فصل سوم

حفاظت و ایمنی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ عوامل فردی که شخص را از خطرات حفاظت می‌کند، توضیح دهد.
۲ــ ایمنی عمومی محیط کارگاه را شرح دهد.
۳ــ وسایل و لوازم حفاظت فردی از حوادث را توضیح دهد.
۴ــ راه‌های پیشگیری از آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی را شرح دهد.
۵ــ راه‌های حفاظت و ایمنی وسایل کار و ماشین‌ها را توضیح دهد.

۳ــ حفاظت و ایمنی

متخصصین معتقدند که در محیط‌های کارگری بسیاری از فاکتورهای ایمنی، فیزیکی و شخصی است. فاکتورهای فیزیکی شخصی گاهی اوقات خطرآفرین هستند که باید به آن‌ها توجه شود مانند :

تنش: افرادی که زیر فشارهای عصبی ناشی از کار و یا هر عامل دیگری هستند بیش‌تر در معرض خطرات ناشی از محیط کار قرار دارند.

کسالت و مریضی: فرد مریض ممکن است در محیط کار نتواند همه یا تعدادی از کارهای محوله را انجام دهد. چنین فردی بیش از سایرین آسیب‌پذیر است.

خستگی: اگر انسان به هر علتی، به اندازه‌ی کافی نخوابد و یا استراحت نداشته باشد، قادر به انجام کار به‌نحو عالی نخواهد بود و از طرفی در اثر خستگی بیش‌تر از سایرین در معرض خطر قرار می‌گیرد.

عدم آگاهی: در محیط‌های کار بیش‌تر افراد بدون آموزش دیدن، مشغول به انجام کارهای تخصصی هستند، این افراد همیشه بیش از افراد آموزش دیده در معرض خطرات ناشی از کار قرار دارند.

سن: آمار نشان داده است که تصادف و مرگ در بین افراد ۱۸ سال بیش از سنین دیگر است.

۱ــ۳ــ ایمنی عمومی در محیط کارگاه و کارخانه

همه‌ی افراد شاغل در کارگاه یا کارخانه، اعم از افراد اداری، ویزیتور، کارگر، کارفرما، مهندسین و طراحان، باید از عینک‌های ایمنی و یا ماسک طلقی همراه با کلاه ایمنی استفاده کنند.

حرارت ،جرقه ، بخار ناشی از فلزات مذاب، تشعشع ناشی از جوش‌کاری ، ولتاژ برق، فلز داغ ، وسایل نقلیه‌ی کارگاهی مانند لیف‌تراک، جرثقیل‌های سقفی و باری می‌توانند برای کارگران یا افرادی که رفت و آمد می‌کنند، خطرآفرین باشند ؛ ولی با کمی دقت و رعایت اصول ایمنی همه‌ی این خطرات قابل کنترل می‌باشند.

۲ــ۳ــ لباس و ادوات ایمنی شخصی

کارگران به‌خصوص جوش‌کاران باید از لباس مخصوص استفاده کنند که اولاً از جنس مواد پلاستیکی نباشد و درثانی جیب

پیراهن، لباس کار و شلوار باید سر جیب و دکمه‌دار باشد.

برای جلوگیری از صدمات فلز داغ ، تیزی لبه‌ی فلز و پلیسه، پوشیدن دستکش الزامی است. پوشیدن کفش ایمنی با داشتن دماغه‌ی فلزی برای جوش‌کار و سایر کارگران الزامی است.

جوش‌کارانی که با قوس الکتریکی کار می‌کنند، باید از ماسک با لنزی که درجه‌ی تاری مناسب داشته باشد، استفاده کنند (ر.ک. به جدول ۲ــ۱ شیشه‌ی ماسک ص ۲۳).

۳ــ۳ــ نگه‌داری محیط کارگاه

یکی از فاکتورهای بسیار مهم ایمنی به‌خصوص در جوش‌کاری، تمیز نگه‌داشتن محیط کارگاه است. تمیز نگه‌داشتن سطح زمین و میز کار، بسیار ضروری است زیرا گرد و خاک می‌تواند منبعی برای دریافت کربن مذاب جوش باشد.

ذرات فلز، گریس ، روغن و اشیای دیگر و مواد قابل اشتعال مانند چوب ، کاغذ، نفت ، پارچه و سرنخ و غیره نباید در محیط کارگاه جوش‌کاری وجود داشته باشند.

از پراکندگی کابل جوش‌کاری و یا انبر الکترود و نیز الکترود باید پرهیز کرد.

۴ــ۳ــ خطرات آتش‌سوزی

روغن ، رنگ ، مواد تمیزکننده‌ی شیمیایی و اشیای دیگر که احتمال مشتعل شدن دارند، باید در کابینت‌های فولادی نگه داشته شوند. پیش‌بینی راه خروج اضطراری، برای کارگاه ضروری است.

کارگاه باید مجهز به کپسول خاموش‌کننده‌ی آتش باشد، هم‌چنین برای جلوگیری از گسترش آتش، نگه‌داری پتوهای مخصوص این‌کار ضروری است.

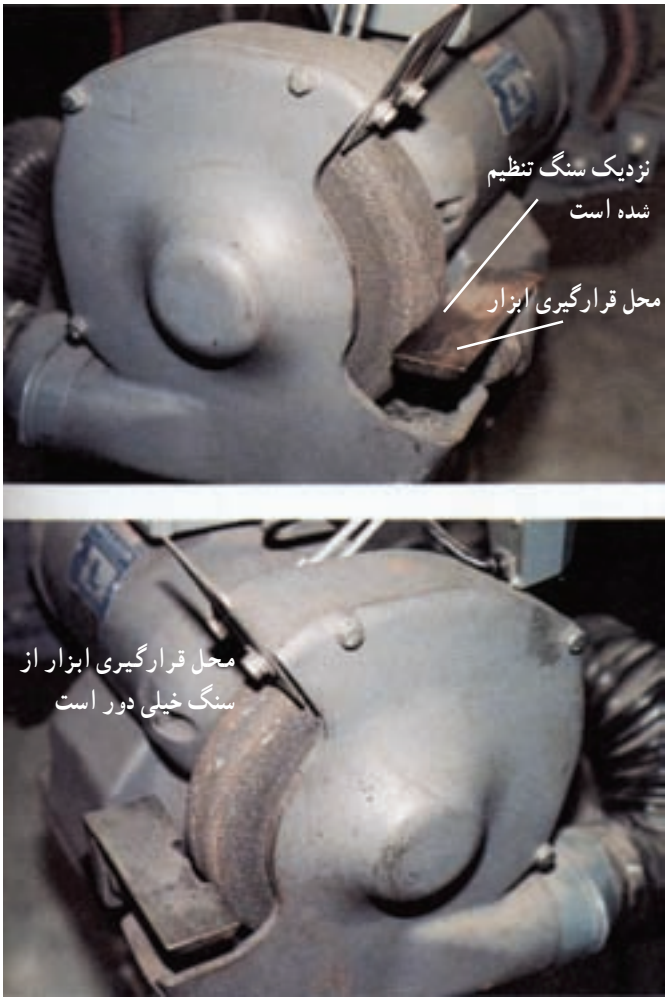
نگه‌داری اشیایی که برای جلوگیری از گسترش آتش به‌کار می‌روند، باید در محلی باشد که با رنگ قرمز روشن مشخص شده باشد (که به‌سرعت جلب‌توجه کند).

جوش‌کاران باید طرز استفاده از کپسول‌های خاموش‌کننده‌ی آتش را بدانند و آن‌ها را در فواصل زمانی مشخص بررسی کنند.

۵ــ۳ــ خطرات ناشی از ماشین

افرادی که با ماشین کار می‌کنند، باید قبلاً آموزش چگونگی کار کردن با وسایل ایمنی مربوط به آن‌ها را فراگرفته باشند و بی‌محابا از کنار مسایل حتی اگر کوچک باشند رد نشوند ؛ برای مثال دستگاه سنگ سمباده برای آماده کردن قطعات اتصال جوش‌کاری مورد استفاده‌ی جوش‌کار است.

تکیه‌گاه صفحه‌ای سنگ باید مطابق شکل (۱ــ۳) بسته شود و سطح آن باید کمی بالاتر از مرکز ثقل سنگ قرار گیرد.



شکل ۱ــ۳ــ ماشین سنگ سنباده

۶ــ۳ــ گرد و خاک و دود

تنفس در محیط‌های آلوده به گرد و خاک و یا دود، برای سلامتی انسان مضر است، از این‌رو کارگاه باید شرایط مناسبی برای کار کردن داشته باشد. حجم فضای کارگاه، باید به‌اندازه‌ای باشد تا جابه‌جایی هوا به‌راحتی انجام گیرد.

همه‌ی روش‌های جوش‌کاری و نیز برش‌کاری باید در محیطی انجام شود که اولاً فضای کافی برای تهویه وجود داشته باشد. درثانی قبل از جوش‌کاری و در زمان جوش‌کاری و نیز پس از آن، سیستم تهویه کار کند. بعضی از آلیاژها در موقع جوش‌کاری حاوی بُخارات سمی هستند، لذا سیستم تهویه، باید بالاتر از سطح میز کار قرار گیرد به‌طوری که عمل تهویه کمی پایین‌تر از دماغ و دهن جوش‌کار انجام شود. این سیستم تهویه ممکن است ثابت و یا پرتابل باشد (شکل ۲ــ۳).

بخارات سمی، ناشی از جوش‌کاری آلیاژهایی است که محتوی «کادمیوم، کرم، سرب، روی و برلیوم» می‌باشند، هم‌چنین در اثر داغ شدن بعضی از فلاکس‌ها، بخارات مضرّی متصاعد می‌گردد.

شکل ۲ــ۳ــ دستگاه تهویه

جوش‌کارانی که در مخازن بسته و یا محیط‌های کوچک کار می‌کنند، اگر از گازهایی غیر از هوا استنشاق کنند، دچار حادثه خواهند شد. به‌طور کلی گازهایی که سنگین‌تر یا سبک‌تر از هوا باشند، می‌توانند خطرآفرین باشند، «آرگون» و «بی‌اکسیدکربن» نمونه‌هایی از گازهای سنگین‌تر از هوا و «هلیوم» نمونه‌ی گازی سبک‌تر از هوا است ؛ برای مثال گاز آرگون می‌تواند در هفت ثانیه فرد را دچار خفگی کند.

محیط کار جوش‌کارانی که با گاز آرگون و یا «CO_2» کار می‌کنند باید مجهز به سیستم تهویه‌ی انفرادی باشد.

۷ــ۳ــ بازرسی دستگاه

بازرسی متعلقات جوش‌کاری جهت مسائل ایمنی در محیط جوش‌کاری با قوس الکتریکی، معمولاً باید به‌وسیله‌ی فرد جوش‌کار و هنگامی که دستگاه خاموش است، انجام شود.

۱ــ۷ــ۳ــ بررسی کابل‌های جوش‌کاری: کابل‌های جوش‌کاری باید از لحاظ ترک خوردن، بیرون بودن رشته‌ی سیم از زیر پوشش لاستیکی، بررسی شوند تا اگر عایق کابل ترک داشته باشد یا رشته‌ی سیم بیرون زده باشد، قسمت خراب، تعویض شود. از پوشش دادن کابل به‌وسیله‌ی نوارچسب، باید پرهیز کرد زیرا درصد عایق‌های کابل یک پارامتر حساب شده برای میزان شدت جریان مشخصی است. باید از محکم بودن ترمینال‌ها و اتصالات انبر جوش‌کاری اطمینان حاصل نمود. گیره‌ی الکترودگیر انبر، پس از جوش‌کاری، باید تمیز شود و در صورت خورده شدگی، فلز آن باید عوض شود.

برای اجتناب از شوک‌های الکتریکی، هیچ‌گاه نباید از دستکش مرطوب و یا لباس مرطوب استفاده کرد.

جوش‌کاری در روی زمین مرطوب شوک ایجاد می‌کند. اگر برحسب ضرورت کار جوش‌کاری باید در محیطی که کف زمین آن مرطوب است انجام شود، باید از یک سطح عایق (استفاده از تخته) که حداقل ۳۰cm از کف زمین ارتفاع داشته باشد، استفاده کرد.

جنس لباس کار جوش‌کارانی که در حالت نشسته و یا دراز کشیده جوش‌کاری می‌کنند، باید عایق باشد، یا این‌که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند (شکل ۳ــ۳).

