب ممکن است به اندازه دلخواه برای سفارش‌دهنده ساخته شود درصورتی‌که ساختن لوله در چهارچوب استاندارد می‌باشد.

۳ــ اصولاً اندازه کمتر از $\frac{۱}{۴}$ اینچ به پایین را در هر حالتی که باشد، تیوب می‌نامند.

۴ــ تیوب از لحاظ جدار داخلی و خارجی دارای سطح صاف می‌باشد درصورتی‌که جدار داخلی لوله نسبت به تیوب ناهموارتر است.

۵ــ واژه TUBE در برخی استانداردها به لوله‌هایی گفته می‌شود که برای خم‌کردن مناسبند (مثلاً لوله‌های بی‌درز که در ساختن مبدل‌ها و دیگ‌ها به‌کار می‌رود).

ضخامت جداره لوله یا دیواره آن: ضخامت جداره لوله متناسب است با فشار داخلی آن. برای مثال یک لوله ۶ اینچ می‌تواند با ضخامت جداره متفاوت ساخته شود، در جدول ۴ــ۳ مشخصات لوله‌های مختلف در رده‌های گوناگون براساس استاندارد ANSI داده شده است.

۱ــ Pipe, tube

جدول ۳ــ۴ــ مشخصات لوله‌های فولادی درزدار و بی‌درز در استاندارد ANSI

DIMENSIONS OF WELDED AND SEAMLESS STEEL PIPE (ANSI B36.10)
(Listed by Schedule Numbers)

Nom. Pipe Size	Outside Diameter		Schedule 10		Schedule 20		Schedule 30		Schedule 40		Schedule 60		Schedule 80		Schedule 100		Schedule 120		Schedule 140		Schedule 160	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
⅛	0.405	10.30	—	—	—	—	—	—	0.068	1.75	—	—	0.095	2.40	—	—	—	—	—	—	—	—
¼	0.540	13.70	—	—	—	—	—	—	0.088	2.25	—	—	0.119	3.00	—	—	—	—	—	—	—	—
⅜	0.675	17.15	—	—	—	—	—	—	0.091	2.30	—	—	0.126	3.20	—	—	—	—	—	—	—	—
½	0.840	21.35	—	—	—	—	—	—	0.109	2.75	—	—	0.147	3.75	—	—	—	—	—	—	0.188	4.80
¾	1.050	26.65	—	—	—	—	—	—	0.113	2.85	—	—	0.154	3.90	—	—	—	—	—	—	0.219	5.55
1	1.315	33.40	—	—	—	—	—	—	0.133	3.40	—	—	0.179	4.55	—	—	—	—	—	—	0.250	6.35
1¼	1.660	42.15	—	—	—	—	—	—	0.140	3.55	—	—	0.191	4.85	—	—	—	—	—	—	0.250	6.35
1½	1.900	48.25	—	—	—	—	—	—	0.145	3.70	—	—	0.200	5.10	—	—	—	—	—	—	0.281	7.15
2	2.375	60.35	—	—	—	—	—	—	0.154	3.90	—	—	0.218	5.55	—	—	—	—	—	—	0.344	8.75
2½	2.875	73.05	—	—	—	—	—	—	0.203	5.15	—	—	0.276	7.00	—	—	—	—	—	—	0.375	9.55
3	3.500	88.90	—	—	—	—	—	—	0.216	5.50	—	—	0.300	7.60	—	—	—	—	—	—	0.438	11.15
3½	4.000	101.60	—	—	—	—	—	—	0.226	5.75	—	—	0.318	8.10	—	—	—	—	—	—	—	—
4	4.500	114.30	—	—	—	—	—	—	0.237	6.00	—	—	0.337	8.55	—	—	0.438	11.15	—	—	0.531	13.50
5	5.563	141.30	—	—	—	—	—	—	0.258	6.55	—	—	0.375	9.55	—	—	0.500	12.70	—	—	0.625	15.90
6	6.625	168.30	—	—	—	—	—	—	0.280	7.10	—	—	0.432	10.95	—	—	0.562	14.30	—	—	0.719	18.25
8	8.625	219.10	—	—	0.250	6.35	0.277	7.05	0.322	8.20	0.406	10.30	0.500	12.70	0.594	15.10	0.719	18.25	0.812	20.60	0.906	23.00
10	10.750	273.05	—	—	0.250	6.35	0.307	7.80	0.365	9.25	0.500	12.70	0.594	15.10	0.719	18.25	0.844	21.45	1.000	25.40	1.125	28.60
12	12.750	323.85	—	—	0.250	6.35	0.330	8.40	0.406	10.30	0.562	14.25	0.688	17.50	0.844	21.45	1.000	25.40	1.125	28.60	1.312	33.30
14	14.000	355.60	0.250	6.35	0.312	7.90	0.375	9.55	0.438	11.15	0.594	15.10	0.750	19.05	0.938	23.85	1.094	27.80	1.250	31.75	1.406	35.70
16	16.000	406.40	0.250	6.35	0.312	7.90	0.375	9.55	0.500	12.70	0.656	16.65	0.844	21.45	1.031	26.20	1.219	30.95	1.438	36.55	1.594	40.50
18	18.000	457.20	0.250	6.35	0.312	7.90	0.438	11.15	0.562	14.30	0.750	19.05	0.938	23.85	1.156	29.35	1.375	34.95	1.562	39.65	1.781	45.25
20	20.000	508.00	0.250	6.35	0.375	9.55	0.500	12.70	0.594	15.10	0.812	20.60	1.031	26.20	1.281	32.55	1.500	38.10	1.750	44.45	1.969	50.00
24	24.000	609.60	0.250	6.35	0.375	9.55	0.562	14.30	0.688	17.50	0.969	24.60	1.219	30.95	1.531	38.90	1.812	46.00	2.062	52.35	2.344	59.55
30	30.000	762.00	0.312	7.90	0.500	12.70	0.625	15.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

۲ــ۱۰ــ۴ــ پخ‌زدن لوله‌ها: دراغلب لوله‌های جداره ضخیم، طبق قواعد و استانداردها، دو سر لوله پخ‌دار می‌باشد ولی در بعضی لوله‌ها باید این پخ را ایجاد کرد. اقتصادی‌ترین و ساده‌ترین روش پخ‌زدن لوله‌ها به‌طریقه برش‌زدن با مشعل اکسی‌استیلن است.

۳ــ۱۰ــ۴ــ انبساط و هم‌محورکردن لوله‌ها در موقع جوشکاری: در جوشکاری اتصالات متفاوت مشاهده می‌گردد. انبساط و انقباض می‌تواند تغییر شکل زیادی را در اتصال ایجاد کند.

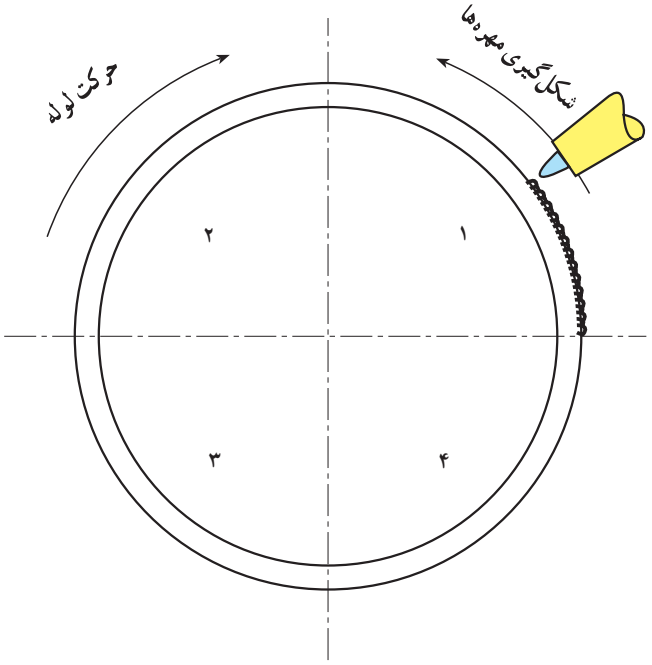
نیروهای انبساط و انقباض نیز در مورد لوله‌ها صادق است و اگر توجه نشود دو لوله‌ای‌که به هم جوش می‌خورند از حالت هم‌محوربودن و صاف‌بودن خارج می‌شوند. برای جلوگیری از پیچیدگی و تاب برداشتن باید به نکات زیر توجه داشت :

۱ــ فاصله بین دو لوله : در لوله‌های با قطر کم تا «۲اینچ»، حجم فلزاتی که باید به یکدیگر جوش بخورند کم است و علاوه‌بر آن ضخامت جداره آنها نازک می‌باشد، به همین علت پخ‌زدن ضروری نیست. ولی ایجاد یک فاصله بین دو لوله ضروری است. فاصله باید به حدّی باشد که مطمئن شویم مواد مذاب می‌تواند سطح داخلی لوله را پوشش دهد (نفوذ کافی).

۲ــ طریقه خال‌جوش زدن لوله : در لوله‌های کوچک سه خال‌جوش محکم برای جوشکاری آن کفایت می‌کند در هنگام جوشکاری خال‌جوش‌ها باید دومرتبه ذوب شوند و پاس جوش را از روی آن گذراند.

۴ــ۱۰ــ۴ــ روش جوشکاری لوله: دو روش متفاوت جوشکاری به‌وسیله مشعل اکسی‌استیلن را می‌توان اجرا کرد.

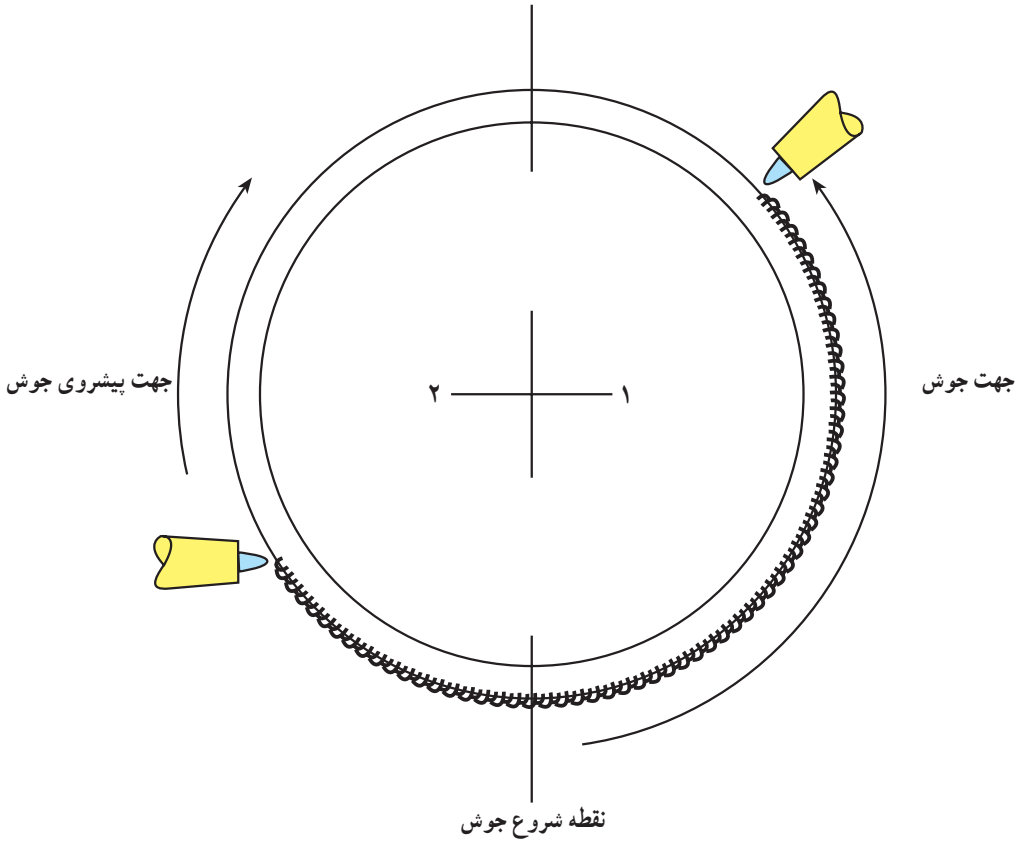
۱ــ روش گردان جوشکاری لوله: در روش گردان، لوله را روی دستگاهی قرار می‌دهند که به‌وسیله تعدادی چرخ‌دنده و موتور الکتریکی غلتک‌های دستگاه با دور آرام شروع به چرخیدن می‌کنند و وقتی لوله بر روی غلتک‌ها قرار بگیرد با دور کم شروع به دورزدن می‌کنند و جوشکاری در حدود $\frac{۱}{۴}$ محیط پایین‌تر از نقطه بالای لوله شروع می‌شود. نوک شعله را باید به طرف بالا نگه داشت، مانند هنگامی که جوش قائم و از پایین به بالا اجرا می‌شود. حرکت لوله موافق با عقربه ساعت و شکل‌گرفتن مهره‌های جوش برخلاف گردش عقربه ساعت می‌باشد (شکل ۱۶ــ۴).



جوشکاری در حالت گردان

شکل ۱۶ــ۴ــ جوش کاری لوله به روش گردان

۲ــ روش ثابت جوش لوله: در روش ثابت جوشکاری، اجرای جوشکاری باید از قسمت زیر یا پایین لوله شروع و به‌طرف بالای لوله ادامه یابد، به‌طوری‌که نصف محیط لوله جوش بخورد. دو مرتبه از قسمت زیر باید شروع به جوشکاری کرد تا نیمه دیگر لوله کامل شود (شکل ۱۷ــ۴).



شکل ۱۷ــ۴ــ جوشکاری لوله به روش ثابت

جوشکاری لوله‌ها بستگی به نوع جنس لوله، اندازه و محل جوش دارد. انواع اتصالات در جوشکاری لوله‌ها مانند جوش سربه‌سر بدون پخ یا پخ‌دار در تمام حالات جوش زانویی با زوایای متفاوت و نیز جوشکاری متعلقات لوله در حالت‌های مختلف مورد نظر است.

۵ــ۱۰ــ۴ــ دستور کار شماره ۵ــ جوش لوله به‌صورت گردان:

۱ــ یک لوله ۲ اینچ سیاه به طول ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید.

۲ــ از یک سر آن به اندازه ۴۰ میلی‌متر صاف و گونیا ببرید.

۳ــ قسمت بریده شده را از طرف داخل و خارج کاملاً تمیز کرده و اگر در لبه آنها پلیسه وجود داشته باشد آن را تمیز کنید تا برای جوش دادن به یکدیگر کاملاً آماده باشد.

۴ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هردو دست و بطور آهسته تا آخر باز کنید.

۵ــ شیر کپسول استیلن را به اندازه نیم دور و اگر از مولد استفاده می‌شود شیر آن را به اندازه $\frac{۳}{۴}$ دور باز کنید.

۶ــ از سر مشعل شماره ۳ استفاده کنید و آن را محکم به‌مشعل متصل کنید.

۷ــ رگلاتور اکسیژن را برای فشار کاری ۳psig یا ۲۱kPa تنظیم کنید.