شکل ۳ــ۳ــ لباس کار جوش‌کارانی که در حالت نشسته یا دراز کشیده جوش‌کاری می‌کنند، باید عایق باشد یا این‌که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند.

در محیط‌های جوش‌کاری لازم است متن زیر با خط درشت نوشته و برای اطلاع عموم به دیوار نصب گردد.

توجه
از خود و دیگران محافظت کنید. بخوانید و به‌خاطر بسپارید :
بخار ناشی از جوش‌کاری، دود، گرد و غبار برای سلامتی شما زیان‌آور است.
تشعشعات قوس الکتریکی می‌تواند به پوست و چشم شما صدمه بزند.
شوک‌های الکتریکی می‌توانند مرگ‌آفرین باشد.
از دست زدن به سیم و یا قطعات الکتریکی رها شده، اجتناب کنید.
اتصالات جوش‌کاری شده‌ی داغ را با دست‌کش بلند نکنید.
همیشه از لباس کار مناسب جوش‌کاری، عینک و ماسک استفاده کنید.
مواد چربی و اشتعال‌زا مانند چوب و کاغذ را از محیط جوش‌کاری دور کنید.
از سیستم تهویه استفاده کنید.

۸ــ۳ــ پاراوان

وقتی که جوش‌کاری در کارگاهی ثابت انجام می‌گیرد و افراد دیگر مشغول انجام دادن کار دیگری هستند، باید به‌وسیله‌ی «پاراوان» مخصوصی کارگران مزبور را در مقابل اشعه‌ی قوس الکتریکی حفاظت نمود. اگر کارگاه دائمی باشد، می‌توان غرفه‌ی مخصوصی برای این منظور تعبیه کرد که دیوارهای آن از مواد نسوز باشد. این غرفه باید مجهز به سیستم تهویه باشد.

اگر محل جوش‌کاری متغیر است، باید از دیوارهای قابل حمل و نقل استفاده نمود که از مصالح نسوز تهیه و با رنگ مخصوص اندوده شده باشد.

وقتی که جوش‌کاری در سطح زمین انجام می‌شود، ارتفاع دیوارهای غرفه، باید بیش از ۱/۵ متر باشد و در صورت بلندتر بودن قطعات مورد جوش‌کاری واقع شده، لازم است که ارتفاع دیوارها بلندتر باشد.

۹ــ۳ــ هواکش

اگر جوش‌کاری داخل مخزن یا محیط‌های کوچک انجام می‌شود که احتمال انباشته شدن دود و گازهای مضر دیگر وجود داشته باشد، باید از هواکش مناسبی برای تخلیه‌ی دود و تهویه‌ی محل جوش‌کاری استفاده شود.

۱۰ــ۳ــ کمربند ایمنی

این کمربند از یک‌طرف به کمر جوش‌کار و از طرف دیگر به واسطه‌ی طنابی به قسمتی از کار که جوش‌کار روی آن کار می‌کند، بسته می‌شود. طناب کمربند و محلی که انتهای کمربند به آن بسته شده، باید قدرت نگه‌داری وزن جوش‌کار را در صورت بروز حادثه، داشته باشد.

۱۱ــ۳ــ شرایط ایمنی ماشین‌های جوش‌کاری

ماشین‌های جوش‌کاری در مقایسه با سایر انواع ماشین‌های الکتریکی در شرایط نامناسب‌تری کار کرده، کم‌تر تحت نظارت یک متخصص قرار دارند.

کارگر جوش‌کار باید با توجه به نکته‌ی فوق، همیشه مراقبت کند که دستگاه جوش‌کاری در مقابل اتصالی‌های اتفاقی محافظت شده باشد.

جوش‌کار نباید هرگز سعی کند نصب و یا تعمیر ماشین

جوش‌کاری را خود انجام دهد، بلکه باید این کار توسط یک تکنسین ورزیده صورت گیرد و در هر حال تعمیر ماشین، باید پس از قطع کامل جریان برق انجام شود.

در اغلب موارد ماشین جوش‌کاری از یک محل به محل دیگر برده می‌شود بنابراین، باید پریزهای مناسبی در تمام کارگاه و یا محل ساختمان پیش‌بینی شده باشد.

اگر ماشین جوش‌کاری با موتور بنزینی یا دیزلی کار می‌کند، باید توجه داشت که ممکن است جمع شدن دود ناشی از موتور باعث خفگی گردد.

ترانسفورماتورهای جوش‌کاری معمولاً با هوا، سرد می‌شوند ؛ (سیستم فن) لذا باید مراقب بود که فن ترانسفورماتور، همیشه در موقع استفاده کار کند.

ترانسفورماتورها نباید به مدار روشنایی متصل گردند زیرا، علی‌رغم وجود تنظیم کننده، باعث تغییرات شدید در ولتاژ و کم‌نور و پر نور شدن چراغ‌ها می‌شوند.

فصل چهارم

نکات فنی در جوش‌کاری با قوس دستی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ نحوه انتخاب نوع دستگاه جوش‌کاری را شرح دهد.
۲ــ نحوه راه‌اندازی و تنظیم دستگاه جوش‌کاری را توضیح دهد.
۳ــ نکات مهم در انتخاب صحیح الکترود را بیان کند.
۴ــ نحوه ایجاد قوس الکتریکی با الکترود دستی را به دو روش متناوب اجمالی و جهشی قائم تشریح نماید.
۵ــ نحوه ایجاد مهره جوش به روش زنجیره‌ای و زیگزاگ را شرح دهد.

۴ــ نکات فنی در جوش‌کاری با قوس دستی

۱ــ۴ــ انتخاب دستگاه جوش‌کاری

در تصمیم‌گیری برای خریدن یک ماشین جوش‌کاری dc یا ac و یا استفاده‌ی از آن لازم است : ابتدا به محاسن و معایب ماشین برای شرایط متفاوت جوش‌کاری توجه شود.

۱ــ۱ــ۴ــ مزایای یک ماشین جوش‌کاری DC و جریان ثابت

۱ــ امکان استفاده از قطب‌های مستقیم و معکوس (DCSP-DCRP) ؛ (شکل ۱ــ۴)

۲ــ جوش‌کاری در حالات مختلف بیش‌تر با قطب مستقیم یا معکوس اجرا می‌شود ؛

۳ــ الکترودهایی که برای جوش‌کاری نیکل ــ آلومینیوم و مس طراحی می‌شوند، بیش‌تر با قطب معکوس جوش‌کاری می‌شوند.

۴ــ الکترودهایی مانند Exx2x، (که در پوشش آن‌ها پود آهن به‌کار رفته) (نرخ زیاد مذاب جوش در واحد زمان) بهتر است جوش‌کاری بیش‌تر با قطب معکوس یا مستقیم انجام شود.

۲ــ۱ــ۴ــ معایب ماشین جوش‌کاری« DC »و جریان ثابت: قیمت این نوع ماشین نسبت به ماشین‌های ac که رِنج آمپر و سیکل‌کاری در هر دو یکسان باشد، بیش‌تر است.

۳ــ۱ــ۴ــ مزایای یک ماشین جوش‌کاری«ac» و شدت جریان ثابت:

۱ــ ارزش یک دستگاه ac نسبت به «dc» که رِنج شدت جریان و سیکل‌کاری آن‌ها یکسان است، کم‌تر می‌باشد.

۲ــ در شدت جریان‌های زیاد، برای جلوگیری از دمش قوس در جوش‌های ماهیچه‌ای، بهتر است از دستگاه«ac » استفاده شود.

۲ــ۴ــ راه‌اندازی و تنظیم دستگاه جوش‌کاری

۱ــ قبل از اقدام به جوش‌کاری، لازم است کلیه‌ی وسایل و ملزومات مانند ترمینال‌ها، کابل، انبر الکترود و غیره بررسی شوند ؛

۲ــ هیچ‌گاه ماشین جوش‌کاری را که در زیر بار است، خاموش یا روشن نکنید (مدار بسته) ؛

۳ــ از قرار دادن انبر الکترود در روی میز کار یا قطعه‌ی کار پرهیز کنید ؛

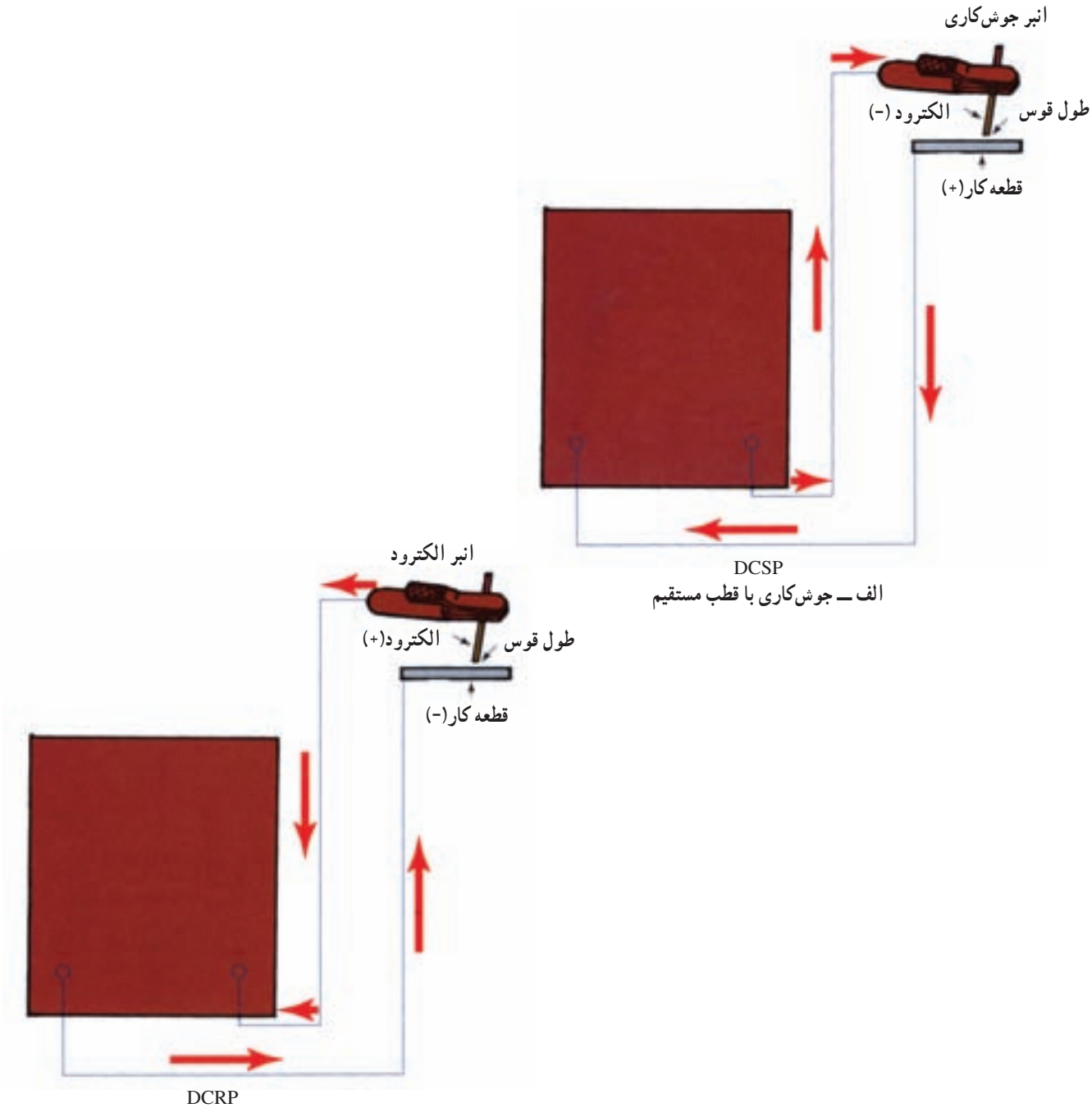
۴ــ راه‌اندازی ماشین‌های«ac » بسیار ساده است و می‌توان

با یک کلید، آن‌ها را روشن یا خاموش کرد ؛

۵ــ دستگاه‌های جوش سیار، (دیزلی یا بنزینی) به استارت مجهزند، یعنی با زدن استارت، موتور روشن می‌شود اما باید لحظه‌ای صبر کرده تا به دور ماکزیمم برسد، سپس می‌توان به‌وسیله‌ی کلید شدت، جریان را از دستگاه گرفت.

۶ــ ماشین‌های نوع جریان ثابت برای جوش‌کاری یا قوس و الکترود دستی مناسب‌تر هستند. در این نوع دستگاه، تنظیم‌کننده‌ی شدت جریان قرار داده شده، ولی برای ولتاژ، تنظیم‌کننده‌ای وجود ندارد، زیرا ولتاژ با تغییر مقاومت در مدار، تغییر می‌کند (مانند طول قوس) ؛

۷ــ تمام اتصالات و ترمینال‌ها باید محکم باشند تا بتوان با طول قوس، مقاومت مدار را کنترل کرد. با کنترل مقاومت مدار اندازه‌ی ولتاژ کنترل می‌شود.



شکل ۱ــ۴ــ نمای ساده جوش‌کاری با ژنراتور

۳ــ۴ــ انتخاب صحیح الکترود

در جوش‌کاری یکی از فاکتورهای بسیار مهم این است که : ترکیب شیمیایی الکترود با قطعه کار، هم‌آهنگ باشد. براین اساس، لازم است به نکات زیر توجه شود :

۱ــ طرح شیار یا پخ ؛

۲ــ مقاومت کششی فلز جوش ؛

۳ــ ترکیب شیمیایی قطعه کار ؛

۴ــ حالت جوش‌کاری (سطحی، قائم، افقی و بالای سر) ؛

۵ــ مقدار مذاب جوش ؛

۶ــ نوع شدت جریان ؛

۷ــ اندازه‌ی نفوذ جوش ؛

۸ــ ضخامت قطعه کار ؛

۹ــ مهارت جوش‌کار ؛

۱۰ــ کُد[1] و استاندارد.

اگر اتصال دارای پخ باشد و حداقل فاصله بین دو قطعه کار[2] مطابق با کُد و استاندارد کم باشد، پاس اول را باید از الکترود با قطر کم استفاده کرد تا نفوذ کامل شود (مانور الکترود با طول قوس صحیح) در پاس‌های بعدی نیز، قطر الکترود را باید صحیح انتخاب کرد.

برای مقاومت کششی جوش، باید به دو عدد سمت چپ بعد از حرف«F» توجه نمود مانند :

الکترودهای E60xx-E70xx-E80xx-E90xx-E100xx

ترکیب شیمیایی فلز مبنا نیز، تعیین‌کننده‌ی الکترود است و باید بین الکترود و فلز مبنا از لحاظ شیمیایی و فیزیکی هماهنگی باشد.

۴ــ۴ــ ایجاد قوس الکتریکی با الکترود دستی

یکی از عمده‌ترین دروس اولیه‌ی مهارت در جوش‌کاری، ایجاد کردن قوس الکتریکی مابین الکترود و قطعه کار است.

برای ایجاد قوس، لازم است ابتدا الکترود به سطح فلز تماس پیدا کند و سپس نوک الکترود آرام و سریع از محل تماس جدا شود تا به اندازه‌ی فاصله‌ی صحیح برسد.

در کار افراد مبتدی، در مراحل اولیه‌ی ایجاد قوس، امکان چسبیدن الکترود به سطح کار زیاد است.

اگر الکترود به سطح کار چسبید، برای جدا کردن آن‌ها از یک‌دیگر، می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد :

الف ــ اگر قطعه کارکوچک باشد، می‌توان انبر الکترود را بلند کرده، بدون این‌که الکترود از انبر آزاد شود. این عمل قطعه کار را از مدار خارج می‌کند.

ب ــ اگر قطعه کار بزرگ باشد، روش قبل را نمی‌توان اجرا کرد ؛ ولی باید به دسته‌ی انبر الکترود فشار وارد کرد تا دهن انبر باز شود و آن را به سرعت به‌طرف بالا کشید. با این عمل، مدار باز شده، الکترود به سطح کار می‌چسبد، بعد از آن می‌توان الکترود را با انبردست از سطح کار جدا کرد. بعد از جدا شدن الکترود، گیره‌ی انبر الکترود را باید مورد بازرسی قرار داد تا در صورت خراب شدن، تعویض شود.

مشکل دیگری که برای افراد مبتدی وجود دارد، دور کردن بیش از حدّ الکترود از نقطه‌ی تماس است که در این صورت برای نگه‌داری قوس، به ولتاژ خیلی زیاد نیاز خواهد بود و چون عملاً این اندازه ولتاژ وجود ندارد، قوس قطع می‌شود.

دو روش متفاوت برای شکل‌گیری قوس، متداول است :

۱ــ تناوب اجمالی یا زودگذر[3] : در این روش باید نوک الکترود را به سطح فلز تماس داده، بدون نگه‌داری آن در روی سطح، از فلز دور کرد و سپس فاصله را به اندازه‌ی درست طول قوس رسانید (شکل ۲ــ۴ــ الف).

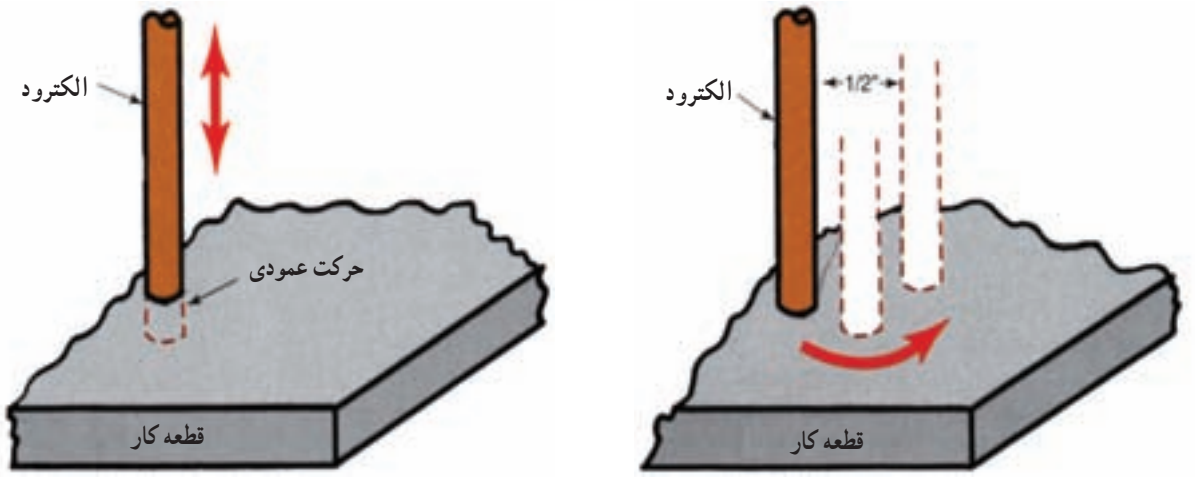
۲ــ جهشی قائم[4] : در این روش لازم است پس از تماس به سطح کار، آن را در جهت قائم بالا آورد. به اندازه‌ای که قوس قطع نشود، سپس فاصله یا طول قوس را به حدّ صحیح رسانید (شکل ۲ــ۴ــ ب).

۱ــ Code = مقررات

۲ــ Root

۳ــ Glancing

۴ــ Pecking Motion



تناوب اجمالی یا زودگذر

(الف)

روش جهشی قائم

(ب)

شکل ۲ــ۴ــ روش شکل‌گیری قوس

۵ــ۴ــ ایجاد مهره جوش

به محض این‌که قوس ایجاد شد و ثبات پیدا کرد، حوضچه‌ی مذاب شروع به شکل‌گیری می‌کند و با حرکت دادن الکترود از این نقطه، «مهره جوش» درست می‌شود.

برای کسب مهارت جوش‌کاری در هر نوع اتصال و هر نوع حالت، اولین نکته‌ای که جوش‌کار باید به آن توجه کند، شکل‌گیری مهره‌های جوش است.

برای ایجاد کردن مهره‌های جوش خوب، لازم است فاکتورهای زیر با دست جوش‌کار کنترل شود :

۱ــ کنترل طول قوس[1] ؛

۲ــ سرعت پیش‌روی ؛

۳ــ عرض مهره‌ی جوش ؛

۴ــ زاویه‌ی الکترود.

طول قوس باید با قطر الکترود متناسب باشد. برای الکترودهای پوشش‌دار، طول قوس بین ۴mm ــ۳ است.

جوش‌کار باید عادت کند که فقط با یک دست کار کند و با دست دیگر قطعات را برای خال‌جوش زدن نگه دارد.

برای تشخیص صحیح فاصله یا طول قوس، می‌توان از صدای[2] قوس الکتریکی استفاده کرد.

در صورت مشاهده‌ی ذرات انجماد یا جرقه در روی سطح فلز، باید بدانیم که طول قوس بلند است و قسمت زیادی از الکترود به‌صورت جرقه به اطراف پراکنده می‌شود.

دو نوع مهره‌ی جوش در جوش‌کاری شکل می‌گیرد :

۱ــ مهره‌ی زنجیره‌ای (Stringer bead) ؛

۲ــ مهره‌های زیگزاگ (Weaving bead).

شکل ۳ــ۴ــ تشکیل مهره جوش

۱ــ Arc Gap

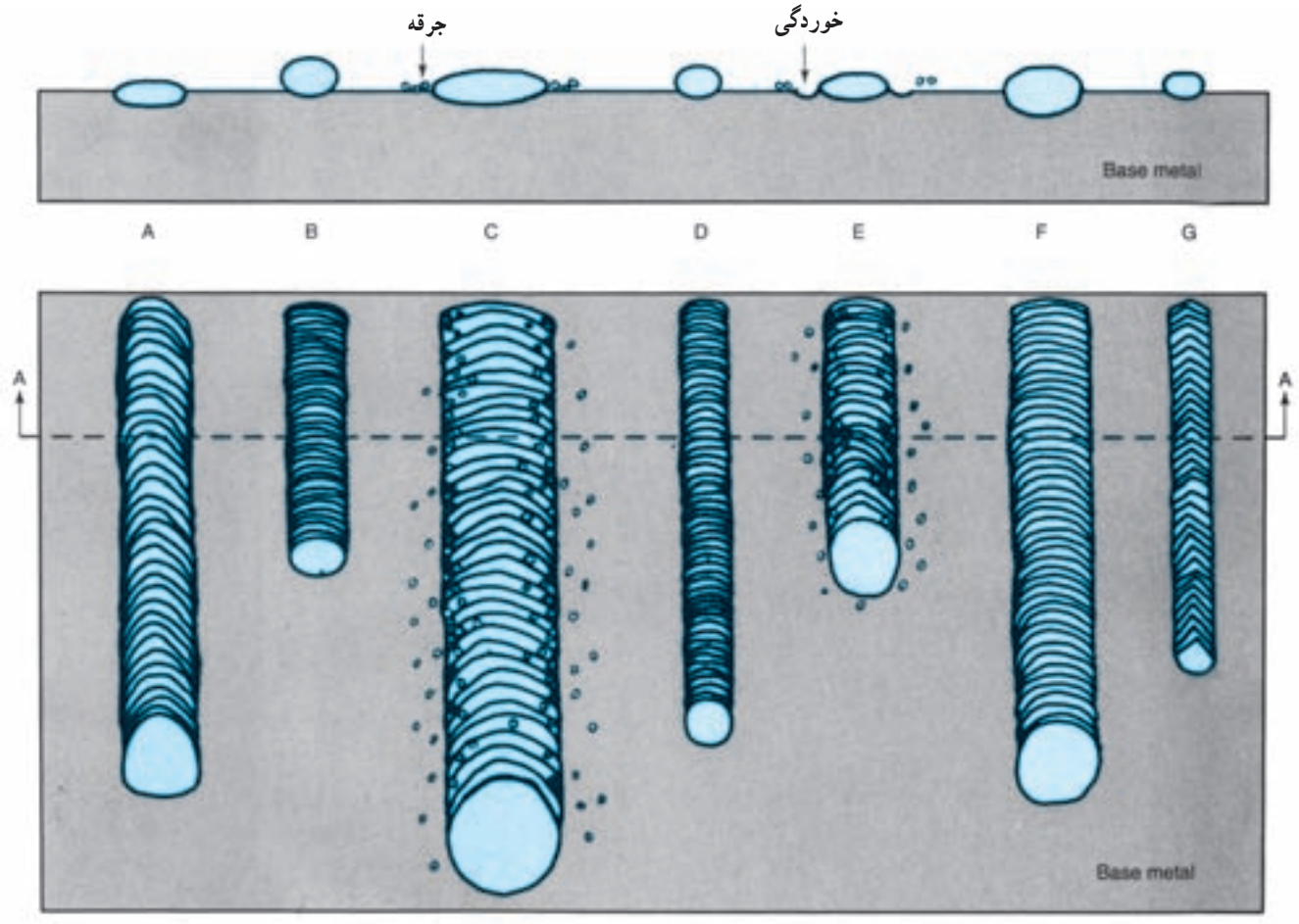
۲ــ منظور از صدا، صدای جیز جیز کردن قوس است.