۸ــ رگلاتور استیلن را برای فشار کاری ۳psig یا ۲۱kPa تنظیم نمایید.

۹ــ لوله‌ها را در یک راستا قرار دهید و اولین خال‌جوش

را با شعله خنثی در قسمت بالای لوله بزنید. بطوری‌که طول خال‌جوش دو برابر ضخامت جدار لوله باشد.

۱۰ــ اندکی صبر کنید تا دمای قسمت جوش خورده به‌حدود $600^{\circ}C$ یا کمتر برسد. هرچه دما کمتر باشد پیچیدگی در قطعه کار کمتر می‌گردد.

۱۱ــ لوله را با استفاده از دستکش جوشکاری بردارید و دقت کنید که فاصله بین دو لوله تغییر نکرده باشد (فاصله در حدود $2mm - 1/5$). چنانچه فاصله کمی تغییر کرده باشد با کمک چکش سبک و ضربات آهسته فاصله را تنظیم نمایید.

۱۲ــ لوله را برای خال‌جوش دوم آماده کنید، بطوری که زاویه بین خال‌جوش اول و دوم 120° باشد و محل خال‌جوش دوم نیز باید در بالا قرار گیرد.

۱۳ــ خال‌جوش دوم را به اندازه دو برابر ضخامت لوله بزنید و صبر کنید تا دمای قسمت جوش خورده کاهش یابد.

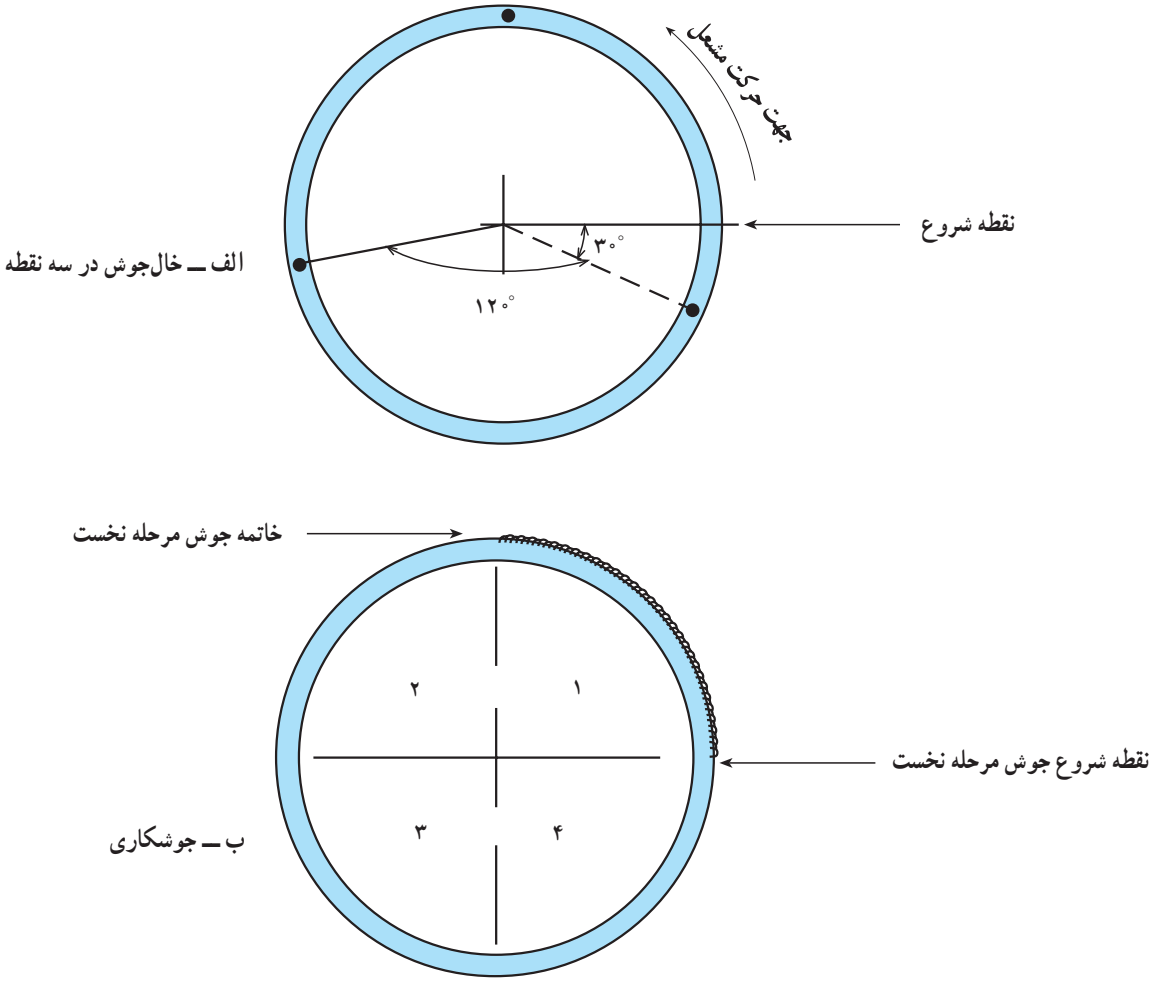
۱۴ــ لوله را با استفاده از دستکش از روی میز کار بردارید و با دقت فاصله آن را بازرسی کنید و اگر فاصله تغییر کرده باشد باز با کمک چکش آن را درست کنید.

۱۵ــ لوله را در روی میز کار قرار دهید و خال‌جوش سوم را با زاویه 120° نسبت به دیگری جوش دهید.

۱۶ــ لوله را بردارید دو مرتبه با برس سیمی دور تا دور آن را کاملاً تمیز کنید به طوری که هیچگونه آثار ناخالصی مشاهده نگردد.

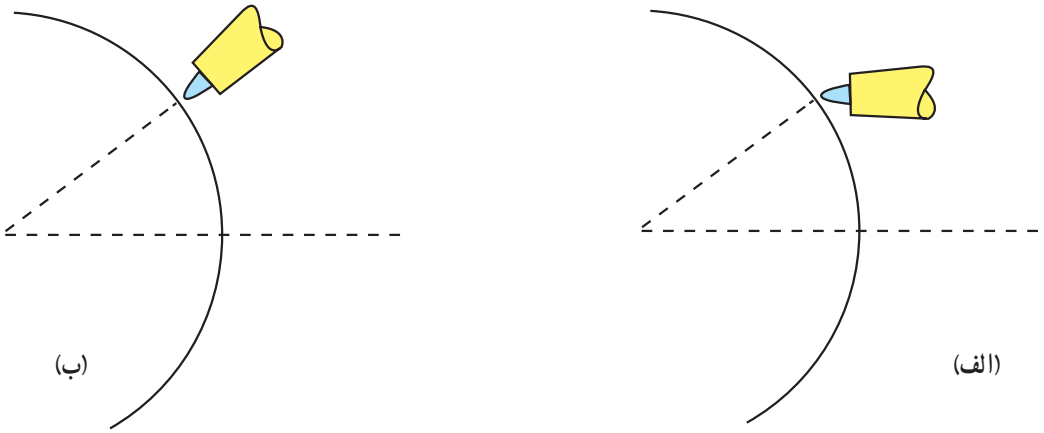
۱۷ــ لوله را مطابق شکل ۱۸ــ۴ــ الف برای جوشکاری در روی میز کار قرار دهید به طوری که حرکت دست‌ها برای جوشکاری آزاد باشد و به شیء یا وسیله دیگری برخورد نکند.

توجه کنید که یکی از خال‌جوش‌ها کاملاً در بالا قرار گیرد و خال‌جوش دوم به اندازه 30° زیر نقطه شروع مطابق شکل ۱۸ــ۴ــ ب باشد.



شکل ۱۸ــ۴ــ مراحل جوشکاری لوله

۱۸ــ جوشکاری را زمانی شروع کنید که اولاً مخروط شعله نسبت به درز جوش عمود نباشد و طول شعله با یک زاویه تقریبی °۲۰ – °۱۰ در امتداد درز حرکت کند (شکل ۱۹ــ۴).



شعله نسبت به درز لوله تحت زاویه می‌باشد
حرکت صحیح

شعله به درز لوله عمود است
حرکت ناصحیح

شکل ۱۹ــ۴ــ حرکت شعله نسبت به درز جوش

۱۹ــ زاویه تقریبی °۲۰ – °۱۰ یک زاویه تجربی است و در لوله‌ها اندازه آن تغییر می‌کند که این تغییرات با ضخامت جداره لوله، فشار کاری اکسیژن، استیلن و اندازه سرمشعل متناسب است. در هر حالت هیچگاه نباید مخروط شعله نسبت به درز عمود باشد. معایبی که از عمود بودن شعله نسبت به درز مشاهده می‌شود به صورت زیر است :

الف ــ حرکت پیشروی کندتر می‌شود.

ب ــ نفوذ جوش از حدّ متعادل زیادتر می‌شود.

ج ــ پیش گرم شدن سیم‌جوش کم می‌شود.

د ــ نفوذ جوش در داخل ناهموار و غیر یکنواخت است.

هـ ــ عمل احتراق کامل نخواهد بود و شعله گرایش به‌خاموش شدن دارد.

و ــ مقاومت جوش نسبت به سطح مقطع لوله کاهش می‌یابد.

۲۰ــ پس از این که دمای لوله کمی کاهش پیدا کرد، انتهای جوش را دو مرتبه با برس سیمی بخوبی تمیز کنید و لوله را به‌اندازه °۹۰ به طرف پایین و در جهت عقربه ساعت بگردانید بطوری که انتهای جوش قبلی نقطه شروع مرحله دوم جوش باشد.

۲۱ــ با همان شرایط قبل، جوشکاری را در خلاف جهت عقربه ساعت ادامه دهید تا نیمی از محیط لوله جوشکاری شود. با تمام موارد قبل باز لوله را به اندازه °۹۰ بچرخانید و مرحله سوم و پس از آن مرحله چهارم را به اتمام برسانید. شکل ۲۰ــ۴ مراحل جوش لوله به صورت گردان را نشان می‌دهد.

۲۲ــ بازرسی چشمی را به صورت زیر آغاز کنید :

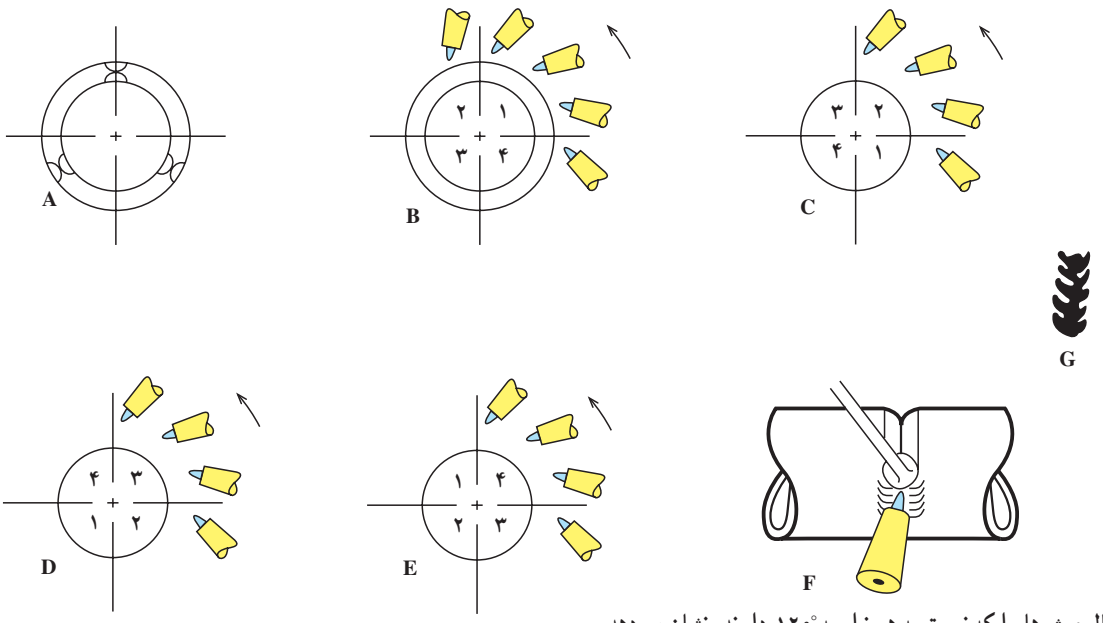
الف ــ چون فاصله جوش تا یک طرف لوله ۴۰mm است نفوذ جوش را از طرف داخل بخوبی می‌توان مشاهده کرد.

ب ــ اولاً نفوذ باید در تمام جداره یکنواخت باشد و بیش از حد بیرون نزده باشد.

ج ــ ناهموار بودن نفوذ جوش در ارتباط با زاویه مشعل، نوسان مشعل و عدم سرعت یکنواخت جوش است.

د ــ در محل بندهای جوش کاملاً دقت کنید که نفوذ در این قسمت با سایر قسمت‌ها تفاوت نداشته باشد.

پس از آگاهی از معایب جوش قسمت دیگر را مطابق با شرایط قبل بریده و اقدام به تمرین مجدد نمایید.



شکل A خال‌جوش‌ها را که نسبت به هم زاویه ۱۲۰° دارند، نشان می‌دهد.
در شکل B شروع جوشکاری، جهت و زاویه نازل مشعل نسبت به لوله نشان داده شده است.
در شکل C قسمت جوش داده شده در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد و ربع دوم جوش داده می‌شود.
در شکل D بخش دیگر لوله جوش داده شده است.
شکل E ربع چهارم را در حال جوشکاری نشان می‌دهد.
نوسان مشعل، زاویه سیم‌جوش و نازل مشعل در شکل‌های F و G نشان داده شده است.

شکل ۲۰ــ۴ــ مراحل جوش لوله به صورت گردان

۶ــ۱۰ــ۴ــ دستور کار شماره ۷ــ جوش لوله به‌صورت ثابت

۱ــ یک لوله ۲ اینچ سیاه به طول ۲۰۰mm انتخاب کنید.

۲ــ از یک طرف آن به اندازه ۴۰mm به طور گونیا و صاف ببرید.

۳ــ قسمت بریده شده‌ها را از طرف داخل و خارج لوله با برس سیمی ــ سوهان و غیره کاملاً تمیز کنید.

۴ــ شیر کپسول اکسیژن را با کمک هر دو دست به طور ملایم تا آخر باز کنید.

۵ــ شیر کپسول استیلن را به اندازه نیم دور با آچار باز کنید و آچار را در سر جای خود روی مغزی کپسول بگذارید.

۶ــ چنانچه از مولد استفاده می‌کنید، شیر استیلن را به‌اندازه $\frac{۳}{۴}$ دور باز کنید و دقت کنید هیچگاه فشار از ۱۵psi بیشتر نشود.

۷ــ رگلاتور اکسیژن را برای فشار کاری ۳psig یا ۲۱kPa تنظیم کنید.

۸ــ رگلاتور استیلن را برای فشار کاری ۳psig یا ۲۱kPa تنظیم کنید.

۹ــ لوله را در یک راستا در روی میز قرار دهید و اولین خال‌جوش را با شعله خنثی روی قسمت بالا ایجاد کنید. (اولین خال‌جوش اگر در قسمت‌های دیگر لوله زده شود تاب برداشتن لوله بیش از حدّ می‌شود.)

۱۰ــ اندکی صبر کنید تا دمای لوله کاهش یابد و سپس لوله را با استفاده از دستکش بردارید سپس فاصله را نگاه کنید که تغییر نکرده باشد (اگر نفوذ جوش در تمرین شماره ۶ کم بوده باشد می‌توانید در این تمرین فاصله را اندکی زیادتر در نظر بگیرید مشروط بر اینکه پارامترهای دیگر صحیح بوده باشند).

۱۱ــ چنانچه فاصله تغییر یافته باشد، با کمک ضربات ملایم فاصله را درست کنید.

۱۲ــ لوله را برای خال‌جوش دوم، که زاویه آن نسبت

به‌خال‌جوش اول ۱۲۰° باشد، آماده کنید و باز محل خال‌جوش در بالا قرار گیرد.

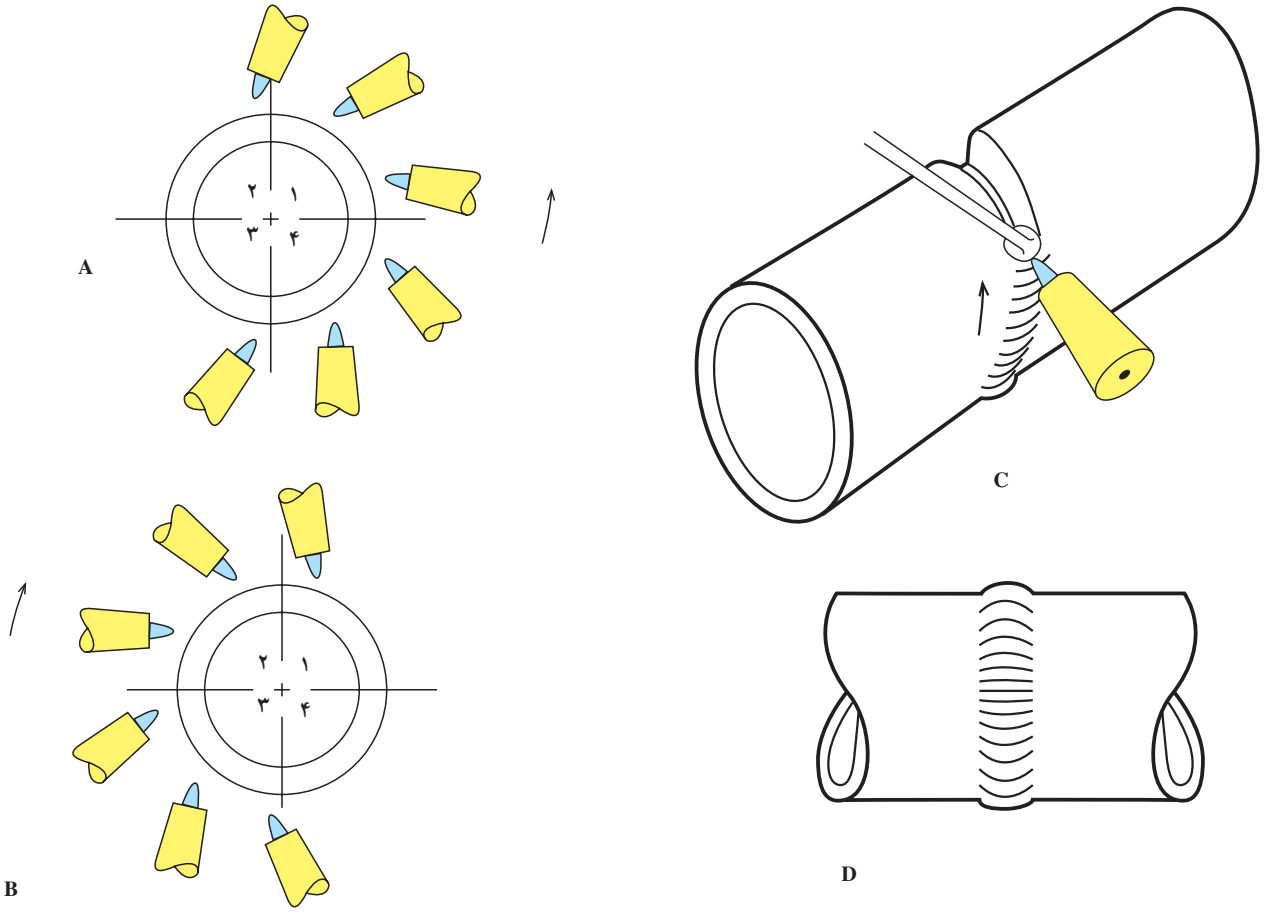
۱۳ــ خال‌جوش دوم را به اندازه دو برابر ضخامت جداره بزنید و باز صبر کنید تا دمای لوله کاهش یابد.

۱۴ــ مراقب باشید فاصله لوله تغییر نکند و لوله در یک راستا باشد. در صورت تغییر یافتن با کمک چکش و ضربات ملایم فاصله را درست کنید.

۱۵ــ خال‌جوش سوم را نیز با زاویه ۱۲۰° نسبت به خال‌جوش قبل بزنید در این مورد هم باز خال‌جوش در بالا باشد.

۱۶ــ لوله را در روی میز ثابت و محکم کنید سپس با شعله خنثی از قسمت پایین شروع به جوش نمایید و پس از رسیدن به‌بالای لوله، که نصف محیط است، شعله را خاموش نمایید سپس کمی صبر کنید تا دمای لوله کاهش یابد. دوباره از پایین شروع به‌جوشکاری و نیمه دیگر را نیز کامل کنید (شکل ۲۱ــ۴).

۱۷ــ دقت نمایید همیشه و در هر مورد برای جوشکاری سر بندها مقداری از جوش قبلی را دو مرتبه ذوب کنید.

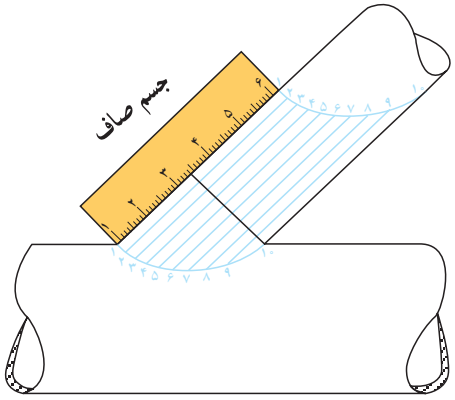


شکل ۲۱ــ۴ــ مراحل جوش لوله به صورت ثابت

۷ــ۱۰ــ۴ــ دستور کار شماره ۸ــ ساخت انشعاب لوله بدون ترسیم و الگو در مورد لوله‌های فولادی: غالباً در کارهای لوله‌کشی یا در خطوط لوله بدون اینکه وسیله‌ای در اختیار باشد انشعاب گرفتن از لوله دیگری الزاماً به وجود می‌آید بدون اینکه الگو یا وسیله‌های ترسیم وجود داشته باشد.

روش برش لوله به صورت زیر است :

۱ــ دو قطعه لوله را در حالتی مانند زاویه ۴۵° در شکل ۲۲ــ۴ قرار دهید.



شکل ۲۲ــ۴ــ انشعاب‌گیری از لوله

۲ــ یک شیء صاف و مستقیم مانند خط‌کش را به موازی لوله انشعاب، که یکسر آن روی لوله اصلی تکیه کند، قرار دهید.

۳ــ در نقاط ۱ و ۱ مانند شکل ۲۲ــ۴ علامت بگذارید.

۴ــ خط‌کش را به دور انشعاب آهسته بگردانید بطوریکه درست موازی لوله انشعاب باشد و نوک آن به لوله اصلی مماس شود و در هر چرخش نقاطی مانند ... و ۳ و ۲ و ۱ را هم برای لوله اصلی و هم برای انشعاب علامت‌گذاری کنید.

۵ــ وقتی که خط‌کش یک دور کامل به اطراف لوله چرخید از نقاط علامت گذاشته با سنگ صابون، منحنی را ترسیم کنید.

۶ــ هر دو لوله انشعابی و اصلی را از روی منحنی ترسیم شده ببرید.

۷ــ قسمت بریده شده دو لوله را بر یکدیگر منطبق نمایید به‌طوری که زاویه انشعابی به دست آید. اگر ضخامت لوله بیش از ۴mm باشد، آن را پخ بزنید.

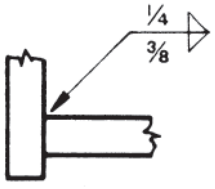
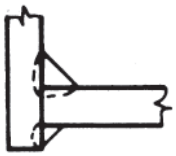
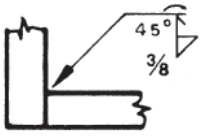
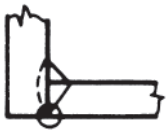
۸ــ در اطراف انشعاب به تعداد زیادی خال‌جوش بزنید که زاویه انشعاب تغییر نکند.

۹ــ از سر مشعل مناسب برای ضخامت جداره لوله برای جوش دادن استفاده کنید.

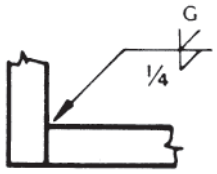
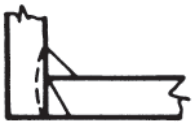
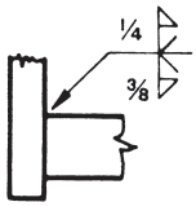
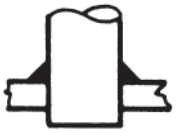
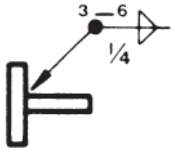
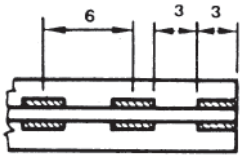
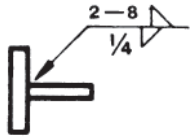
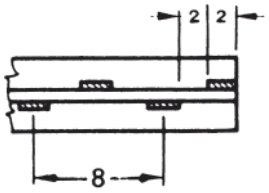
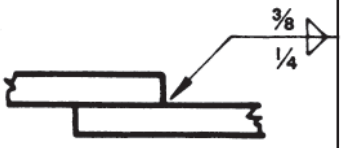
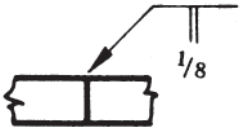
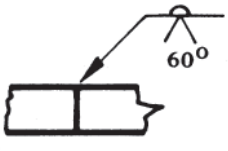
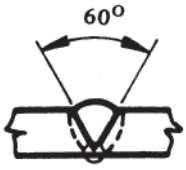
۱۱ــ۴ــ کاربرد علائم جوشکاری

برای مشخص نمودن چگونگی جوش دادن قطعات کار به‌یکدیگر از علائم مخصوصی استفاده می‌شود (جدول ۴ــ۴).

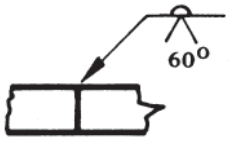
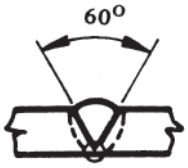
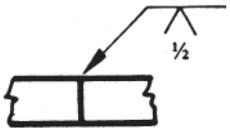
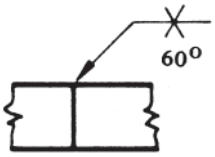
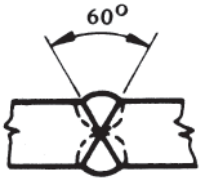
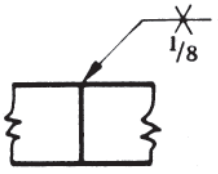
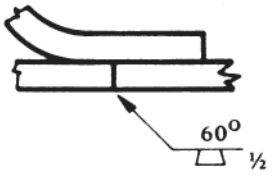
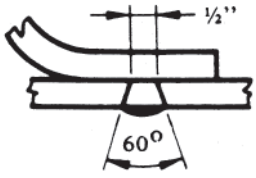
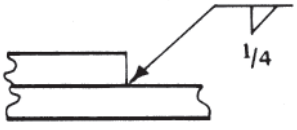
جدول ۴ــ۴ــ کاربرد علائم جوشکاری

معنی علائم جوشکاری	علامت	جوش
علامت نشان می‌دهد که در جهت پیکان جوش ماهیچه‌ای $\frac{3}{8}''$ و در سمت دیگر جوش ماهیچه‌ای $\frac{1}{4}''$ داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که در جهت پیکان پخ خباقی با زاویه ۴۵° با جوش ماهیچه‌ای $\frac{3}{8}''$ و در پشت جوش مهره‌ای داده شود.		

ادامه جدول ۴ــ۴ــ کاربرد علائم جوشکاری

علامت نشان می‌دهد که $\frac{1}{4}''$ جوش ماهیچه‌ای در جهت پیکان و در سمت دیگر جوش درز جناقی داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که در جهت پیکان درز جناقی و $\frac{3}{8}''$ جوش ماهیچه‌ای و در سمت دیگر درز جناقی با $\frac{1}{4}''$ جوش ماهیچه‌ای داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که $\frac{1}{4}''$ جوش ماهیچه‌ای دور تا دور لوله داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که جوش ماهیچه‌ای $\frac{1}{4}''$ به صورت تناوبی داده شود طول هر تناوب ″۳ و فاصله بین دو جوش مجاور ″۶ از هر دو طرف به موازات هم باشد.		
علامت نشان می‌دهد که جوش ماهیچه‌ای تناوبی به طول ″۲ از هر طرف و فاصله بین دو جوش مجاور ″۸ است جوش‌ها به صورت زیگزاگ می‌باشند.		
علامت نشان می‌دهد که در جهت پیکان $\frac{1}{4}''$ جوش ماهیچه‌ای و در سمت دیگر $\frac{3}{8}''$ جوش ماهیچه‌ای داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که شیار بدون پخ است و در جهت پیکان جوش داده شود. فاصله روت $\frac{1}{8}$ اینچ (Root)		
علامت نشان می‌دهد که شیار باید پخ V شکل ۶۰° بخورد و در جهت پیکان جوش داده شود.		

ادامه جدول ۴ــ۴ــ کاربرد علائم جوشکاری

علامت نشان می‌دهد که شیار باید پخ V شکل ۶۰° بخورد. در جهت پیکان و در پشت یک پاس مهره‌ای جوش داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که $\frac{۱}{۲}$ ضخامت پخ V شکل بخورد و در جهت پیکان جوش داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که شیار باید پخ V شکل دوطرفه ۶۰° بخورد و هر دو طرف جوش داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که شیار باید پخ V شکل دوطرفه بخورد. اندازه روت $\frac{۱}{۸}''$ و هر دو طرف جوش داده شود.		
علامت نشان می‌دهد که نوع جوش توپی شکل با قطر $\frac{۱}{۲}''$ و زاویه ۶۰° می‌باشد.		
علامت نشان می‌دهد که نوع جوش ماهیچه‌ای است و اندازه آن $\frac{۱}{۴}$ اینچ می‌باشد.		