برای ایجاد مهره‌های زنجیره‌ای، لازم است که الکترود فقط به‌طرف جلو حرکت کند. عرض جوش باید در حدود ۲ تا ۳ برابر قطر الکترود باشد ؛ برای‌مثال اگر با الکترود ۳/۲۵ mm جوش‌کاری می‌شود، عرض طبیعی بین ۶/۴ mm تا ۹/۶ mm است.

برای ایجاد مهره‌های زیگزاگ علاوه بر این‌که الکترود در امتداد طول درز اتصال به جلو حرکت می‌کند، لازم است که یک حرکت عرضی هم به سمت راست و چپ داشته باشد.

با چنین حرکتی، می‌توان پهنای جوش را نسبت به مهره‌های زنجیره‌ای زیادتر گردانید. در این روش عرض جوش، نباید از ۶ برابر قطر الکترود زیادتر شود ؛ برای مثال اگر با الکترود ۳/۲ mm جوش‌کاری می‌شود، حداکثر عرض جوش نباید از ۱۴/۲ mm زیادتر شود.

۱ــ۵ــ۴ــ زاویه‌ی الکترود: اگر الکترود نسبت به سطح اتصال، قائم نگه داشته شود، فقط به اندازه‌ی ۲۰° تا ۳۰° درجهت پیش‌روی جوش، باید کج شود (۷۰°– ۶۰°). و از دو طرف دیگر، زاویه‌ی الکترود ۹۰° است. زاویه‌ی ۲۰° یا ۳۰° باعث می‌شود که فشار قوس، مواد مذاب را کمی به‌طرف عقب حوضچه براند تا موج‌های ظریف و یک‌نواخت مهره پدیدار گردد.



شکل ۴ــ۴ــ تأثیر جریان، طول قوس و سرعت پیش‌روی روی مهره‌ی جوش

A ــ جریان و سرعت پیش‌روی صحیح B ــ شدت جریان خیلی کم C ــ شدت جریان خیلی زیاد D ــ طول قوس خیلی کوتاه
E ــ طول قوس خیلی زیاد و سرعت پیش‌روی خیلی آهسته F ــ سرعت پیش‌روی کم G ــ سرعت پیش‌روی خیلی زیاد

هنگامی که عرض جوش زنجیره‌ای به حدّ مطلوب رسید، باید الکترود را کمی به جلو حرکت داد و به حوضچه نگاه کرد و رشد مذاب را از نظر اندازه و شکل بررسی کرد. این عمل باید دو مرتبه تکرار شود تا از این طریق یک حرکت یک‌نواخت پدیدار شود، ضمن این‌که عرض جوش نیز کنترل می‌شود. سرعت پیش‌روی الکترود را می‌توان با دو فاکتور تعیین کرد :

۱ــ عرض جوش ؛

۲ــ شکل گرفتن یک دماغه‌ی مخروطی شکل در موج‌های نزدیک به لبه‌ی جوش.

اگر سرعت حرکت پیش‌روی درست باشد، موج‌های قسمت عقب حوضچه، یا دنباله‌ی مذاب نیز، دارای یک دماغه‌ی مخروطی می‌شوند.

ارتفاع مهره‌ی جوش نیز به عرض جوش بستگی دارد. ارتفاع یا ارتفاع گرده‌ی جوش، باید در حدود $\frac{۱}{۴}$ عرض آن باشد.

تنظیم شدت جریان درست برای کیفیت و شکل مهره‌های جوش، بسیار مهم است و اگر شدت جریان ، طول قوس و سرعت پیش‌روی هماهنگ باشند، شکل سطح مقطع جوش مانند شکل (۴ــ۴ــA) خواهد بود.

۶ــ۴ــ تمیز کردن جوش

وقتی از الکترودهای پوشش‌دار در جوش‌کاری استفاده می‌شود، روی سطح مذاب یک سرباره تشکیل می‌شود. این سرباره باید برای دوام و شروع مجدد، جوش برداشته، سطح فلز جوش تمیز گردد، هم‌چنین هنگام استفاده از پاس‌های متعدد جوش‌کاری، لایه‌ی زیرین باید به‌طور کامل تمیز شود.

اگر سرباره به‌سهولت کنده نشود، در مقطع جوش، ناخالصی وجود خواهد داشت. ناخالصی سرباره، ذرات کوچکی از سرباره است که از مذاب بیرون کشیده نشده و داخل جوش، محبوس مانده است. سرباره معمولاً با ابزارهای دستی مانند چکش جوش، برس سیمی و گاهی نیز با وسایل مکانیکی برداشته می‌شود.

فصل پنجم

روش‌های دیگر جوش‌کاری با قوس الکتریکی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ نحوه جوش‌کاری آرگون و کاربرد آن را توضیح دهد.
۲ــ اجزای دستگاه جوش‌کاری با آرگون را تشریح کند.
۳ــ نقش گازهای محافظ در جوش‌کاری را توضیح دهد.
۴ــ اجزای مشعل جوش‌کاری با گاز آرگون را به تفصیل توضیح دهد.
۵ــ نحوه جوش‌کاری قوس الکتریکی مابین یک الکترود و قطعه کار را با توجه به ویژگی دستگاه جوش مربوطه و گازهای مصرفی و مفتول الکترود تشریح نماید.
۶ــ روش جوش‌کاری زیر پودری را به تفصیل تشریح کند.
۷ــ روش کار در جوش پلاسما را توضیح دهد.

۵ــ روش‌های دیگر جوش‌کاری با قوس الکتریکی

۱ــ۵ــ جوش آرگون یا GTAW

در جوش‌کاری با قوس الکتریکی و گاز آرگون، حرارت را از طریق یک قوس الکتریکی (که مابین الکترودی از جنس آلیاژ تنگستن و قطعه کار شکل می‌گیرد) به‌دست می‌آورند و برای پر کردن درز یا شیار بین دو قطعه، اتصال از یک مفتول جداگانه به‌نام سیم جوش استفاده می‌کنند.

در این روش از یک گاز محافظ مانند «آرگون» یا «هلیوم» برای محافظت ناحیه‌ی مذاب استفاده می‌شود. در تمام روش‌های جوش‌کاری، اصولی‌ترین تکنیک حفاظت فلز مذاب ــ الکترود یا سیم جوش و نیز حوضچه‌ی مذاب روی سطح قطعه کار است. روش محافظت در هر سیستم متفاوت است و در جوش‌کاری آرگون عمل حفاظت به‌وسیله‌ی گاز آرگون یا هلیوم و یا اختلاط آن‌ها صورت می‌گیرد.

کاربرد این نوع جوش‌کاری در فلزاتی مانند آلومینیوم و آلیاژهای آن، منیزیم و آلیاژهای آن، تیتانیوم و آلیاژهای آن، انواع فولادهای ضدزنگ، فلزات رنگین و آلیاژهای آن‌ها است.

اسم دیگر و متداول این روش «TIG» است که از سه کلمه‌ی Tungsten Inert Gas گرفته شده است.

منابع قدرت در جوش‌کاری با قوس الکتریکی و گاز آرگون (GTAW) ماشین‌های«ac»یا«dc» و یا«ac/dc» (در یک ماشین) هستند.

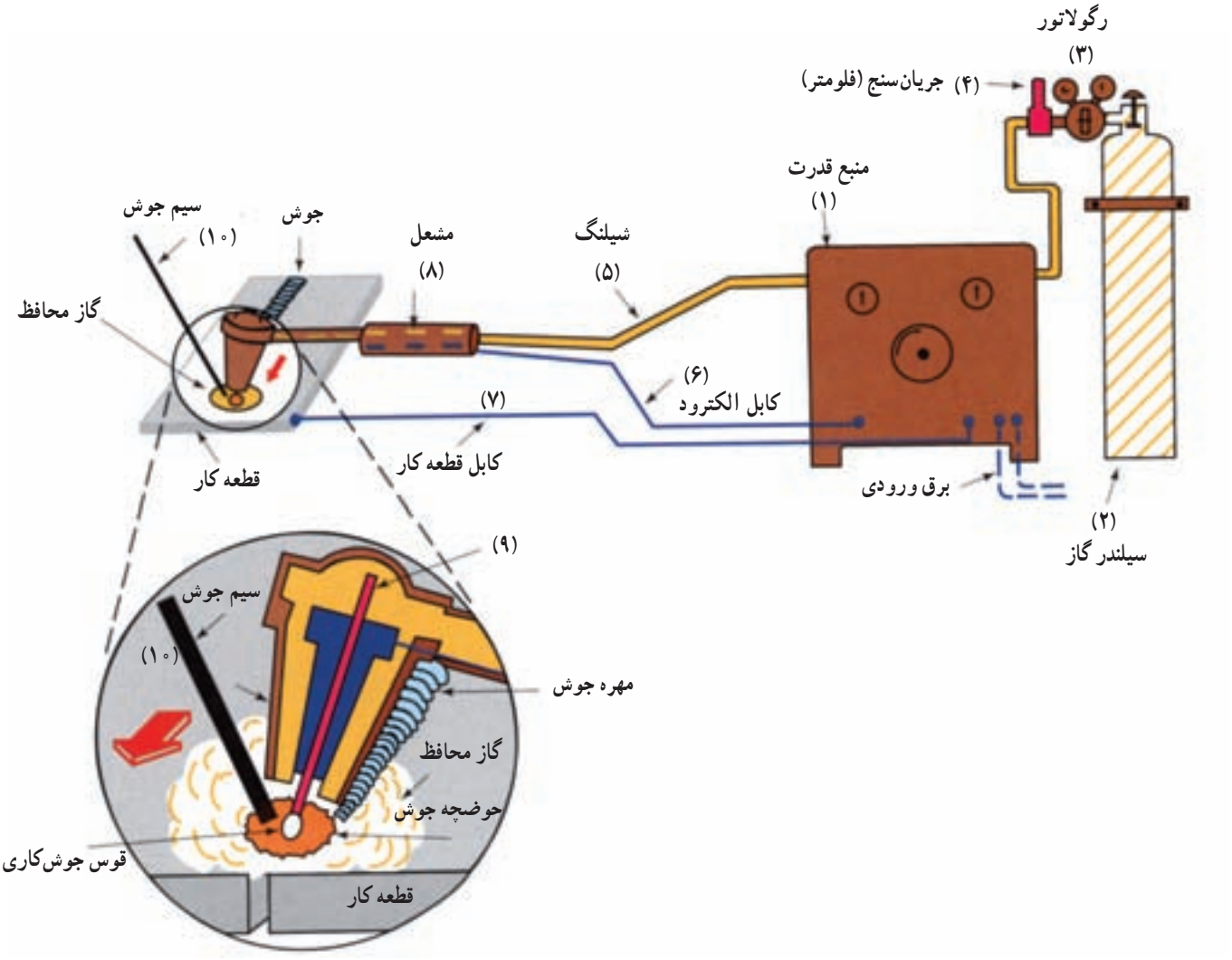
نوع متداول ماشین جوش‌کاری برای این روش بیش‌تر ترانسفورماتور ــ رکتی‌فایراست.

سیستم منابع قدرت باید از نوع شدت جریان ثابت باشد.

در شکل ۱ــ۵ سیستم کامل یک دستگاه جوش‌کاری« TIG »نشان داده شده است.

اجزای این دستگاه به‌صورت زیر است :

۱ــ یک منبع‌قدرت‌قوس‌جوش‌کاری«ac» یا«dc» و یا«ac/dc» ؛



شکل ۱ــ۵ــ دستگاه جوش‌کاری TIG

۲ــ سیلندر گاز محافظ (هم به‌صورت مایع و هم به‌صورت گاز موجود است)[1] ؛

۳ــ رگلاتور گاز محافظ ؛

۴ــ فلومتر گاز محافظ ؛

۵ــ شیلنگ و فیتینگ‌های گاز محافظ ؛

۶ــ کابل الکترود تنگستن ؛

۷ــ کابل اتصال زمینی ؛

۸ــ مشعل جوش‌کاری (torch) ؛

۹ــ الکترود تنگستن ؛

۱۰ــ سیم جوش.

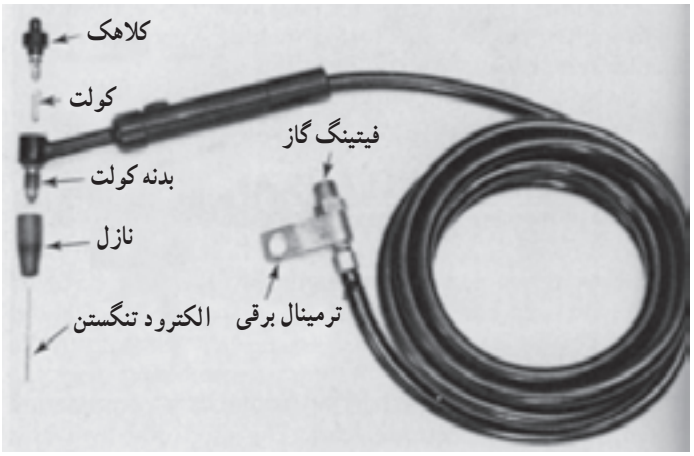
۱ــ۱ــ۵ــ گازهای محافظ: گاز محافظ گازیست که با فلزات و گازها وارد واکنش نمی‌شود. از گازهای محافظ برای جلوگیری از ورود اکسیژن و ازت هوا به ناحیه‌ی قوس استفاده می‌کنند.

برای عمل حفاظت از آرگون ــ هلیوم ــ اختلاط آرگون و هلیوم ــ آرگون هیدروژن استفاده می‌کنند.

گاز آرگون (Ar) با وزن اتمی ۴۰ و وزن مخصوص ۱/۷۸gr/L از جمله گازهای سنگین است. گاز آرگون را مانند اکسیژن در سیلندر (کپسول)های فولادی ذخیره می‌کنند. حجم کپسول‌های معمولی و متداول $9/34 m^3$ مترمکعب است. درجه‌ی خلوص گاز آرگون برای جوش‌کاری باید ۹۹/۹۹۵٪ باشد.

۱ــ استفاده از گاز آرگون مایع ارزان‌تر است.

۲ــ۱ــ۵ــ مشعل جوش‌کاری با گاز آرگون:
مشعل‌های جوش‌کاری با گاز آرگون، در طرح و اندازه‌های متفاوت با ظرفیت‌هایی برحسب «آمپر» ساخته می‌شوند (شکل ۲ــ۵).
سیستم خنک‌کننده‌ی مشعل‌هایی که برای کارهای سبک جوش‌کاری و آمپر کم به‌کار می‌روند، معمولاً گاز محافظ است (گاز محافظی که مصرف می‌گردد) حداکثر ظرفیت این مشعل‌ها در حدود ۲۰۰آمپر است.



شکل ۲ــ۵ــ مشعل جوش‌کاری با گاز آرگون

سیستم خنک‌کننده‌ی مشعل‌هایی که بزرگ‌ترند برای ظرفیت زیادتر آمپر ساخته می‌شوند، یا این‌که به‌طور مداوم از آن‌ها استفاده می‌شود، آب است.

۳ــ۱ــ۵ــ کلاهک یا نازل مشعل: نازل برای هدایت مستقیم گاز محافظ بر روی الکترود تنگستن و نیز پوشش دادن اطراف قوس و ناحیه‌ی مذاب به‌کار می‌رود. چون نازل‌ها در مجاورت قوس الکتریکی قرار دارند باید در برابر حرارت زیاد مقاوم باشند.

جنس نازل از مواد سرامیکی و کوارتز است. یک سر نازل، باید در قسمت سر مشعل قرار گرفته، محکم باشد. قسمت خروجی گاز نازل استاندارد است و برحسب شماره معرفی می‌شود و هر شماره ۱/۶ mm را نشان می‌دهد ؛ برای مثال قطر دهانه‌ی خروجی نازل شماره ۶، ۹/۶ میلی‌متر است.

$$۶ \times ۱/۶ = ۹/۶ \text{ mm}$$

یا قطر نازل شماره ۸، مساوی ۱۲/۸ میلی‌متر است.

$$۸ \times ۱/۶ = ۱۲/۸ \text{ mm}$$

۲ــ۵ــ روش جوش‌کاری GMAW[1]

در این روش جوش‌کاری قوس الکتریکی مابین یک الکترود (الکترود به‌صورت مفتول بدون پوشش است که مانند کلاف پیچیده شده) و قطعه کار ایجاد می‌شود. الکترود به‌وسیله‌ی یک سیستم مکانیکی به‌طور مداوم وارد حوضچه‌ی مذاب می‌شود و حفاظت قوس به‌وسیله‌ی یک گاز انجام می‌گیرد.

در شکل ۳ــ۵ یک سیستم کامل جوش‌کاری «GMAW» نشان داده شده است. گازهای مصرفی $CO_۲$ ــ آرگون ــ هلیوم است. کابل علاوه بر هدایت جریان الکتریسیته به‌مشعل، گاز را نیز به مشعل و از مشعل به قوس الکتریکی می‌رساند.

مشعل، مجهز به یک کلید دستی است که برای شروع قوس و حرکت الکترود و یا توقف آن‌ها به‌کار می‌رود. نوع ماشین «dc»با ولتاژ ثابت است و در روی ماشین، تنظیم‌کننده‌ای برای ولتاژ وجود دارد.

تغییرات در شدت جریان به‌وسیله‌ی سرعت حرکت الکترود انجام می‌شود. کنترل سرعت الکترود، به‌وسیله‌ی یک دستگاه خودکار صورت می‌گیرد.

نوع گاز مصرفی متناسب با جنس قطعه کار است.

متعلقات یک سیستم«GMAW» (شکل ۵ــ۴) به‌قرار زیر است :

۱ــ یک منبع قدرت با ولتاژ ثابت «dc» ؛

۲ــ یک سیستم تغذیه‌کننده‌ی سیم الکترود ؛

۳ــ کپسول گاز محافظ ؛

۴ــ رگلاتور گاز ؛

۵ــ جریان‌سنج گاز محافظ ؛

۶ــ شیلنگ گاز ــ کابل الکترود ــ کابل اتصال زمین ؛

۷ــ مشعل جوش‌کاری ؛

۸ــ مفتول الکترود ؛

۹ــ سیستم خنک‌کننده ؛

۱۰ــ کنترل از راه دور.

۱ــ۲ــ۵ــ گازهای مصرفی در روش GMAW: گازهای محافظی که در این سیستم به‌کار برده می‌شود، ممکن است گاز خنثی مانند «هلیوم و آرگون» یا گازهای فعّال مانند «$CO_۲$» باشند.

گازهای فعالی که در این سیستم استفاده می‌شوند عبارت‌اند از : بی‌اکسید کربن ($CO_۲$)، اکسیژن ($O_۲$)، هیدروژن (H) و ازت ($N_۲$). استفاده از گازهای فعال در شرایط خیلی تخصصی مانند کنترل بهتر مذاب و نفوذ زیادتر است. در بعضی از آلیاژها هیدروژن و ازت موجب بروز ترّدی می‌شوند.

با توجه به نوع فلز و انتقال قوس از اختلاط آرگون ــ هلیوم، آرگون ــ اکسیژن، آرگون ــ بی‌اکسید کربن، یا آرگون ــ هلیوم ــ بی‌اکسید کربن در جوش‌کاری استفاده می‌شود. استفاده از آرگون و هلیوم بیش‌تر در جوش‌کاری فلزات غیرآهنی (رنگین) است.

گاز بی‌اکسیدکربن: از گاز $CO_۲$ فقط برای جوش‌کاری فولادهای کربنی و آلیاژهای با درصد کم استفاده می‌شود. گاز $CO_۲$ در اثر حرارت زیاد قوس، به CO و $O_۲$ تجزیه می‌گردد. و در اثر سرد شدن، مجدداً به $CO_۲$ تبدیل می‌شود. گاز بی‌اکسیدکربن یک گاز خنثی نیست و با قطعه کار وارد واکنش می‌شود و تولید اکسید می‌کند. از این‌رو در مواقع استفاده از گاز

۱ــ Gas Metal Arc welding

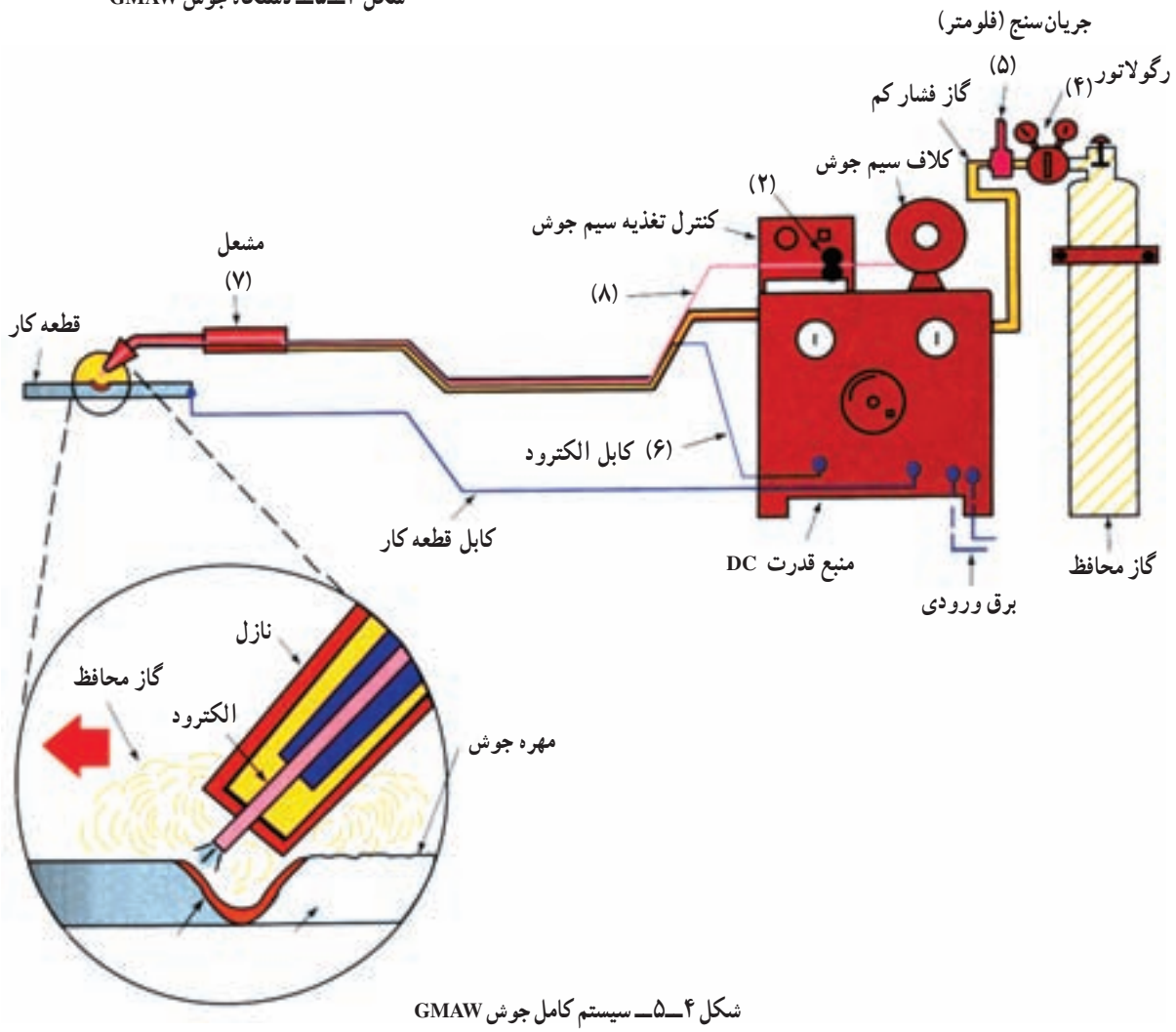
CO_2 باید جنس مفتول الکترود از آلیاژی انتخاب شود که بتواند اکسیدهای فلزی را خارج کند.

گاز CO_2، ۵۰ درصد سنگین‌تر از هوا است و قبل از استفاده باید رطوبت آن گرفته شود. در غیر این صورت رطوبت گاز در قوس ایجاد هیدروژن کرده، فلز جوش را ترد و شکننده می‌کند و در بطن جوش آخال شکل می‌گیرد. گاز CO_2 به خوبی قادر به محافظت قوس الکتریکی است.