فصل پنجم

لحیم‌کاری

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ مفهوم لحیم‌کاری سخت و نرم را بیان کند.

۲ــ مشخصات مربوط به مواد کمکی ذوب یا روانسازها را توضیح دهد.

۳ــ انواع آلیاژهای لحیم را بیان کند.

۴ــ روش‌های اجرای لحیم‌کاری نرم را توضیح دهد.

۵ــ نحوه آزمایش اتصالات لحیم شده را توضیح دهد.

۶ــ جوش بریزینگ (لحیم سخت) و برنج جوش را توصیف کند.

۷ــ روش جوشکاری بریزینگ و برنج جوش را توضیح دهد.

۸ــ روش اجرا، نوع سیم‌جوش و نوع روانساز (فلاکس) را برای انجام جوشکاری بریزینگ تعیین کند.

۹ــ نقطه جوش با لحیم سخت را طبق دستور کار شماره ۱ انجام دهد.

۱۰ــ اتصال ورقه‌های فلزی به روش لحیم‌سخت بر طبق دستور کار شماره ۲ انجام دهد.

۱۱ــ اتصال لوله‌های مسی به روش لحیم سخت را بر طبق دستور کار شماره ۳ انجام دهد.

۵ــ لحیم‌کاری

۱ــ۵ــ لحیم کاری نرم

لحیم واژه‌ای است که در اتصال فلزات نازک به کار می‌رود.

دو قطعه‌ای که با هم لحیم می‌شوند ممکن است از یک جنس یا از جنس متفاوت باشند. دو یا چند قطعه فلز را می‌توان با لحیم کردن به یکدیگر متصل کرد بدون اینکه این فلزات به نقطه ذوب برسند. تئوری لحیم کردن بدین صورت است که مولکول‌های فلز لحیم به اطراف مولکول‌های قطعه کار می‌پیچند و یک باند قوی تشکیل می‌دهند و گاهی اوقات لحیم با سطح قطعه کار یک آلیاژ تشکیل می‌دهد. فلز لحیم را گرم می‌کنند تا به‌نقطه ذوب برسد. سپس مذاب فلز لحیم در درز و فضای مشترک بین دو قطعه جاری می‌شود. معمولاً نقطه ذوب سیم لحیم کمتر از C ۴۵۰ است و اگر دمای ذوب سیم بیش از C ۴۵۰ باشد آن را لحیم‌سخت[1] می‌نامند. هدف از لحیم‌کاری اتصال دو قطعه و گاهی برای جلوگیری از نشت سیال است. مقاومت الکتریکی آلیاژ لحیم کم است و به همین دلیل کاربرد آن در مدارهای الکتریکی زیاد است. باید توجه داشت که استحکام لحیم از بریزینگ و جوش کمتر است.

۱ــ brazing

اغلب سیم لحیمی که بکار می‌رود آلیاژی است از :

قلع	tin
آنتیموان	antimony
نقره	silver
کادمیوم	cadmium
ایندیوم	indium
آلومینیوم	aluminum
سرب	lead

آلیاژ لحیم و نیز درصد عناصر آن همیشه یکسان نیست و برای انجام کارهای متفاوت فرق می‌کند. برای مثال آلیاژ لحیم برای مس ــ برنج ــ آلومینیوم ــ برنز ــ فولاد نازک ــ آهن و غیره متفاوت است.

۱ــ۱ــ۵ــ روش تمیز کردن در هنگام لحیم کاری: در لحیم‌کاری عمده‌ترین عملی که باید انجام شود تمیز کردن ناحیه مورد نظر لحیم‌کاری است. علاوه بر این که سطح فلز قبل از لحیم‌کاری باید کاملاً تمیز شود در حین اجرای عمل هم تمیز کردن قطعه کار ضروری است.

عمل تمیز کردن یا به‌صورت مکانیکی است یا از محلول‌های شیمیایی استفاده می‌کنند. مانند ماشین‌کاری ــ سند بلاست ــ استفاده از برس سیمی و در بعضی آلیاژها سیم برس باید از جنس فولاد ضد زنگ باشد.

برای فلزات و آلیاژها محلول شیمیایی یکسان به کار نمی‌رود و برای هر آلیاژ محلول مناسب آن آلیاژ را باید بکار برد.

۲ــ۱ــ۵ــ آلیاژهای لحیم: یک آلیاژ اختلاط دو یا چند عنصر فلزی یا غیر فلزی است. خصوصیات یک آلیاژ فلزی با فلز وابسته‌شان متفاوت است.

برای مثال نقطه ذوب سرب C ۳۲۷ و نقطه ذوب قلع C ۲۳۲ است. اگر این دو فلز را به نسبت ۵۰/۵۰ آلیاژ کنیم نقطه ذوب آلیاژ C ۲۱۷ – C ۱۸۳ است. مشاهده می‌گردد که نقطه ذوب آلیاژ این دو فلز از نقطه ذوب فلز وابسته به آن کمتر است. بنابراین سختی آلیاژ ــ نقطه ذوب مقاومت ــ نرمی و خواص دیگر تغییر می‌کند. آلیاژ قلع و سرب به ازاء ۶۰ درصد قلع و ۴۰ درصد سرب دارای نقطه ذوب و انجماد یکسان (اُتکتیک)[1] (eutectic) است.

در جدول ۱ــ۵ درصد آلیاژ قلع و سرب و نقطه ذوب و انجماد آن نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۱ــ۵ آلیاژ قلع و سرب به استثنای ۶۲ درصد وزنی قلع و ۳۸ درصد وزنی سرب در یک رنج حرارتی ذوب و انجماد می‌گردد.

۱ــ اُتکتیک = به ازاء یک درجه حرارت معین و یک درصد مشخص نقطه ذوب و انجماد آلیاژ یکی است.

جدول ۱ــ۵ــ درصد آلیاژ قلع و سرب و نقطه ذوب و انجماد آن

خاتمه مذاب		شروع مذاب		درصد آلیاژ برحسب وزن		استاندارد ASTM* برای آلیاژ قلع و سرب
F	C	F	C	سرب	قلع	
۵۷۲	۳۰۰	۵۹۶	۳۱۴	۹۵	۵	۵
۵۱۴	۲۶۸	۵۷۳	۳۰۱	۹۰	۱۰	۱۰
۴۳۷	۲۲۵	۵۵۳	۲۹۰	۸۵	۱۵	۱۵
۳۶۱	۱۸۳	۵۳۵	۲۸۰	۸۰	۲۰	۲۰
۳۶۱	۱۸۳	۵۱۱	۲۶۷	۷۵	۲۵	۲۵
۳۶۱	۱۸۳	۴۹۱	۲۵۵	۷۰	۳۰	۳۰
۳۶۱	۱۸۳	۴۷۷	۲۴۷	۶۵	۳۵	۳۵
۳۶۱	۱۸۳	۴۵۵	۲۳۵	۶۰	۴۰	۴۰
۳۶۱	۱۸۳	۴۴۱	۲۲۸	۵۵	۴۵	۴۵
۳۶۱	۱۸۳	۴۲۱	۲۱۷	۵۰	۵۰	۵۰
۳۶۱	۱۸۳	۳۷۴	۱۹۰	۴۰	۶۰	۶۰
۳۶۱	۱۸۳	۳۶۱	۱۸۳	۳۸	۶۲	۰ eutectic
۳۶۱	۱۸۳	۳۷۸	۱۹۲	۳۰	۷۰	۷۰

۳ــ۱ــ۵ــ روش اجرای لحیم‌کاری: روش‌های زیادی را می‌توان برای لحیم‌کردن یک یا چند قطعه بکار برد. برای حصول به یک نتیجه خوب لحیم‌کاری باید به نکات زیر توجه کرد :

۱ــ قطعاتی را که می‌خواهیم با یکدیگر لحیم کنیم باید به‌طریقه شیمیایی یا مکانیکی کاملاً تمیز کنیم.

۲ــ پوشش‌های اکسیدی ــ گریس ــ ناخالصی‌ها و غیره باید به وسیله تمیز کردن از بین رفته باشند.

۳ــ قطعات مورد نظر متناسب با شرایط لحیم باید گرم شوند.

۴ــ قطعات را باید کاملاً جفت و جور کرده و به وسیله گیره دستی و غیره آنها را بست تا زمانی که عمل لحیم‌کاری به اتمام برسد.

۵ــ بکار بردن فلاکس[1] صحیح و تازه که از نظر شیمیایی حتی‌المقدور خالص باشد.

۶ــ مفتول لحیم فقط به وسیله حرارت ذوب شود.

۷ــ عملیات لحیم‌کاری را تا حدّ ممکن باید بسرعت انجام داد.

۸ــ بکاربردن مفتول لحیم بیش از حد غیر اقتصادی و از لحاظ عمل نادرست است.

۹ــ بعد از اتمام عمل لحیم‌کاری قطعه یا قطعات را باید با آب نیم گرم شسته تا فلاکس‌های باقی مانده از بین بروند.

۱۰ــ اگر از محلول‌های شیمیایی استفاده گردد بعد از تمیز شدن قطعه باید آنها را شست و کاملاً خشک کرد.

---

* American Society for Testing and Materials

۱ــ روانساز

۱۱ــ اگر از وسایل مکانیکی استفاده می‌شود (سوهان ــ برس سیمی ــ پشم فلزی ــ پشم فولاد ضد زنگ) این وسائل باید کاملاً تمیز باشند.

۱۲ــ چنانچه پس از اتمام لحیم‌کاری مشاهده کردید که قطعات جابجا شده‌اند (در صورتیکه از قید و بند استفاده شده باشد) باید بدانید که در ناحیه لحیم‌شده ترک ایجاد شده است.

۱۳ــ بعضی اوقات لازم است که برای جابجا نشدن قطعات از فیکسچر استفاده کرد و باید مطمئن شد کــه در حین اجـرای لحیم‌کاری قطعات جابجا نمی‌شوند.

۱۴ــ برای تمیز نگـه داشتن فـلاکس باید مطمئن شویم که در قـوطی محتوای فـلاکس در مواقعی که از آن استفاده نمی‌گردد بسته باشد و بـه مقداری کـه بـرای لحیم‌کـاری نیاز دارید از آن برداشته و دومرتبه در آن را محکم ببندید.

۱۵ــ برس سیمی یا پشم فلزی یا قاشقک فلزی، که با آن فلاکس را برمی‌دارید، بعد از انجام هر کار آنها را شسته و کاملاً خشک کنید.

۱۶ــ درزهای موجود بین قطعات باید بسیار کم باشد تا اثر (مویینگی[1]) را حفظ کند این فواصل در حدود ۰/۰۷۶mm است.

۱۷ــ در استفاده از تولرانس یا درزهای بزرگ امکـان متوقف شدن اثر مویینگی در بین راه زیاد است.

۱۸ــ اگر درز یا لقی زیاد باشد و ما آن را از لحیم پر کنیم برخلاف انتظار استحکام و مقاومت اتصال کم می‌گردد.

۴ــ۱ــ۵ــ نکات ایمنی در لحیم‌کاری : در آلیاژهای لحیم و فلاکس‌هایی که محتوی بعضی از مواد سمی است، باید مسائل ایمنی را بطور کامل رعایت کرد. کتابچه ایمنی که انجمن AWS تحت عنوان Z۴۹/۱ــ۹۴ منتشر کرده کارکردن با این مواد را محدود کرده است یعنی این که یک کارگر بطور مداوم نباید با این مواد کار کند (PEL).[2]

آنتیموان	کُرم	جیوه
ارسنیک	کبالت	نیکل
باریوم	مس	سلنیوم
برلیوم	سرب	نقره
کادمیوم	منگنز	وانادیوم
	اُزُن	

آلیاژ لحیم یا فلاکس‌ها ممکن است محتوی یکی از عناصر فوق باشد که برای سلامتی زیان آورند و در این مورد محیط کار یا کارگاه باید از یک سیستم تهویه هوای خوب برخوردار باشد.

۲ــ۵ــ بریزینگ (لحیم سخت) و برنج‌جوش

دو روش جوشکاری یکسان وجود دارد که عملیات آنها مشابه هم می‌باشد، و عبارتند از :

۱ــ بریزینگ یا لحیم سخت

۲ــ برنج‌جوش (مس جوش)

بریزینگ و بـرنج‌جوش روشی است بـرای اتصال قطعات فـلـزی کـــه سیم‌جـوش در آنـــهـــا در دمـــای بیش ۴۵۰°C می‌شوند.

انجمن AWS این دو روش را به صورت زیر تعریف می‌کند.

بریزینگ ــ یک روش جوشکاری است که در هم‌آمیختگی فلز به وسیله حرارت مناسب انجام می‌شود و نقطه ذوب سیم‌جوش آن بیش از ۴۵۰°C و کمتر از شروع نقطه ذوب فلز قطعه کار است مذاب سیم‌جوش اثر فیزیکی مویینگی دارد که در لابلای درز و شکاف اتصال جاری می‌گردد.

برنج‌جوش ــ یک روش جوشکاری است مانند بریزینگ کـه نقطه ذوب سیم‌جـوش آن بیش از ۴۵۰°C و کـمتر از شروع نقطه ذوب فلز قطعه کار است با این اختلاف که سیم‌جوش در این روش از خاصیت فیزیکی مویینگی برخوردار نمی‌باشد.

بریزینگ و برنج جوش از قرن‌ها پیش در آهنگری ــ جواهرسازی و غیره بکار می‌رفته و این روش بطور یکنواخت در دو جهت پیشرفت نموده است :

۱ــ کاربرد وسیع یا حجم زیاد ساخته‌ها و عمومی شدن این

۱ــ اثر کشیده شدن مایع در درز یا لوله موئین Capitlary Action

۲ــ PEL = Low Permissible Exposure Levels

تکنیک در اکثر رشته‌های صنعت.

۲ــ با پیشرفت علوم شیمی ــ فیزیک و متالورژی بریزینگ نیز علمی‌تر و کاربردی‌تر شد. برای اجرای بریزینگ و برنج‌جوش می‌توان از شعله اکسی استیلن و اکسیژن و گاز مایع (LP)[1] استفاده کرد. اصطلاح بریزینگ نیز به معنای استفاده کردن از فلزات رنگین در جوشکاری است.

آلیاژهای غیرآهنی یا رنگین محتوی مس ــ قلع ــ روی ــ آلومینیوم ــ برلیوم ــ منگنز ــ نقره ــ طلا و ... می‌باشند.

برنج ــ برنج آلیاژی است که از ترکیب کردن مس و روی به دست می‌آید.

بُرنز ــ برنز آلیاژی است که از ترکیب مس و قلع به دست می‌آید.

جنس اغلب سیم‌جوش‌ها بریزینگ و برنج‌جوش برای فولادها برنج است.

۱ــ ۲ــ۵ــ روش جوشکاری بریزینگ و برنج‌جوش:

بریزینگ یک پیوستگی است که بین دو قطعه فلز ایجاد می‌شود. این پیوستگی به وسیله حرارت بیش از C ۴۵۰ و جذب مولکول‌های سیم‌جوش به وسیله مولکول‌های فلز قطعه کار صورت می‌پذیرد اتصالی که از طریق بریزینگ انجام می‌شود مقاوم‌تر از اتصال‌های لحیم‌کاری است و در شرایط خاصی مقاومت کششی آن برابر مقاومت کششی یک اتصال جوش‌خورده می‌گردد.

بریزینگ در چند مورد نسبت به جوش از مزایای بهتری برخوردار است :

۱ــ پیچیدگی و تاب برداشتن اتصال نسبت به جوش کمتر است.

۲ــ دوفلز غیر هم‌جنس را می‌توان با این روش به هم متصل کرد مانند فولاد و چدن ــ فولاد و مس فولاد ابزار به فولاد کم کربن و غیره.

۳ــ سهولت اجراء

بریزینگ در قطعاتی انجام می‌شود که کاملاً با یکدیگر جُفت (fit) گردند تا بتواند مذاب سیم‌جوش در اثر خاصیت مویینگی به‌لابلای شکاف و درز روان شود.

در جدول ۱ــ۵ میزان لقی دو قطعه کار نسبت به هم داده شده است.

۱ــ LP = Liquefied Petroleum

جدول ۲ــ۵ــ میزان لقی، نوع سیم‌جوش و فلاکس مورد نیاز

	اندازه لقی برحسب mm	نوع سیم‌جوش ــ استاندارد AWS
در اتصال لب روی هم که طول درز کمتر از ۶/۵ میلی‌متر باشد. در اتصال لب روی هم که طول درز بیش از ۶/۵ میلی‌متر است.	۰/۱۵ ــ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ــ ۰/۶۱	گروه BAlSi
از فلاکس‌های معدنی استفاده شود. از فلاکس گازی می‌توان استفاده کرد.	۰/۰۳ــ ۰/۱۲	گروه BCuP
از فلاکس‌های معدنی استفاده شود. از فلاکس گازی می‌توان استفاده کرد.	۰/۰۵ ــ ۰/۱۲ ۰/۰۳ ــ ۰/۰۵	گروه BAg
فلاکس گازی	۰/۰۵ ــ ۰/۱۲ ۰/۰۰ــ ۰/۰۵	گروه BAu
فلاکس‌های معدنی	۰/۰۰ ــ ۰/۰۵	گروه BCu
فلاکس‌های معدنی	۰/۰۵ــ ۰/۱۲	گروه BCuZn
فلاکس معدنی و فلاکس گازی	۰/۱۰ ــ ۰/۲۵	گروه BMg
فلاکس گازی	۰/۰۵ــ ۰/۱۲ ۰/۰۰ ــ ۰/۰۵	گروه BNi

B = Brazing

BAlSi = فقط آلومینیوم و سیلیکون

BCuP = فقط آلیاژ مس و فسفر

BAg = عنصر اصلی نقره است

BAu = عنصر اولیه طلا است

BCu = عنصر اولیه آلیاژ مس است

BCuZn = آلیاژ مس و روی

BMg = عنصر اولیه منگنز است

BNi = عنصر اولیه نیکل است

۲ــ۲ــ۵ــ فلاکس (روانساز) لحیم سخت: انجمن AWS فلاکس را بدین صورت تعریف می‌کند : موادی که بتوانند از اکسیده شدن جلوگیری کنند و ناخالصی‌های مضر را از مذاب و سطوح خارج یا اینکه آنها را در خود حلّ نمایند.

فلاکس بریزینگ یا برنج‌جوش باید چنان ترکیبی باشد که بتواند سیم‌جوش و فلز مبنا را در حین عمل جوشکاری تمیز کند و از نظر شیمیایی تمیز باشد. اکثر سازندگان در روی قوطی محتوای فلاکس مارک C.P. را حک می‌کنند.

ذرات فلاکس معمولاً محتوی کلریدها ــ فلوریدها ــ براکس ــ فلئوبوریت ــ بوریت ــ اسیدبوریک و آب می‌باشد. درصد مواد فلاکس‌ها برای کارهای متفاوت متغیر است و انجمن AWS فلاکس‌ها را در ۵ گروه تقسیم‌بندی کرده است (جدول ۳ــ۵).

جدول ۳ــ۵ــ فلاکس‌های مختلف مورد استفاده در لحیم سخت

نوع ترکیب فلاکس	نوع فلاکس	درجه حرارت برای بریزینگ C	نوع سیم‌جوش	جنس قطعه کار
کُلریدها ــ فلوریدها	FB۱ ــ A	۵۳۸ ــ ۶۱۵	BAlSi	آلیاژهای آلومینیوم
	FB۱ ــ B		BAlSi	
	FB۱ ــ C		BAlSi	
کلریدها ــ فلوریدها	FB۲ ــ A	۴۸۲ ــ ۶۲۱	BMg	آلیاژ منیزیم
کُلرید ــ فلورید ــ بوریت	FB۳ ــ A	۵۶۵ ــ ۹۲۷	BAg,BCuP	آلومینیوم برنز آلومینیوم برنج آهن یا نیکل همراه با آلومینیوم یا تیتانیوم
	FB۳ ــ C			
اسید بوریک ــ فلئوبوریت ــ بوریت	FB۳ ــ D	۷۳۲ ــ ۱۲۰۳	BCu	بقیه آلیاژها بجز آلیاژهای فوق
	FB۳ ــ H		BAg	
	FB۳ ــ I		BNi	
	FB۳ ــ J		BAu	
	FB۳ ــ K		RBCuZn	
اسید بوریک ــ فلئوبوریت ــ بوریت	FB۳ ــ E	۵۶۵ ــ ۸۸۶	BCuP	
	FB۳ ــ F			
	FB۳ ــ G			
	FB۴ ــ A			

۳ــ۲ــ۵ــ روش اجرای بریزینگ:

۱ــ برای این‌که خاصیت موئینگی به‌خوبی انجام شود باید اولاً لقی بین قطعات بسیار کم باشد و در ثانی محل بریزینگ عاری از جرم ــ روغن و غیره باشد.

۲ــ عمل تمیز کردن نیز در حین انجام بریزینگ باید صورت پذیرد.

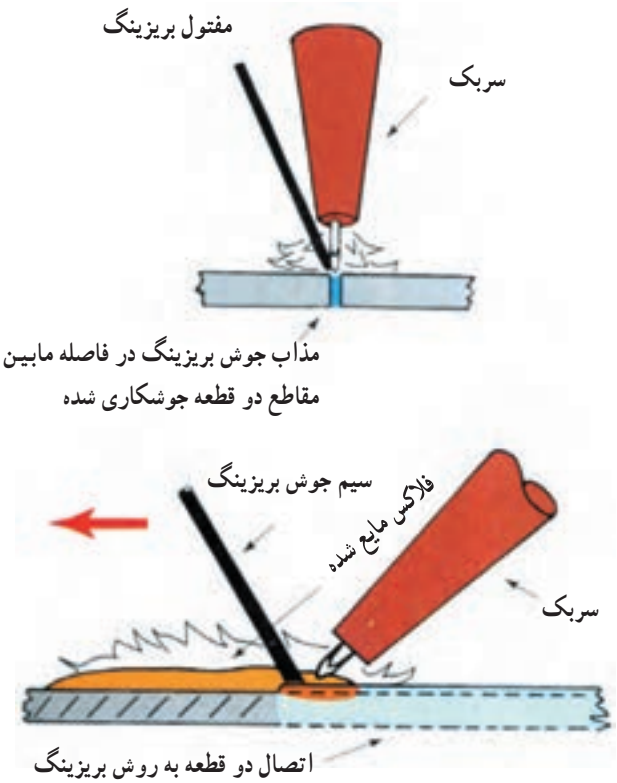
۳ــ تمیز نمودن قطعات را می‌توان هم با عملیات مکانیکی و هم با استفاده از محلول شیمیایی انجام داد.

۴ــ در سطوحی که آثار روغن یا گریس باشد هرگز از روش مکانیکی برای تمیز کردن استفاده نکنید زیرا روغن و گریس در عمق خلل و فرج‌های ریز سطح فرو می‌رود. برای تمیز کردن این‌نوع سطوح از محلول‌های شیمیایی استفاده کنید.

۵ــ اگر از روش‌های مکانیکی استفاده می‌کنید پس از تمیز شدن فلز آن‌را با آب شسته و کاملاً خشک نمایید.

۶ــ برای انتخاب سیم جوش، اندازه و لقی و غیره به جدول ۲ــ۵ مراجعه نمایید.

در شکل ۱ــ۵ روش اجرای بریزینگ نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۵ــ روش اجرای بریزینگ

۴ــ۲ــ۵ــ سیم‌جوش برنج: اتصالاتی که از طریق سیم‌جوش برنج جوش داده می‌شوند اولاً خاصیت چکش‌خواری آن‌ها زیاد است و در ثانی از مقاومت کششی خوبی برخوردارند (۳۵۰ MPa).

همان‌طوری‌که اشاره شد برنج، آلیاژیست از مس و روی ولی در سیم‌جوش برنج درحدود ۱درصد سلیکون وجود دارد که نقش اکسیدزدایی را به‌عهده دارد.

در سیم جوش‌های برنج علاوه بر مس و روی ممکن است عناصری مانند آهن ــ منگنز ــ قلع وجود داشته باشد. هرچند که درصد این عناصر بسیارکم است ولی در جوش تولید اکسید می‌کند و سلیکون از اکسیدهای این عناصر جلوگیری می‌نمایند.

نقش دیگر سلیکون این است که به‌صورت یک قشر نازک در روی سطح مذاب قرار می‌گیرد و از تجزیه شدن روی جلوگیری می‌کند.

جلوگیری از تجزیه یا بخار شدن روی دو فاکتور اساسی را دربر دارد :

۱ــ چنانچه تعدادی از درصد روی که در آلیاژ است تجزیه شود رنگ برنج تغییرکرده و به سرخی گرایش پیدا می‌کند.

۲ــ بخار روی برای انسان مضر است و به همین دلیل در هنگام جوشکاری باید از ماسک‌های دهنی استفاده کرد.

فلاکس برنج‌جوش: برای جوش برنج، به‌کار بردن پودر روانساز ضروری‌ست، زیرا از اکسیداسیون و تجزیه روی جلوگیری می‌کند و در چدن‌ها نقش برطرف کردن گرافیت را

دارد.

مواد فلاکس به‌طور نسبی عبارتند از : بُراکس ــ تترابوریت سدیم ــ اسید بوریک. نقطه ذوب فلاکس در حدود C ۷۳۰ است.

فلاکس برنج جوش هم به‌صورت پودر ــ خمیر ــ و گاز وجود دارد. بعضی از سیم‌جوش‌ها مانند الکترود دارای پوشش فلاکس می‌باشند.

در جدول ۴ــ۵ درصد آلیاژ سیم‌جوش‌های برنج و نقره برای لحیم سخت فلزات و در جدول ۵ــ۵ نوع سیم‌جوش مناسب برحسب فلز قطعه‌کار نشان داده شده است.

جدول ۴ــ۵ــ انواع لحیم‌های سخت، مواد تشکیل دهنده، 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	LCuP۸	فسفر ۸ درصد مس ۹۲ درصد	۷۱۰	برای کارهای مس و کارهایی که فشار و کشش کم باشد.
لحیم برنج ــ نقره	LMsAg	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	LMs۴۲	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	LMs۴۸	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	LMs۵۴	مس ۵۵ درصد روی ۴۴ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۸۹۰	برای مس و آلیاژهای آن ــ فولاد و چدن سیاه.
لحیم برنج ۶۰	LMs۶۰	مس ۶۰ درصد روی ۳۸ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۹۰۰	برای مس و آلیاژهای آن ــ فولاد و چدن سیاه.
لحیم برنج ۸۵	LMs۸۵	مس ۸۶ درصد روی ۱۳ درصد سیلیس ۰/۴ درصد	۱۰۲۰	مس و آلیاژهای آن ــ فولاد و چدن سیاه.
لحیم مس	Cu	مس الکترولیت	۱۱۰۰ ۱۱۵۰	قطعات فولادی که تحت فشار زیاد باشند. قطعات فلزات سخت (روی فولاد چسباندن)

ادامه جدول ۴ــ۵ــ منتخبی از مواد لحیم سخت، طبق استاندارد "DIN 8513 "

گروه	علامت اختصاری	ترکیب اجزاء آلیاژ به درصد وزن	حرارت کار به C	کاربرد
مواد لحیمی سخت Ag - Cu - Cd	L – Ag۶۷Cd	Ag ≈ ۶۷, Cu ≈ ۱۱ Cd ≈ ۱۰, Zn بقیه	۷۱۰	فلزات اصیل
	L – Ag۵۰Cd	Ag ≈ ۵۰, Cu ≈ ۱۵ Cd ≈ ۱۷, Zn بقیه	۶۴۰	فلزات اصیل، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص (زنگ نزن)
	L – Ag۴۵Cd	Ag ≈ ۴۵, Cu ≈ ۱۷ Cd ≈ ۲۰, Zn بقیه	۶۲۰	فلزات اصیل، پوشش طلا روی آلیاژهای مس، آلیاژهای مس، فولاد مخصوص
مواد لحیمی سخت Ag- Cu-Zn	L – Ag۳۰Cd	Ag ≈ ۳۰, Cu ≈ ۲۸ Cd ≈ ۲۱, Zn بقیه	۶۸۰	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای مس
	L – Ag۸۳	Ag ≈ ۸۳, Zn ≈ ۲ Cd بقیه	۸۳۰	فلزات اصیل
	L – Ag۶۷	Ag ≈ ۶۷, Cu ≈ ۲۳ Zn بقیه	۷۳۰	
	L – Ag۶۰Sn	Ag ≈ ۶۰, Cu ≈ ۲۳ Sn ≈ ۳, Zn بقیه	۶۸۰	
	L – Ag۲۵	Ag ≈ ۲۵, Cu ≈ ۴۱ Zn بقیه	۷۸۰	فولاد، چدن سخت، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل
مواد لحیمی سخت ویژه Ag	L – Ag۸۵	Ag ≈ ۸۵ Mn بقیه	۹۶۰	فولاد، نیکل، آلیاژهای نیکل
	L – Ag۷۲	Ag ≈ ۷۲ Cu بقیه	۷۸۰	مس، آلیاژهای مس و نیکل
	L – Ag۲۷	Ag ≈ ۲۷, Cu ≈ ۳۸ Mn ≈ ۱۰, Zn ≈ ۲۲ حداکثر	۸۴۰	فلز سخت روی فولاد، مواد خام تنگستن و مولیبدن