۲ــ۲ــ۵ــ مفتول الکترود در جوش‌کاری GMAW:

قطر مفتول الکترود در این روش زیاد نیست و رنج آن بین ۰/۵ــ۳/۱۸ میلی‌متر است. اندازه‌ی متداولی که مصرف آن زیادتر است مربوط به قطرهای ۰/۷۵ــ۰/۹۰ــ۱/۱۴ میلی‌متر است. این الکترودها را یا به صورت وزن یا به صورت متر و یا کلافی می‌فروشند و هر کلاف محتوی چندین هزار متر مفتول الکترود است.

شکل ۳ــ۵ــ دستگاه جوش GMAW



شکل ۴ــ۵ــ سیستم کامل جوش GMAW

ترکیب شیمیایی مفتول الکترود بسیار متنوع است و مواد اکسید زدا[1] نیز به این مفتول‌ها اضافه می‌شوند تا از ایجاد آخال درون جوش جلوگیری کنند.

جوش زیرپودری یا SAW[2]: جوش زیر پودری به چند دلیل به سرعت در خط تولید گسترش می‌یابد، مهم‌ترین این دلایل عبارت‌اند از :

۱ــ سرعت جوش‌کاری در این سیستم زیاد است ؛

۲ــ قوس الکتریکی رؤیت نمی‌شود ؛

۳ــ بدون جرقه است ؛

۴ــ فلز جوش از کیفیت خوبی برخوردار است.

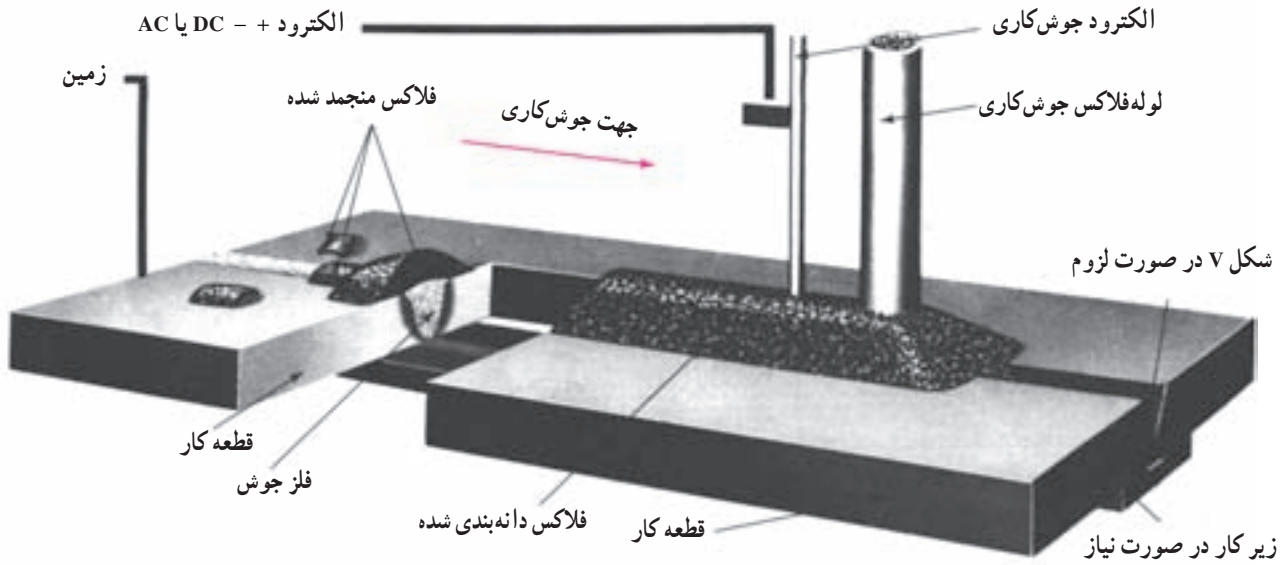
در جوش زیرپودری، قوس الکتریکی مابین یک مفتول الکترود ذوب شدنی و قطعه کار، در زیر پودر شیمیایی شکل می‌گیرد. جنس پودر بیش‌تر از «تیتانیا» (اکسید تیتانیوم) است.

بعضی از ماشین‌های زیر پودری قادرند تا ضخامت ۷۵ mm را با یک پاس در اتصال سربه‌سر جوش دهند. ضخامت مفتول الکترود در رِنج ۵/۵ mm ــ۲ است.

شدت جریان متداول در این روش ۱۰۰۰ آمپر در دستگاه‌های اتومات با الکترود منفرد است و اگر بیش از یک الکترود استفاده شود، مقدار آمپر نیز افزایش خواهد یافت.

در جوش زیر پودری می‌توان از ماشین‌های«AC» و یا «DC » و معمولاً با ولتاژ ثابت (CV)[3] استفاده کرد. در مواقعی که از مفتول الکترود با قطر بزرگ‌تر استفاده می‌کنند، نوع شدت جریان ثابت (C.C)[4] در جوش‌کاری بهتر است. در شکل ۵ــ۵ یک دستگاه جوش زیرپودری و در شکل ۶ــ۵ یک قطعه کار در حال جوش نشان داده شده است.

شکل ۵ــ۵ــ دستگاه جوش زیرپودری



شکل ۶ــ۵ــ قطعه کار در حال جوش

۱ــ مواد اکسیدزدا با اکسیژن ازت و هیدروژن وارد واکنش می‌شوند و باعث می‌گردند که حباب‌های این گازها درون جوش، شکل نگیرد.

۲ ــSAW=Submerged Arc Welding ۳ ــConstant Voltage ۴ ــConstant Current

دستگاه‌های جوش زیر پودری یا به‌طور خودکار و یا نیمه خودکار عمل می‌کنند و الکترود نیز به صورت خودکار وارد ناحیه‌ی قوس می‌شود.

از طریق یک سیستم تغذیه کننده‌ی مکانیکی، پودر (فلاکس) بر روی ناحیه‌ی جوش ریخته می‌شود و از طرفی به‌وسیله‌ی یک دستگاه، پودرهای ذوب نشده، برای استفاده‌ی مجدد مکیده می‌شوند.

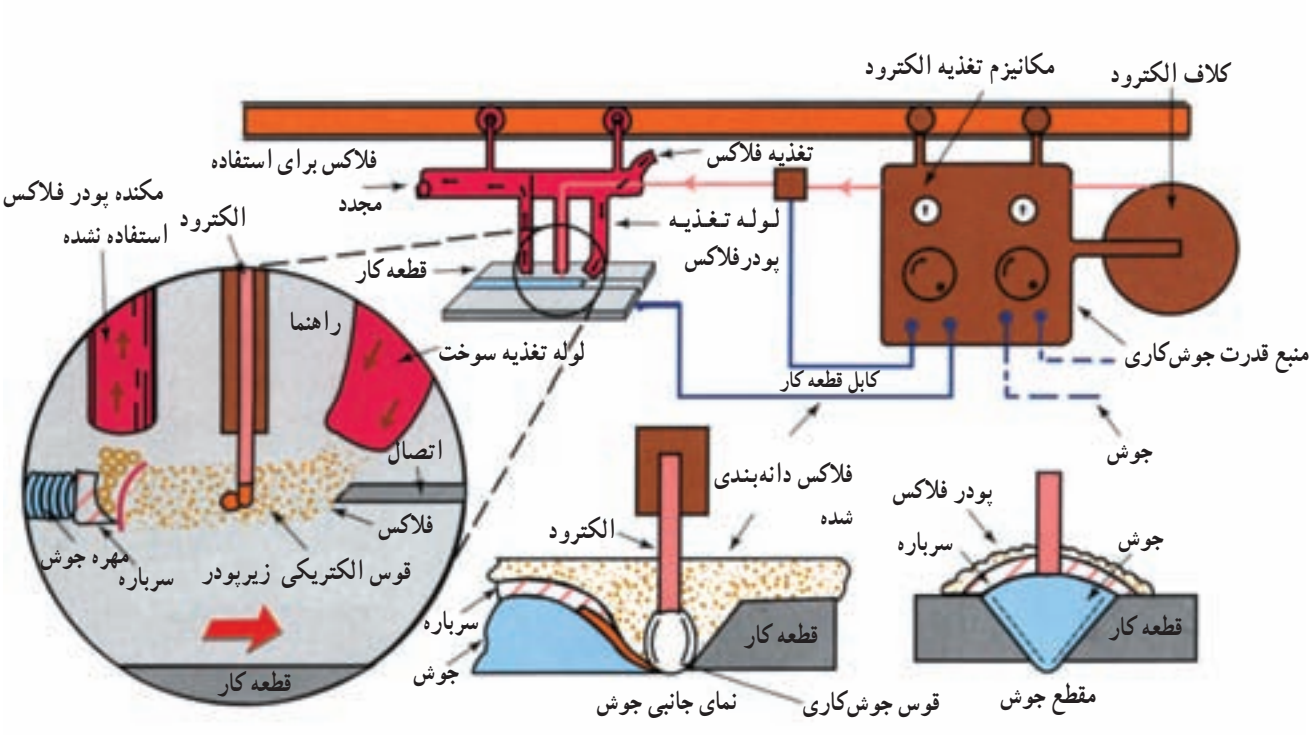
ترکیب شیمیایی پودر، در کیفیت جوش تأثیر زیادی دارد و کمبود عناصر آلیاژی در مذاب جوش به‌وسیله پودر یا فلاکس تأمین می‌شود. پودرهای ذوب شده بر روی سطح جوش کشیده شده، تشکیل یک سرباره می‌دهند و به این وسیله تماس بین فلز جوش و هوای مجاور قطع می‌شود و از طرفی در آهسته سردشدن جوش مؤثر هستند.

یک موتور یونیورسال برای کنترل سرعت در دستگاه تعبیه شده است و می‌تواند سرعت را از $۳\frac{mm}{s}$ تا $۹۰\frac{mm}{s}$ کنترل کند.

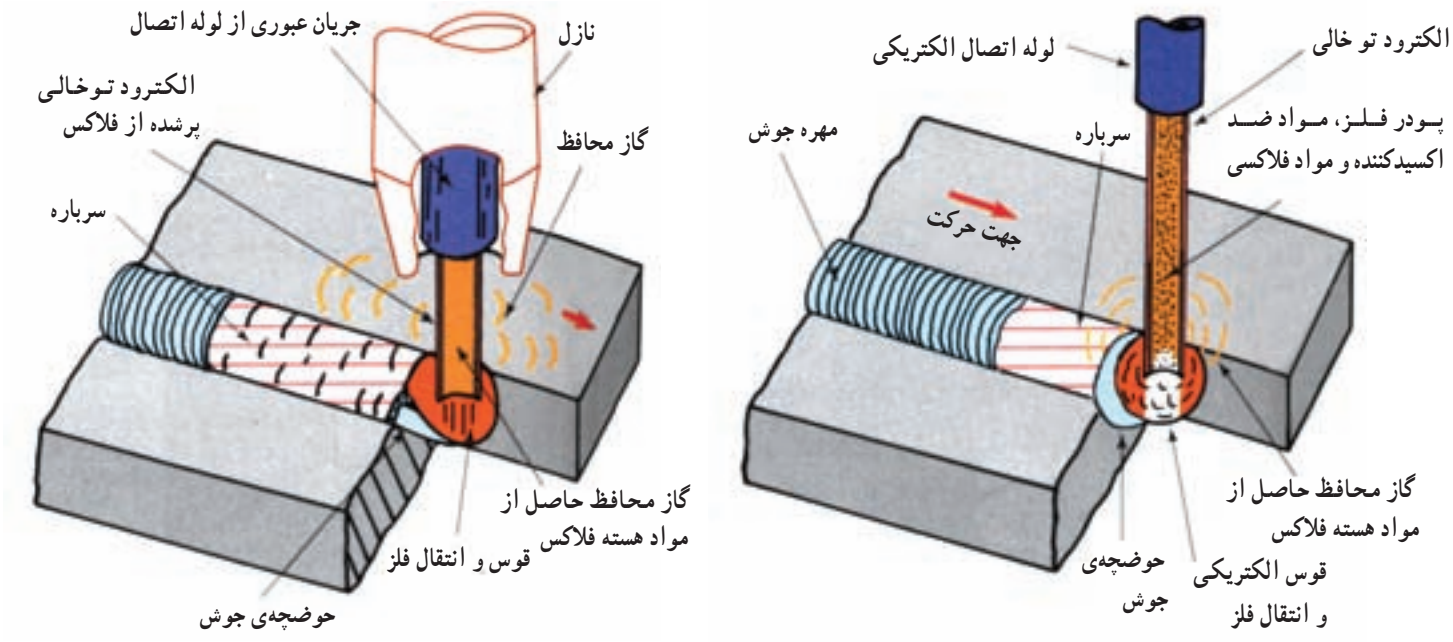
هنگامی که قوس در زیر پودر غوطه‌ور می‌شود و برای جوش‌کار قابل رؤیت نیست، تنظیم صحیح آن به وسیله‌ی یک «آم‌متر» و یک «ولت‌متر» کنترل می‌شود.