جدول ۵ــ۵ــ مشخصات سیم‌جوش برحسب فلز قطعه‌کار

	آلیاژهای Al & Al	آلیاژهای Mg & Mg	آلیاژهای Cu & Cu	فولادهای کربنی و کم آلیاژ	چدن	فولادزنگ‌نزن	آلیاژهای Ni&Ni
آلیاژهای Al & Al		BAlSi					
آلیاژهای Mg & Mg	X	BMg					
آلیاژهای Cu & Cu	X	X	BAg, BAu, BCuP, RBCuZn				
فولادهای کربنی وکم‌آلیاژ	BAlSi	X	BAg, BAu, RBCuZn	BAg, BAu, BCu, RBCuZn, BNi			
چدن Cast iron	X	X	BAg, BAu, RBCuZn	BAg, RBCuZn	BAg, RBCuZn, BNi		
فولاد زنگ نزن Stainless Steel	BAlSi	X	BAg, BAu,	BAg, BAu, BCu, BNi	BAg, BAu BCu, BNi	BAg, BAu, BCu, BNi	
آلیاژهای Ni & Ni	X	X	BAg, BAu, RBCuZn	BAg, BAu, BCu, RBCuZn, BNi	BAg, BCu, RBCuZn	BAg, BAu, BCu, BNi	BAg, BAu, BCu, BNi
آلیاژهای Ti & Ti	BAlSi	X	BAg	BAg	BAg	BAg	
آلیاژها(فلزات واکنش‌دار) Be , Zr	X BAlSi (Be)	X	BAg	BAg, BNi	BAg, BNi	BAg, BNi	BAg, BNi
آلیاژها (فلزات مقاوم) W , Mo , TaCd	X	X	BAg	BAg, BCu BNi	BAg, BCu, BNi	BAg, BCu, BNi	BAg, BCu, BNi
فولادهای ابزاری Tool Steels	X	X	BAg, BAu, RBCuZn, BNi	BAg, BAu, BCu, RBCuZn,BNi	BAg, BAu, BCuZn, BNi	BAg, BAu, BCu, BNi	BAg, BAu, BCu, RBCuZn, BNi

فلزات پر کننده Filler metals

BAlSi آلومینیم سیلیکون

BAg پایه نقره

BAu پایه طلا

BCu مس

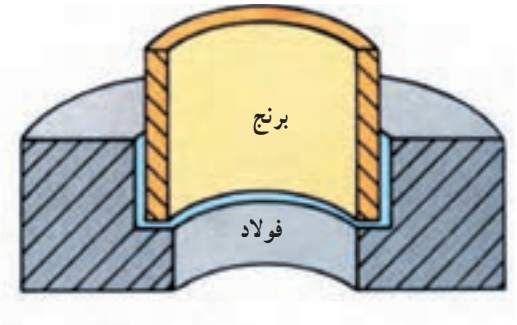
BCuP مس فسفری

RBCuZn روی مس

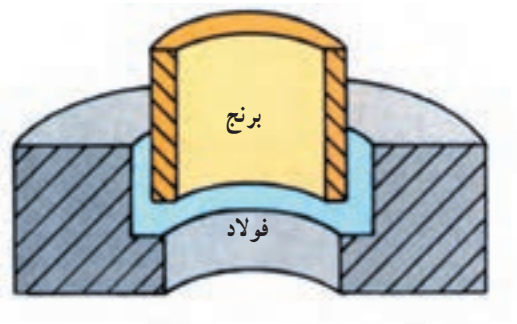
BMg پایه منیزیم

Nickel bace پایه نیکل

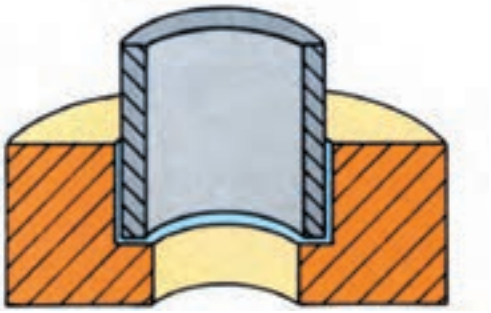
۵ــ۲ــ۵ــ اتصالات در لحیم سخت: برای اتصال قطعات مختلفی نظیر فولاد، برنج، مس و ... به‌یکدیگر از لحیم سخت می‌توان استفاده کرد. در شکل ۲ــ۵ تعدادی از این اتصالات نشان داده شده است.



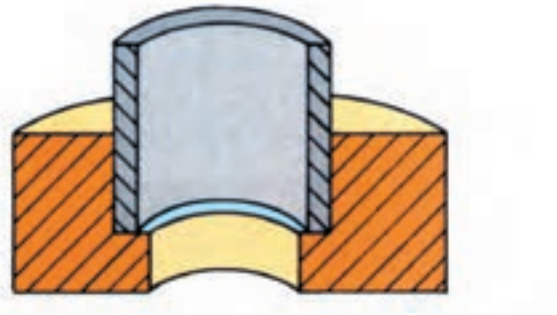
در دمای بریزینگ فاصله عادی می‌شود.



در دمای اتاق فاصله‌ای وجود دارد.



در دمای بریزینگ فاصله عادی می‌شود.



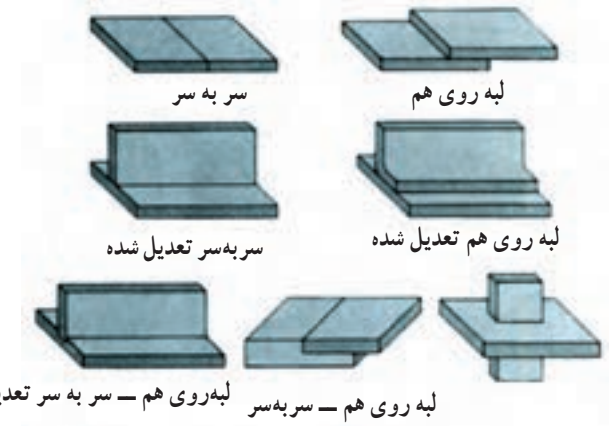
در دمای اتاق چسبیده به هم هستند.

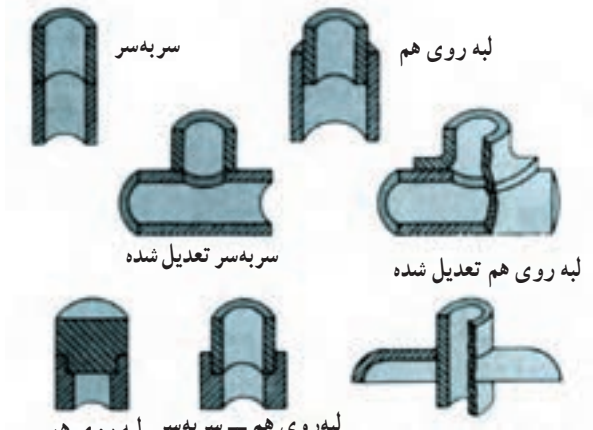
سطوح جفت شده در تمام سطح اتصال موازی نگه داشته شوند تا آلیاژ به‌طور یکنواخت جریان یافته و مقاومت حداکثر شود.

اتصال‌های جفت شده باعث اتلاف آلیاژ لحیم سخت شده و ممکن است مقاومت را کاهش دهد.

هم راستایی صحیح در اتصال‌های لوله‌ای باعث اطمینان از مقاومت بالا می‌شود.

نداشتن راستای صحیح باعث اخلال در عمل مویینگی شده مقاومت را کاهش می‌دهد و آب‌بندی را مشکل می‌کند.





شکل ۲ــ۵ــ اتصالات فلزات مختلف به روش لحیم سخت

۶ــ۲ــ۵ــ دستور کار شماره ۱ــ نقطه جوش:

۱ــ برای تمرین عملی یک قطعه ورق فولاد کم‌کربن ۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید (شکل ۳ــ۵).

۲ــ سطح ورق را با برس سیمی بخوبی پاک و تمیز کنید.

۳ــ سرمشعلی را انتخاب کنید که اندازه آن یک شماره کوچک‌تر از اندازه‌ای باشد که در جوشکاری بکار می‌برید.

۴ــ مقداری از پودر برنج را که در قوطی است در ظرف فلزی کوچکی بریزید و در قوطی را محکم ببندید.

۵ــ شعله خنثی را تنظیم کنید و سپس کمی شیر اکسیژن را بیشتر باز کنید تا شعله کمی گرایش به اکسیدکنندگی داشته باشد.

۶ــ نوک سیم‌جوش را کمی با شعله حرارت دهید و در پودر (فلاکس) فرو ببرید تا پودر به اطراف سیم‌جوش بچسبد.

۷ــ با شعله سطح ورق را کمی حرارت دهید.

۸ــ در امتداد یک خط مستقیم نقطه‌هایی را مطابق شکل۳ــ۵ جوش دهید.

۹ــ به رنگ فلز مبنا در هنگام جوش دادن توجه کنید.

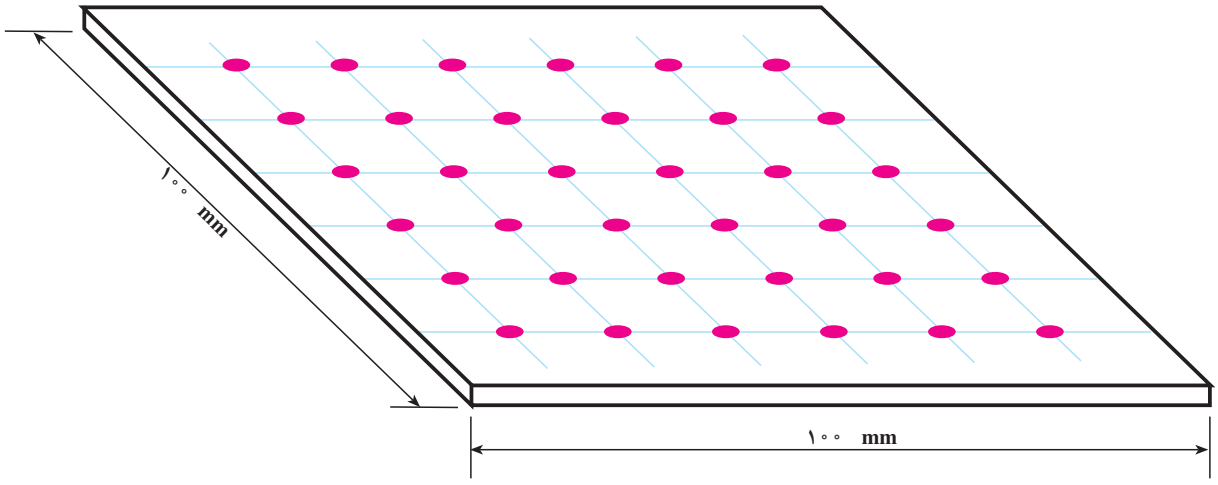
۱۰ــ در نقطه‌ای که می‌خواهید جوش دهید رنگ آن قسمت باید قرمز تیره شود (حدود ۷۰۰ C)

۱۱ــ اگر درجه حرارت فولاد بیشتر شود رنگ قرمز آن روشن‌تر می‌شود که باعث تجزیه سیم‌جوش می‌گردد.

۱۲ــ نوک سیم‌جوش را در محل سرخ تیره شده قرار دهید و با مشعل کمی از آن‌را ذوب کنید.

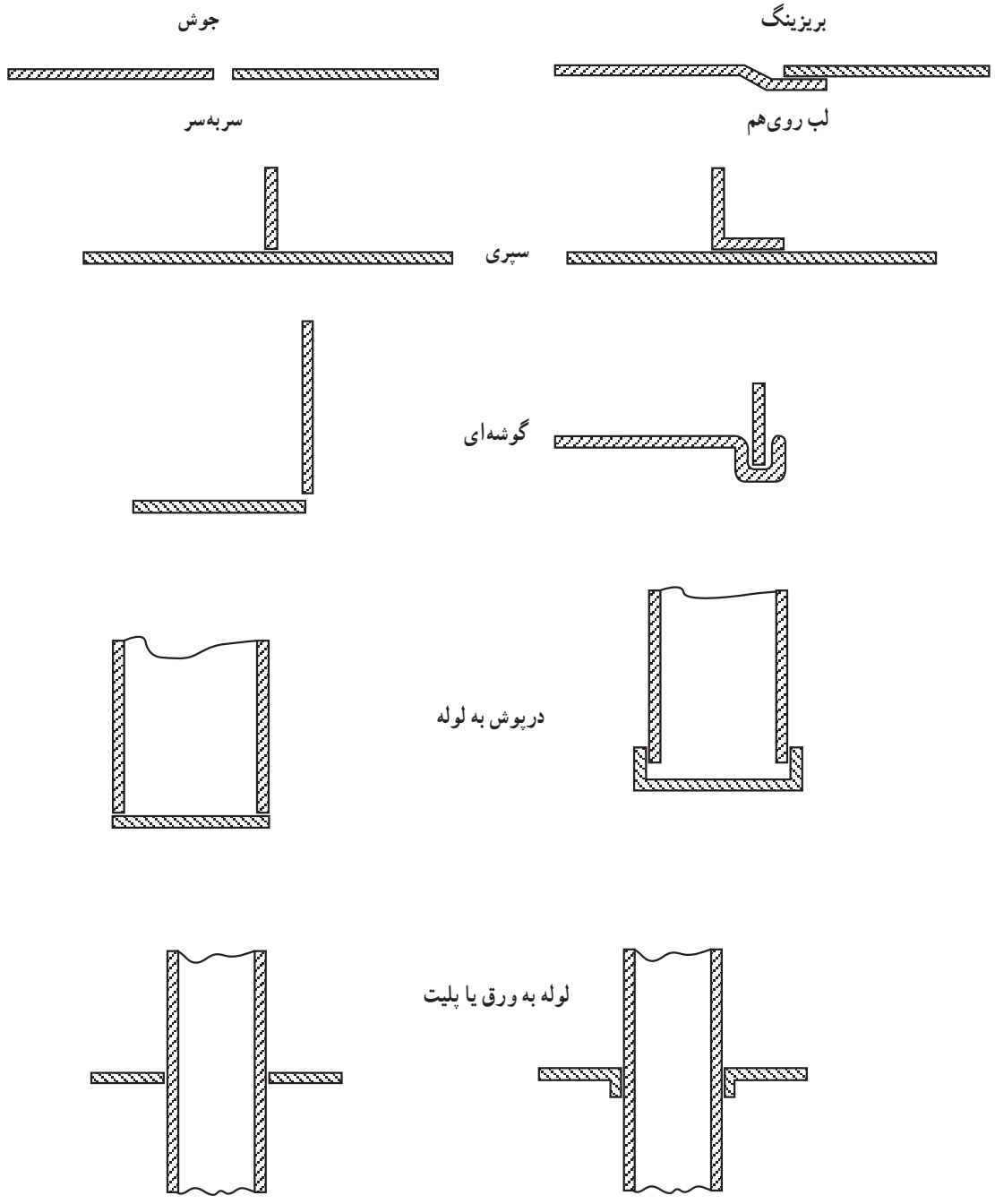
۱۳ــ سعی کنید قطر هر نقطه جوش برنج در حدود ۵ میلی‌متر باشد.

۱۴ــ چنانچه در اطراف نقطه جوش‌ها گرد سفیدی مشاهده کردید علت آن درجه حرارت بیش از اندازه می‌باشد.



شکل ۳ــ۵ــ نقشه کار شماره ۱

۷ــ۲ــ۵ــ مقایسه اتصالات در جوش و بریزینگ یا برنج جوش: همان‌طور که در شکل ۴ــ۵ مشاهده می‌شود نوع اتصال در جوش و بریزینگ کمی با هم اختلاف دارد. در بریزینگ فضای مشترک بین دو قطعه بزرگ‌تر از فضای مشترک در اتصال جوشکاری می‌باشد.



شکل ۴ــ۵ــ مقایسه روش اتصال در بریزینگ و جوش

۸ــ۲ــ۵ــ دستور کار شماره ۲ ــ برنج‌جوش:

۱ــ ۵ قطعه ورق ۱/۵ میلی‌متر به ابعاد ۱۰۰×۵۰mm انتخاب کنید.

۲ــ سطح ورقه‌ها را اول با برس سیمی و سپس با کاغذ سمباده یا سوهان نرم تمیز کنید.

۳ــ ورق‌ها را بعد از تمیز کردن شسته و بلافاصله خشک

کنید.

۴ــ سرمشعلی را انتخاب کنید که شماره آن کوچک‌تر از اندازه‌ای باشد که در جوشکاری ورق ۱/۵ میلی‌متر از آن استفاده می‌کردید.

۵ــ مطابق با روش جوشکاری فشار کاری اکسیژن و استیلن را تنظیم کنید.

۶ــ ورق‌ها را مطابق شکل ۵ــ۵ روی‌هم قرار دهید.

۷ــ با استفاده از دو ورق اضافی با کمک گیره‌دستی آن‌ها را محکم کنید و اطمینان حاصل نمائید که در حین انجام برنج‌جوش ورق‌ها حرکت نکنند.

۸ــ شعله خنثی را تنظیم کنید و سپس کمی شیر اکسیژن را بیشتر باز کنید تا شعله گرایش به اکسیدکنندگی داشته باشد.

۹ــ نوک سیم جوش را کمی حرارت داده و در پودر برنج جوش فرو برید تا پودر به سیم جوش بچسبد.

۱۰ــ درز سر تا سر ورق را کمی حرارت دهید.

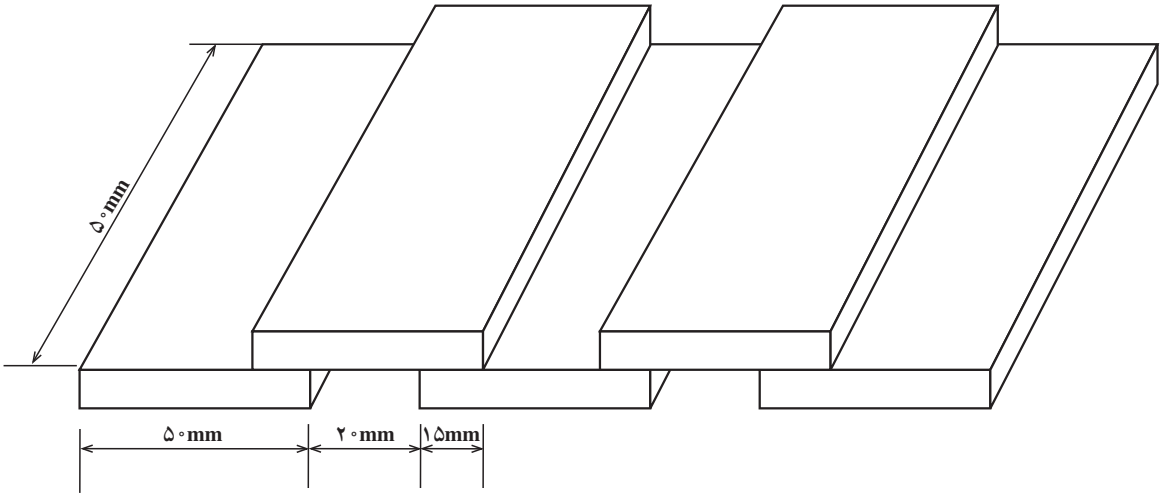
۱۱ــ مقداری از سیم‌جوش را در ابتدای درز ذوب کنید و توجه داشته باشید که رنگ فلز مبنا از حالت قرمز تیره‌رنگ روشن‌تر نشود.

۱۲ــ سیم‌جوش را کنار برده و با مشعل از فاصله حدود ۲۰ میلی‌متر سعی کنید مذاب سیم‌جوش را در امتداد درز جاری سازید.

۱۳ــ بعد از این‌که احساس کردید مذاب جاری نمی‌شود به‌همان ترتیب، قبل دوباره سیم‌جوش را اضافه کنید و با مشعل آن‌را در امتداد درز روان کنید.

۱۴ــ توجه کنید که جاری شدن مذاب سیم‌جوش به‌وسیله حرارت و فشار شعله انجام می‌شود در حالی که در بریزینگ روان شدن مذاب در اثر حرارت و خاصیت مویینگی می‌باشد.

۱۵ــ اگر بعد از اتمام کار گردهای سفید رنگی را در اطراف جوش مشاهده کردید بدانید که علت آن استفاده از حرارت زیاد است.



شکل ۵ــ۵ــ طریقه قرار دادن قطعات کار

۹ــ۲ــ۵ــ قابلیت جوشکاری لوله‌ها: قابلیت جوشکاری یعنی این‌که بتوان فلزی را جوش داده بدون این‌که در جوش یا نواحی مجاور آن ترک ایجاد شود.

در مورد لوله‌های فولادی اندازه زاویه و پخ می‌تواند در اندازه تنش‌ها بسیار مؤثر باشد امّا در مورد لوله‌های غیرآهنی فقط مقدار تنش باقیمانده مطرح می‌باشد که می‌توان با دقت عمل در مورد زاویه و پخ آن را به حداقل رسانید و اگر احیاناً ترک شکل بگیرد باید بدانیم که علت آن ناشی از تغییرات متالورژیکی نیست و فقط معلول اندازه زاویه یا پخ می‌باشد. از این‌رو آنچه در مورد جوشکاری لوله‌های غیرآهنی مطرح می‌شود دقت عمل در اندازه لقی، فاصله و پخ بین دو لوله می‌باشد.

نکاتی چند درباره لوله‌های مسی: آلیاژهای متنوع مس

و هدایت حرارتی و الکتریکی زیاد و نیز روانی مذاب آن می‌تواند در قابلیت جوشکاری یا بریزینگ آنها مؤثر باشد. یک‌نوع مس به نام «تاف پیچ» در دمای حدود C ۷۰۰ و در محیطی که دارای هیدروژن باشد حباب‌های گازی شکل در دماهای بالا تولید می‌کند که قابلیت جوشکاری مناسبی ندارد اما بقیه آلیاژها قابلیت جوشکاری دارند بخصوص اتصال آن‌ها از طریق بریزینگ بسیار متداول می‌باشد زیرا نسبت به جوشکاری از مزایای بیشتری برخوردار است.

۱ــ در جوشکاری مشکلات عدیده‌ای از جمله مسائل متالورژیکی بوجود می‌آید در حالی که این مشکلات در بریزینگ تقریباً وجود ندارد.

۲ــ در بریزینگ رقیق شدن ناحیه جوش بسیار کم است (تغییرات بافت آلیاژی).

۳ــ در بریزینگ فلز جوش هیچ‌گاه به دمای بحرانی نمی‌رسد.

۴ــ پیچیدگی و تاب برداشتن اتصال نسبت به جوش بسیار کم است.

۵ــ در بریزینگ از سیم جوش‌های متفاوتی می‌توان استفاده کرد. از این‌رو عمل بریزینگ با هر درجه حرارتی انجام می‌گیرد.

۶ــ دامنه تنش‌های انبساطی و انقباضی نسبت به جوش بسیار کم‌تر می‌باشد.

۷ــ بریزینگ را می‌توان در تولیدهای انبوه به‌کار برد.

۸ــ در فلزات غیر هم‌جنس می‌توان از بریزینگ استفاده کرد.

۹ــ در جاهایی که ناحیه اتصال می‌تواند قابل رؤیت نباشد.

۱۰ــ۲ــ۵ــ دستور کار شماره ۳ ــ اتصال دو لوله مسی به‌طریقه بریزینگ: برای انجام بریزینگ دو قطعه لوله مسی نکات زیر را انجام دهید.

۱ــ دو لوله مسی به‌قطر داخلی ۲۵ و ضخامت جداره ۱/۵ میلی‌متر و طول ۱۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید.

۲ــ دهانه یکی از لوله‌ها را با استفاده از گشاد کننده‌ی لوله به اندازه‌ای باز کنید تا لبه لوله دیگر در آن جا گرفته کاملاً با هم جفت شوند.

۳ــ لبه لوله بزرگ شده را با سوهان صاف کنید.

۴ــ قسمت داخل و خارج لبه‌ها را با کاغذ سمباده کاملاً تمیز کنید.

۵ــ لبه‌های تمیز شده را با آب نیم‌گرم و صابون بشویید و خشک کنید.

۶ــ لوله‌ها را در داخل هم قرار داده و آن‌ها را در حالت قائم بر روی میز کار نگه دارید به‌طوری‌که لوله بزرگ‌تر در پایین قرار گیرد.

۷ــ از سرمشعل مخصوص بریزینگ استفاده کنید.

توجه ــ سرمشعل‌هایی که در بریزینگ بکار می‌روند با سرمشعلی که در جوشکاری استفاده می‌شود، متفاوت است. سرمشعل‌های جوشکاری در مواقعی که شعله خنثی را با آن می‌سازند نوک شعله تیز است در حالی که در سر مشعل‌های بریزینگ نوک شعله خنثی تیز نیست و قطور می‌باشد.

۸ــ از سرمشعلی استفاده کنید که اندازه آن کمی بزرگ‌تر از سرمشعلی باشد که در جوشکاری بکار می‌رود.

۹ــ مطمئن شوید که در موقع حرارت دادن، لوله بالا در جای خود کج نشود.

۱۰ــ سیم‌جوش را انتخاب و فلاکس مخصوص را مطابق با سیم‌جوش آماده سازید.

۱۱ــ دور تا دور محل اتصال را به‌خوبی گرم کنید.

۱۲ــ کمی از نوک سیم‌جوش را حرارت داده و در پودر

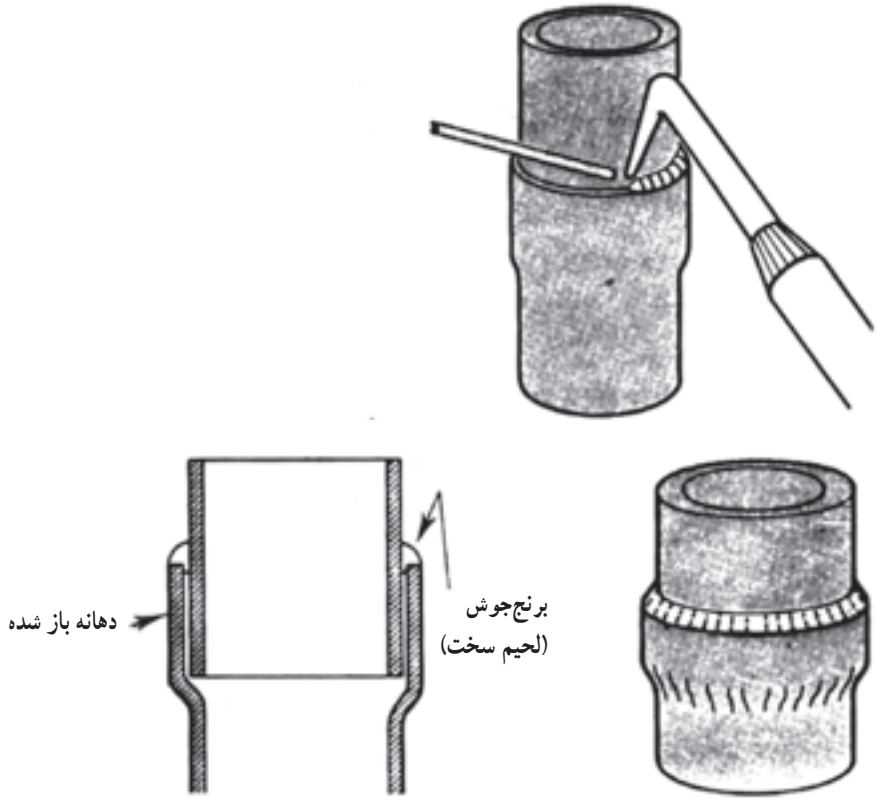
فرو برید تا پودر به نوک سیم‌جوش بچسبد.

۱۳ــ نوک سیم‌جوش را در یک نقطه از اتصال قرار دهید و با کمک شعله آن‌را ذوب نمایید.

۱۴ــ پس از ذوب شدن نوک سیم‌جوش آن‌را از محل اتصال دور کنید.

۱۵ــ با کمک شعله سعی کنید که سیم‌جوش ذوب شده در تمام طول شکاف یا شیار حرکت کند و هرگاه احساس کردید که مقدار سیم‌جوش ذوب شده برای بقیه شکاف کافی نیست دوباره سیم‌جوش را در محل درز قرار داده و مطابق آنچه قبلاً گفته شد آن‌را ذوب کنید و با کمک شعله بقیه درز را از سیم‌جوش مذاب پر کنید.

۱۶ــ این تمرین را با سیم‌جوش نقره و سیم‌جوش برنج انجام دهید.



شکل ۶ــ۵ــ جوشکاری دو قطعه لوله مسی

فصل ششم

برشکاری، گاز

پس از پایان این فصل، هنرجو باید بتواند :
۱ــ اصول برشکاری با گاز را توضیح دهد.
۲ــ روش و نحوه برشکاری با گاز را توضیح دهد.
۳ــ انواع گازهای سوختنی مورد استفاده در برشکاری را نام ببرد.
۴ــ ساختمان مشعل برشکاری و سربک‌های آن‌را توضیح دهد.
۵ــ ورقه‌های فلزی را طبق تکنیک (دستور کار شماره ۱) برشکاری نماید.

۶ــ برشکاری با شعله گاز

در حدود ۸۰ سال قبل برای اولین بار برشکاری با مشعل گازی انجام شد و به علت سهولت در کار و برش ضخامت‌های زیاد در فلزات و نیز برش انواع منحنی‌ها این روش بسرعت پیشرفت کرد. از طرفی پایین بودن هزینه کار و فضای کم برای استفاده از دستگاه برش با گاز در مقایسه با ماشین‌های برش تکنیک‌های متعددی را برای برش‌کاری با شعله گاز فراهم می‌نماید.