جوش زیر پودری برای ساخت کشتی ــ پل ــ کاربرد زیادی دارد.

در شکل ۷ــ۵ یک دستگاه جوش زیر پودری خودکار ، در شکل ۸ــ۵ برش قطعات جوش داده شده و در شکل ۹ــ۵ یک جوش کار را در حال انجام جوش‌کاری نشان می‌دهد.



شکل ۷ــ۵ــ یک دستگاه جوش زیرپودری



الف ــ الکترود با هسته‌ی فلاکس محافظ بدون نازل گاز محافظ

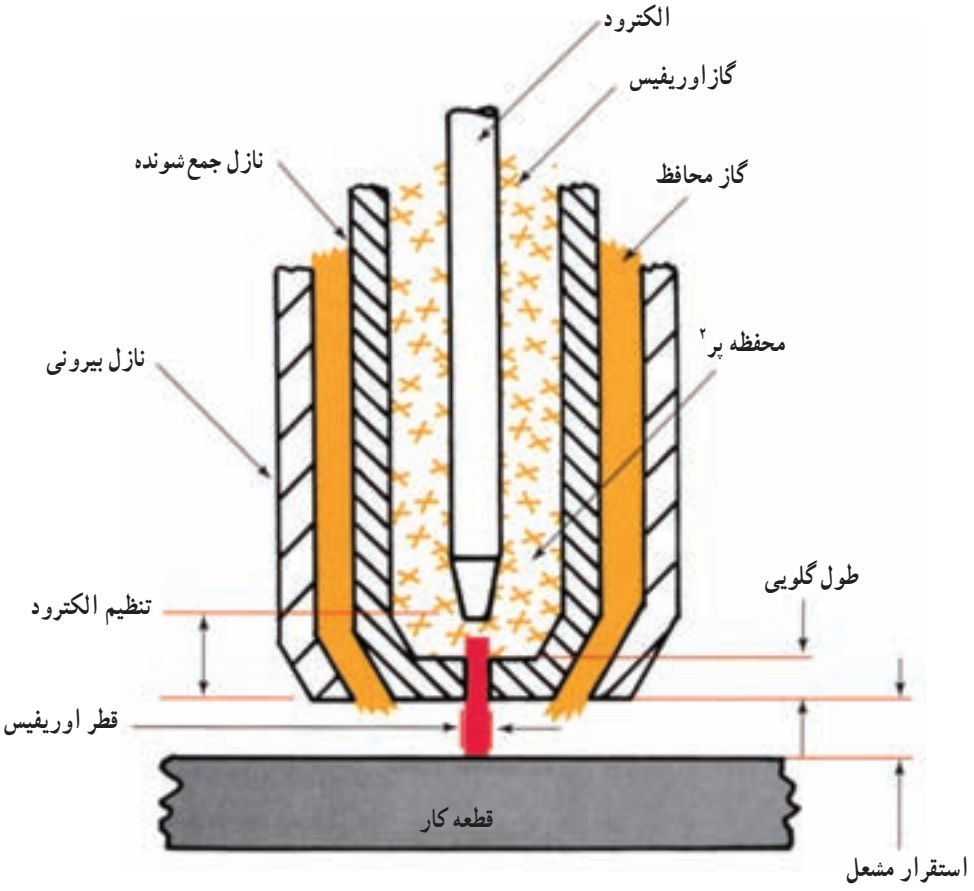
ب ــ دارای هسته گاز محافظ

شکل ۸ ــ۵ــ قطعات کار جوش داده شده

شکل ۹ ــ۵ــ یک جوش‌کار در حال جوش‌کاری

جوش پلاسما PAW[1]: در شکل ۱۰ــ۵ سطح مقطع یک مشعل جوش‌کاری با قوس پلاسما نشان داده شده است. این شکل سطوح فرم و اندازه‌های بحرانی را معرفی می‌کند.

گاز از دو مسیر جداگانه در مشعل عبور می‌کند ؛ مسیر اول، مسیری است که مابین نازل جمع شونده (Constricting nozzle) و نازل بیرونی قرار دارد. گاز از این مسیر خارج شده، در اطراف پلاسما عمل حفاظت را انجام می‌دهد.



شکل ۱۰ــ۵ــ برش یک مشعل جوش‌کاری پلاسما

مسیر دوم، مسیری است که بین الکترود تنگستن و نازل جمع شونده قرار دارد. در این مسیر، گاز از داخل یک قوس الکتریکی عبور می‌کند و به دمای ۱۴۰۰۰ °C می‌رسد. (حالت چهارم ماده) و در اثر دمای بیش از حدّ، به پلاسما تبدیل می‌شود (گاز یونیزه شده). چون درجه حرارت گاز بیش از حدّ است، لذا منبسط شده و در اثر انبساط تحت فشار زیادی قرار می‌گیرد و با سرعت فوق‌العاده زیاد از دهانه‌ی نازل خارج شده، به سطح فلز برخورد می‌کند و یک حوضچه‌ی مذاب را به‌وجود می‌آورد.

گازی که تبدیل به پلاسما می‌شود، نسبت به شرایط جوش‌کاری بین $۰/۲۴\frac{lit}{min}$ تا $۴/۸\frac{lit}{min}$ است.

نوع گاز معمولاً آرگون ــ هیدروژن (Ar ــ H) است و امکان استفاده از اختلاط گازهای آرگون و هلیوم نیز وجود دارد.

برای عمل حفاظت، از گاز CO_2 و یا آرگون CO_2 (Ar ــ CO_2) استفاده می‌کنند و مصرف گاز برای عمل حفاظت در حدود $۱۰\frac{lit}{min}$ است.

۱ــ Plasma arc welding

۲ــ Plenum chamber

جنس الکترود از تنگستن خالص و یا آلیاژ تنگستن ــ توریوم است.

نوع جریان DCSP و CC است.

مزایای این روش جوش‌کاری به‌طور خلاصه عبارت است از :

۱ــ تمرکز زیاد شدت جریان در ستون قوس ؛

۲ــ حداقل حرارت ورودی (heat input) ؛

۳ــ ثبات قوس در طول قوس‌های بلند ؛

۴ــ سرعت عمل زیاد جوش‌کاری و برش‌کاری.

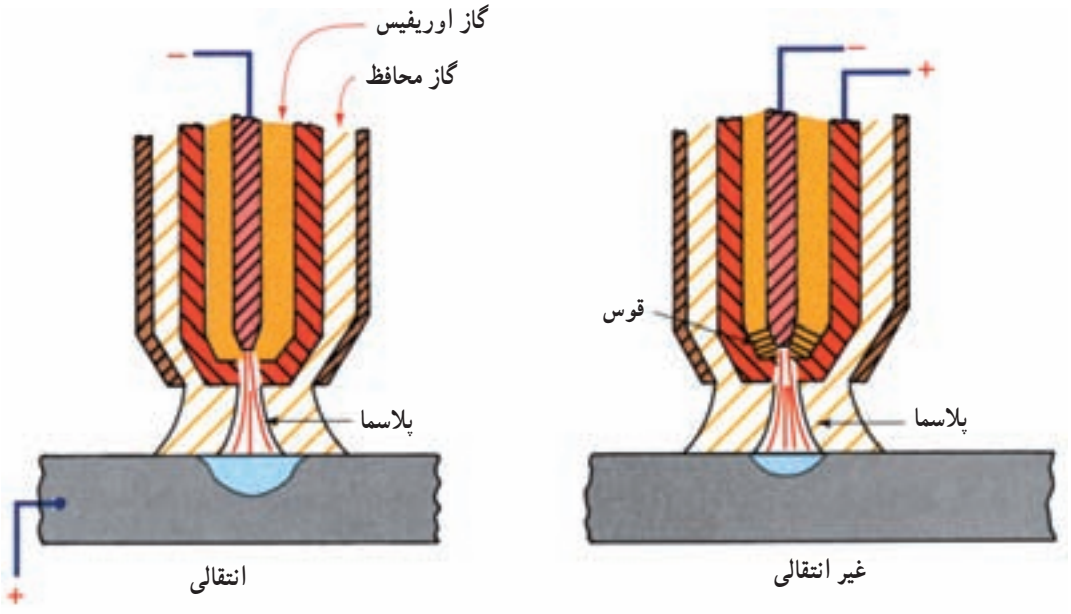
قوس پلاسما ممکن است به دو صورت انتقالی و یا غیرانتقالی باشد.

در قوس انتقالی الکترود تنگستن به ترمینال منفی و قطعه‌ی کار به ترمینال مثبت وصل می‌شود (DCSP). قوس غیرانتقالی قوسی است که در آن الکترود تنگستن، به ترمینال منفی وصل می‌شود و نازل جمع شونده به ترمینال مثبت. بنابراین در قوس غیرانتقالی قطعه‌ی کار در مدار الکتریکی قرار نمی‌گیرد و در این روش نفوذ جوش زیادتر است.

برای جوش‌کاری با قوس انتقالی، مقدار آمپر از ۰/۱ A تا ۵۰۰A است که به جنس فلز و ضخامت آن بستگی دارد.

از قوس‌های غیرانتقالی برای جوش‌کاری و برش‌کاری اجسامی استفاده می‌شود که هادی جریان الکتریسیته نباشند (شکل ۱۰ــ۵).

افزایش سیم‌جوش به حوضچه‌ی مذاب به وسیله‌ی یک دستگاه مکانیکی انجام می‌شود. با این روش می‌توان فولادهای ضدزنگ با ضخامت ۶/۵mm و آلیاژهای تیتانیوم را تا ضخامت ۱۲mm با یک پالس عمل جوش‌کاری، کامل کرد. مقدار ولتاژ در حدود ۲۱V برای ضخامت‌های کم و ۳۸V برای ضخامت‌های زیادتر است و رِنج شدت جریان بین ۱۲۰A تا ۲۷۵A و سرعت جوش‌کاری در حدود $۱۳\frac{mm}{sec}$ است.



شکل ۱۱ــ۵ــ قوس پلاسما

فصل ششم

جوش مقاومتی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
۱ــ انواع مختلف جوش‌کاری مقاومتی را نام ببرد.
۲ــ نحوه‌ی جوش‌کاری مقاومتی نقطه‌ای را به‌طور کامل تشریح کند.
۳ــ عوامل کنترل کننده جوش مقاومتی نقطه‌ای را توضیح دهد.
۴ــ سیستم فشار در جوش مقاومتی را نام برده و توضیح دهد.
۵ــ ساختمان و طرز کار ترانسفورماتور نقطه جوش مقاومتی را توضیح دهد.
۶ــ نحوه‌ی تنظیم نقطه‌جوش را با توجه به متغیرهای مربوط به آن تشریح کند.
۷ــ ویژگی جوش‌کاری زایده‌ای و موارد استفاده آن را توضیح دهد.
۸ــ ویژگی‌ها، موارد استفاده و روش کار جوش غلتکی را توضیح دهد.
۹ــ روش کار و کاربرد جوش واژگونه سربه‌سر را تشریح کند.
۱۰ــ روش کار در فلاش جوش را توضیح دهد.

۶ ــ جوش مقاومتی

جوش مقاومتی به گروهی از روش‌های جوش‌کاری اطلاق می‌شود که در آن‌ها از شدت جریان زیاد و فشار استفاده می‌شود. تولید حرارت از طریق مقاومت الکتریکی (مشابه اجاق الکتریکی) است. روش‌های جوش مقاومتی، براساس سه پارامتر عمده یعنی شدت جریان ــ فشار و زمان است.

در این روش از سیم‌جوش یا الکترود ذوب‌شدنی استفاده نمی‌شود.