یکی از پارامترهای مهم در این روش نسبت به انواع دیگر ماشین‌های برشکاری وجود دارد برش‌زدن ضخامت‌های زیاد فلز است. برای مثال می‌توان حدود ۲۰ متر فولاد کم‌کربن با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر را در یک‌ساعت با مشعل دستی برید یا طول ۱۰ متر و ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر را در یک ساعت با مشعل دستی برید. در حالی که اگر بخواهند ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر با گیوتین برش بزنند حجم ماشین باید بسیار بزرگ باشد از این‌رو فضای استفاده از دستگاه‌های برشکاری با مشعل، در مقایسه با دستگاه‌های مکانیکی خیلی کوچک‌تر است. از طرفی برش انواع و اقسام اشکال هندسی با این روش مقدور و میسر می‌باشد.

در حال حاضر دستگاه‌هایی ساخته شده که با آن می‌توان ضخامت حدود ۸۰۰ میلی‌متر و بیشتر (نزدیک به ۱ متر) را برش زد به‌طوری‌که مقدار خطا در این دستگاه‌ها نیز به حداقل می‌رسد.

۱ــ۶ــ روش برشکاری با اکسیژن

برشکاری با گاز اکسیژن یک روش شیمیایی است که می‌تواند تأثیرات متفاوتی در فولاد داشته باشد. برای عمل برشکاری باید دمای فولاد تا سرعت حدود C ۸۰۰ و یا بیشتر برسد. از این‌رو طرح مشعل و نحوه عمل آن مؤثر می‌باشد.

۱ــ۱ــ۶ــ نحوه عمل برشکاری: همه فلزات نقطه ذوب اکسیدشان خیلی بیش‌تر از فلز وابسته به آن‌ها است. برای مثال نقطه ذوب آلومینیوم در حدود C ۶۸۰ است. در حالی‌که نقطه ذوب اکسید آلومینیوم بیش از C ۳۰۴۰ می‌باشد (در حدود ۵ برابر) از این‌رو با روش اکسی‌استیلن نمی‌توان فلز آلومینیوم را برش داد.

در بین تمام فلزات تنها آهن است که اختلاف نقطه ذوب

اکسیدآهن و خود آهن در حدود ۱۰ C است و به همین دلیل و به سهولت می‌توان فولادها را از طریق اکسیژن و یک گاز سوختنی دیگر برید.

برای برشکاری فولادها در ابتدا با استفاده از مخلوط اکسیژن و یک گاز سوختنی دیگر نقطه‌ای را در روی سطح فولاد به دمای حدود ۹۰۰ C می‌رسانند تا به رنگ قرمز روشن درآید و جرقه‌های کوچکی شروع به بلند شدن از روی سطح گداخته شده کند. در این هنگام اکسیژن خالص را به نقطه حرارت دیده می‌دهند تا آهن با اکسیژن ترکیب شده و تولید اکسیدآهن نماید. عمل اکسیداسیون به‌سرعت انجام می‌شود و در اثر فشار اکسیژن خالص که دمیده می‌شود ذرات اکسید آهن از جا بلند شده و بیرون ریخته می‌شود. به همین دلیل با حرکت‌دادن مشعل خط برش شکل می‌گیرد که شکل این برش ناشی از تصویر حرکت مشعل می‌باشد.

دو نوع عملیات در برشکاری با گاز موردنظر می‌باشد :

الف ــ تابیدن شعله حرارت زا بر روی سطح فلز تا رسیدن به رنگ قرمز درخشان (دمای اشتعال)

ب ــ دمیدن گاز اکسیژن فشار قوی بر روی سطح داغ شده تا تولید اکسید آهن مغناطیسی نماید (Fe_3O_4). چون نقطه ذوب اکسیدآهن کمی کمتر از نقطه ذوب آهن است، اکسید ذوب شده با فشار اکسیژن خالص از درون شکاف ایجاد شده بیرون می‌ریزد.

۲ــ۱ــ۶ــ گازهای سوختنی برای برشکاری: از همه گازهای سوختنی می‌توان در برشکاری با اکسیژن استفاده کرد ولی دو فاکتور در استفاده کردن از گازها موثّر می‌باشد :

۱ــ هزینه برشکاری

۲ــ سهولت و ساده بودن تولید مشعل‌های مخصوص برشکاری و نازل یا سرمشعل آن‌ها.

در حال حاضر از گازهای سوختنی زیر برای برشکاری با گاز اکسیژن استفاده می‌شود.

الف ــ استیلن

ب ــ گاز زغال

ج ــ پروپان

د ــ هیدروژن

شعله‌ای که برای پیش گرم کردن به‌کار می‌رود باید دارای دو ویژگی مخصوص باشد :

۱ــ تهیه مقدار کافی انرژی حرارتی که بتواند یک سطح کوچک از فولاد را به‌سرعت به دمای حدود ۸۰۰ C بیشتر برساند.

۲ــ مشعل بتواند مقدار کافی انرژی حرارتی برای پیش‌گرم کردن را به سطح فولاد برساند. به اضافه مقداری انرژی حرارتی که صرف انتقال یا هدایت در فلز می‌گردد (انتقال حرارتی به‌صورت هدایت) و تعادلی بین این دو در یک زمان کوتاه انجام شود.

۲ــ۶ــ مشعل برش

درون مشعل برشکاری لوله گاز سوختنی و اکسیژن از یکدیگر جدا هستند و موقعی که به لوله اختلاط می‌رسند در آن‌جا با هم مخلوط شده به نازل یا سرمشعل برای پیش‌گرمایی هدایت می‌شود تمام این قسمت‌ها به وسیلهٔ لحیم نقره به‌هم وصل می‌گردند.

مشعل علاوه بر لوله اختلاط باید اکسیژن خالص را برای عمل اکسیداسیون از یک لوله جداگانه به سرمشعل برساند.

معمولاً تنه مشعل از برنج زرد و لوله‌ها را از فولاد ضدزنگ می‌سازند. نازل یا سرمشعل را به‌وسیله یک مهره دنده‌دار به بدنه مشعل محکم می‌نمایند. در مشعل‌ها سه شیر تعبیه شده است :

۱ــ شیرگاز سوختنی مانند مشعل جوش

۲ــ شیرگاز اکسیژن مانند مشعل جوش

۳ــ شیر اکسیژن خالص که به‌وسیله یک فنر اتومات بسته می‌شود.

مشعل برشکاری طوری طراحی می‌شود که غالباً می‌توان آن‌را به دسته مشعل جوشکاری وصل کرد و از آن برای برشکاری استفاده کرد. در شکل ۱ــ۶ یک مشعل برشکاری کامل و در شکل ۲ــ۶ مقطع سربک برشکاری و در جدول ۱ــ۶ کاربرد چند نوع سربک برش نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۶ــ چند نوع سربک برش و کاربردها

کاربرد	درجه پیش‌گرم	علامت اختصاری	تعداد منفذهای پیش‌گرم
برای برش مستقیم الخط و دایره‌ای صفحات تمیز	متوسط	۲	
برای برش با زاویه آهن و برش ورق‌ها	سبک	۲	
برای برش دستی سرمیخ پرچ‌ها و برش مورب ۳۰ ماشینی	سبک	۲	
برای برش مستقیم الخط و شکل‌دار صفحات تمیز	سبک	۴	
برای صفحات رنگی و گردوخاکی	متوسط	۸ و ۶ و ۴	
برای برش چدن و آماده نمودن جوشکاری Vs	سنگین	۶	
برای برش عمومی، هم‌چنین برای برش چدن و فولاد زنگ‌نزن	خیلی سنگین	۶	
برای درآوردن شیار ماشین کاری با شعله، کندن و برداشتن جوش‌های ناقص	متوسط	۶	
برای ایجاد شیار کندن و برداشتن جوش‌های ناقص	متوسط	۶	
برای برش ماشینی مورب ۴۵ و برش دستی سرهای پرچی	متوسط	۳	
سوراخ‌های برش خزینه‌ای برای تأمین جریان اکسیژن زیاد در سرعت کم برای برداشتن سرمیخ پرچ	سنگین	۶	

۱ــ۲ــ۶ــ دستور کار شماره ۱ ــ برشکاری: یک صفحه آهنی به ابعاد ۴/۰ . ۱۵ . ۲۰ سانتی‌متر را انتخاب کرده، و براساس نکات گفته شدهٔ زیر آن را برشکاری کنید.

۱ــ سطوح آن را از گریس و روغن تمیز نمایید.

۲ــ شعله پیش‌گرم‌کن را به طور قائم بالای لبه ورق نگهدارید.

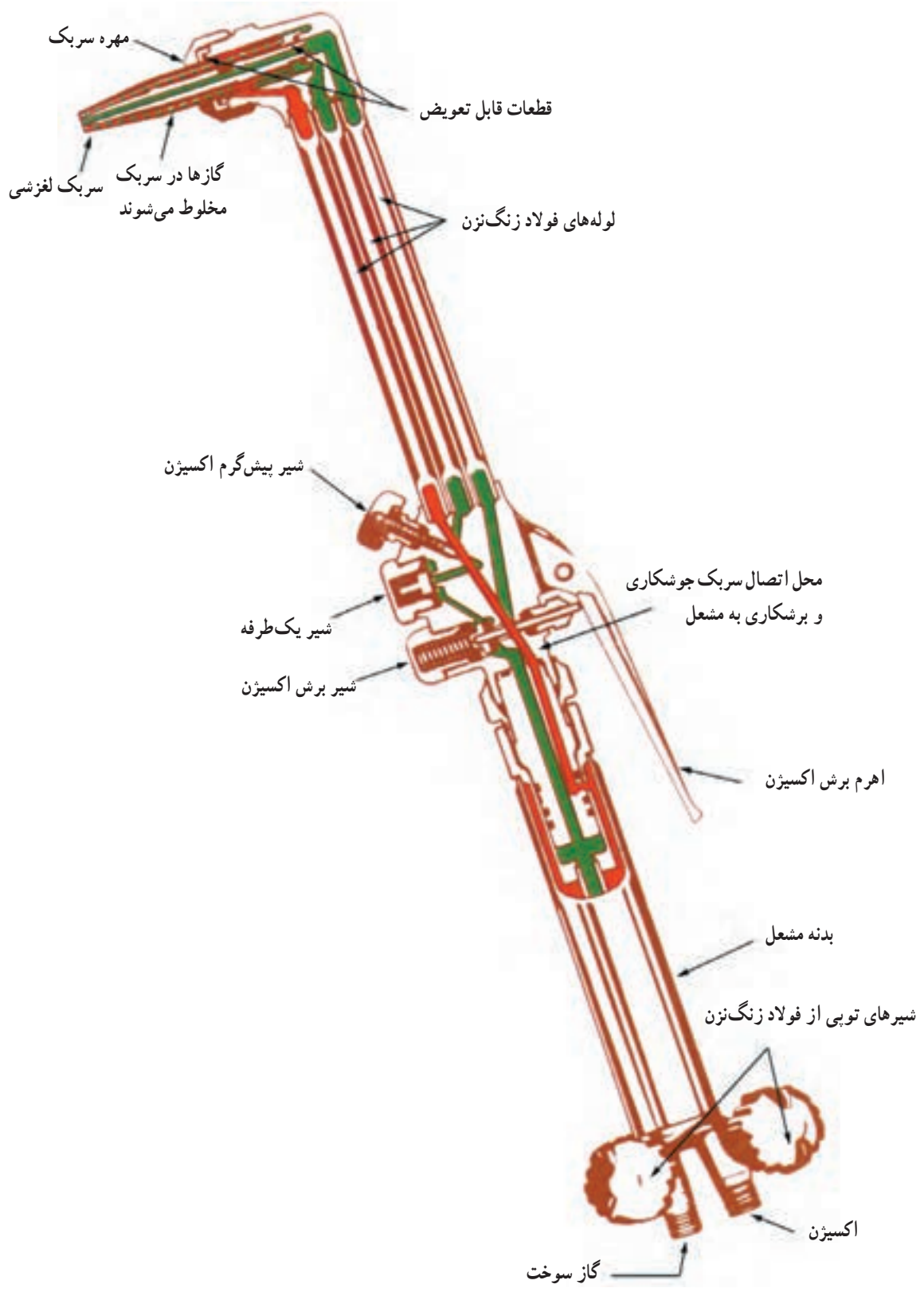
۳ــ فاصله نوک نازل تا سطح قطعه کار را متناسب با ضخامت فلز قرار دهید.

این فاصله بین ۳ تا ۵ میلی‌متر برای ضخامت‌هایی تا ۵۰ میلی‌متر است و ۶ میلی‌متر برای ضخامت‌های ۵۰ تا ۱۵۰mm می‌باشد.

۴ــ برای حصول یک برش تمیز و خوب باید ذرات اکسید به سرعت زدوده شوند از این‌رو فشار اکسیژن ــ فاصله اندازه سر مشعل و قطر سوراخ سرمشعل را باید به‌درستی انتخاب کنید (جدول ۲ــ۶).

جدول ۲ــ۶ــ مقادیر مصرف اکسیژن گاز استیلن و قطر سوراخ سر مشعل بر حسب ضخامت قطعه کار

ضخامت فلز بر حسب		قطر سوراخ سرمشعل	سرعت برش	مصرف گاز اکسیژن	مصرف گاز استیلن
mm	In	mm	mm/Sec.	L/min.	L/min.
۳/۲	$\frac{۱}{۸}$	۰/۵۱ ــ ۱/۰۲	۶/۸ ــ ۱۳/۵	۷ــ۲۱	۲ــ۴
۶/۴	$\frac{۱}{۴}$	۰/۷۶ ــ ۱/۵۲	۶/۸ ــ ۱۱	۱۴ــ۲۶	۲ــ۴
۹/۵	$\frac{۳}{۸}$	۰/۷۶ ــ ۱/۵۲	۶/۴ ــ ۱۰	۱۹ــ۳۲	۳ــ۵
۱۲/۷	$\frac{۱}{۲}$	۱/۰۲ ــ ۱/۵۲	۵ ــ ۱۰	۲۶ــ۴۰	۳ــ۵
۱۹/۱	$\frac{۳}{۴}$	۱/۱۴ ــ ۱/۵۲	۵ ــ ۹	۴۷ــ۷۱	۳ــ۶
۲۵/۴	۱	۱/۱۴ ــ ۱/۵۲	۴ ــ ۸	۵۲ــ۷۶	۴ــ۷
۳۸/۱	۱/۵	۱/۵۲ ــ ۲/۰۳	۲/۵ ــ ۶	۵۲ــ ۸۳	۴ــ۸
۵۰/۸	۲	۱/۵۲ ــ ۲/۰۳	۲/۵ ــ ۵/۵	۶۱ــ۹۰	۴ــ۸



شکل ۱ــ۶ــ مشعل برش که به بدنه مشعل جوشکاری وصل می‌گردد.

شکل ۲ــ۶ــ مقطع سربک برشکاری

فهرست منابع

1) Modern Welding Althouse The Goodheart - will cox company.
2) The science and practice of welding A.C. Davies . Combridge University Press.
3) Welding skills and practices J. W. Gi A Chino American Technical society.