روش‌های جوش مقاومتی به چند گروه اصلی تقسیم می‌شوند :

۱ــ نقطه‌ی جوش (Spot welding) یا (RSW) [۱] ؛
۲ــ درز جوش یا جوش غلطکی (Seam welding) ؛
۳ــ جوش زایده‌ای (Projection welding) ؛
۴ ــ جوش سر به سر واژگونه (Upset butt welding) ؛
۵ــ فلاش جوش (Flash welding) ؛

۱ــ۶ــ نقطه‌ی جوش

نقطه‌ی جوش یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های جوش مقاومتی است. در این روش شدت جریان از الکترود به فلزی که جوش می‌خورد و از فلز به الکترود دیگر، جریان می‌یابد. ایجاد مقاومت در مدار شدت جریان، ایجاد حرارت می‌کند.

۱ــ Resistance spot welding

در نقطه‌ی جوش، دو پلیت مابین الکترودها روی هم قرار می‌گیرد و به وسیله‌ی فشار الکترودها و عبور شدت جریان در محل تماس، مقاومت ایجاد شده، انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. در اثر حرارت و فشار در یک نقطه، دو فلز به هم جوش می‌خورند. نکته‌ی اساسی این است که مقاومت الکتریکی فلز جوش‌دادنی و حرارت تولید شده، ناشی از این مقاومت و مقاومت‌های دیگر است.

مطابق شکل (۱ــ۶) در اثر فشار الکترودها، سطح دو فلز مورد جوش به هم می‌چسبد و فاصله‌ی خالی بین آن‌ها کم می‌شود. با کم شدن فضای خالی، مقاومت لایه‌ی بین دو فلز نیز کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی حرارت تولید شده در ارتباط با مقاومت «۵» سطح تماس داده شده با یک دیگر است :

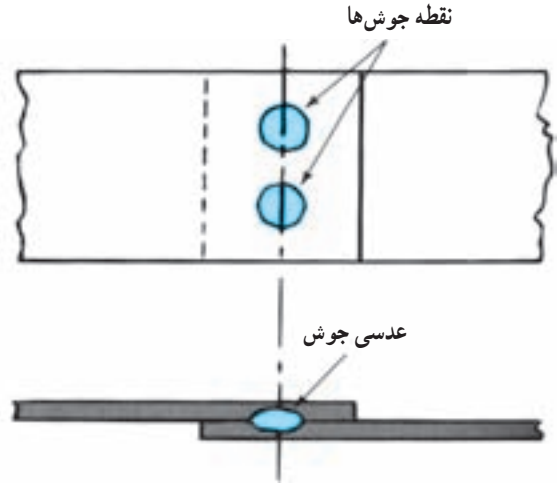
۱ــ مقاومت سطح تماس بین الکترود متحرک و فلز ؛

۲ــ مقاومت سطح تماس بین الکترود ثابت و فلز ؛

۳ــ مقاومت فلز رویی ؛

۴ــ مقاومت فلز زیرین ؛

۵ــ مقاومت بین لایه‌ی دو فلز.



شکل ۱ــ۶ــ اتصال دو قطعه فلز به وسیله‌ی جوش مقاومتی

سیستم ماشین ترانسفورماتور، کاهنده است که در آن ولتاژ زیاد و شدت جریان کم به ولتاژ کم و شدت جریان زیاد تبدیل می‌شود. جنس الکترودها از آلیاژهای مس است که باید از لحاظ فیزیکی بسیار مقاوم باشد تا بتواند در برابر فشار و حرارت دوام داشته باشد. الکترودهایی که برای جوش‌کاری پلیت‌های نازک به‌کار می‌روند، با هوا خنک می‌شوند و الکترودهایی که در ضخامت‌های بیش‌تر به کار می‌روند با آب، خنک می‌شوند.

سیستم کنترل در جوش مقاومتی، مقدار شدت جریان ــ فشار الکترودها و مدت زمانی است که شدت جریان عبور می‌کند.

۱ــ۱ــ۶ــ الکترود در نقطه‌ی جوش: الکترود در نقطه‌ی جوش شدت جریان را به سطح فلزجوش دادنی هدایت می‌کند و لازم است که دارای چندین شرط باشد :

۱ــ رسانای بسیارخوبی برای عبور شدت جریان باشد ؛

۲ــ هدایت حرارتی آن خوب باشد ؛

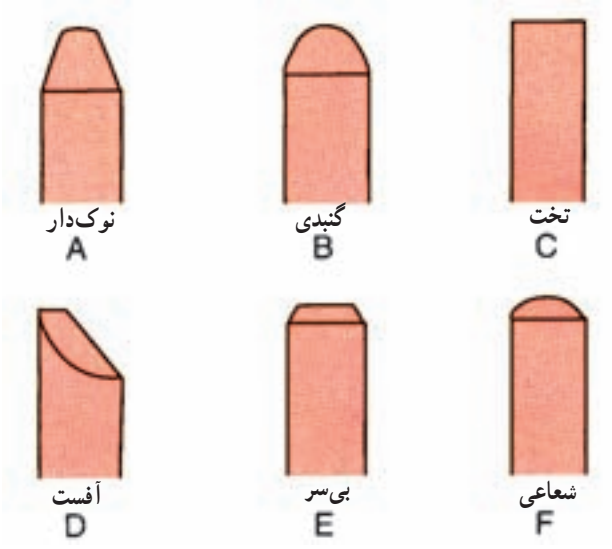
۳ــ مقاوم و سخت باشد ؛

۴ــ در اثر تماس و فشار و حرارت با فلز جوش دادنی آلیاژ نگردد ؛ (ذراتی از الکترود کنده نشود و به کار نچسبد)

مس خالص هادی بسیار خوبی است هم برای جریان الکتریسیته و هم برای حرارت ؛ امّا در برابر فشار مقاوم نیست و از طرفی، در موقع حرارت دیدن نرم‌تر می‌شود، از این‌رو الکترودها را از آلیاژ مس ساخته و به‌کار می‌برند.

هر الکترود دارای یک سطح و یک ساق یا بدنه است.

سطح الکترود: سطح الکترود قسمتی از الکترود است که با فلز جوش‌دادنی تماس پیدا می‌کند. سطح الکترود در طرح‌های متفاوتی ساخته می‌شود. (شکل ۲ــ۶)



شکل ۲ــ۶ــ انواع سطوح الکترود

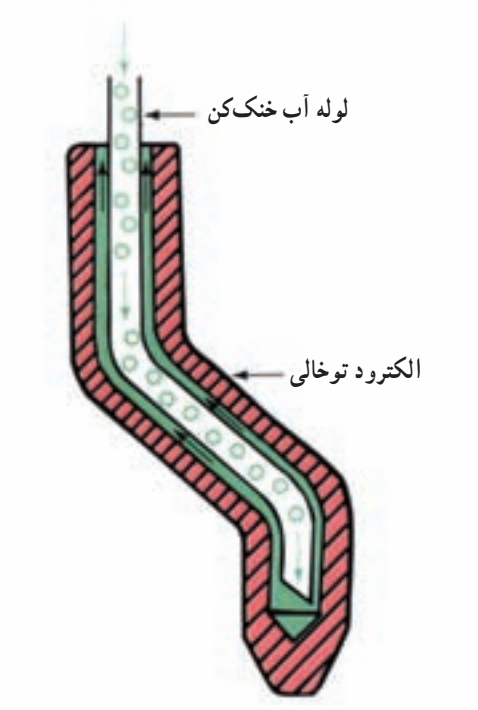
ساق الکترود: ساق یا بدنه‌ی الکترود باید به اندازه‌ای باشد که بتواند در برابر فشار مقاوم و در برابر حرارت و جریان الکتریسیته، رسانای خوبی باشد.

ساق الکترود را ممکن است برای کارهای مشخصی فُرم‌دار ساخته، به کار ببرند. (شکل ۳ــ۶) الکترودها بیش‌تر از دو قسمت ساخته می‌شوند :

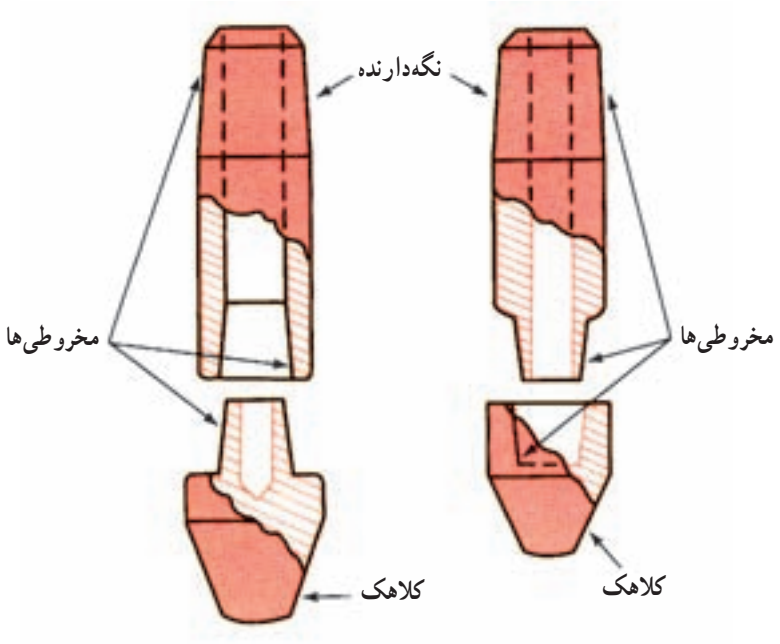
۱ــ قسمت کلاهک الکترود ؛

۲ــ قسمت نگه دارنده یا «adaptor».

کلاهک و نگه‌دارنده را ممکن است به صورت نر و ماده بسازند و برای متصل کردن این دو قسمت به هم نر و مادگی را به شکل مخروط می‌تراشند تا پس از وصل شدن آب‌بندی گردند. (شکل ۴ــ۶).



شکل ۳ــ۶ ــ ساق الکترود و مجرای عبور آب



شکل ۴ــ۶ــ کلاهک و نگه‌دارنده

۲ــ۱ــ۶ــ پارامترهای کنترل کننده‌ی جوش مقاومتی

نقطه‌ی جوش: یکی از روش‌های اتصال فلزات به یک‌دیگر این است که در آن‌ها سوراخ ایجاد کرده، سپس به وسیله‌ی پرچ یا پیچ آن‌ها را به هم متصل می‌کنند. طریق دیگر اتصال، این است که قطعات را مانند پیچ در نقاطی به هم جوش داده، متصل می‌کنند. اما اختلاف بین این گونه اتصالات از لحاظ فیزیکی و مکانیکی بسیار زیاد است.

در سیستم جوش‌کاری پنج متغیر وجود دارد که باید آن‌ها را به‌طور دقیق کنترل کرد و این پنج متغیر عبارت‌اند از :

a ــ زمان ؛

b ــ شدت جریان ؛

c ــ فشار ؛

d ــ سطح تماس الکترودها ؛

e ــ نوع و سیستم ماشین.

a ــ *زمان:* زمانی که برای جوش‌دادن یک نقطه از فلز لازم است، خود به سه دوره تقسیم می‌شود :

۱ــ زمان فشردگی

۲ــ زمان جوش‌کاری

۳ــ زمان نگه‌داری

شکل ۵ــ۶ــ یک دستگاه جوش مقاومتی

زمان فشردگی: زمانی است که الکترودها دو ورق را در بین خود فشار می‌دهند.

زمان جوش‌کاری: زمانی است که شدت جریان از الکترود متحرک به فلز و از فلز به الکترود ثابت جریان می‌یابد و در اثر مقاومت ایجاد شده، فلز به نقطه‌ی ذوب می‌رسد.

زمان نگه‌داری: زمانی است که پس از توقف شدت جریان، فشار الکترودها تا منجمد شدن جوش، اعمال می‌شود.

این سه دوره‌ی زمانی، یک توالی جوش‌کاری است و هر سه زمان به وسیله‌ی پانل که بر روی ماشین است، کنترل می‌شوند.

زمان برحسب سیکل و یا هرتس یعنی $\frac{۱}{۵۰}$ ثانیه است.

۳ــ۱ــ۶ــ شدت جریان: شاید بتوان گفت که شدت جریان یکی از عمده‌ترین متغیرها در سیستم جوش مقاومتی است.

تغییر دادن شدت جریان به یکی از دو راه زیر ممکن است :

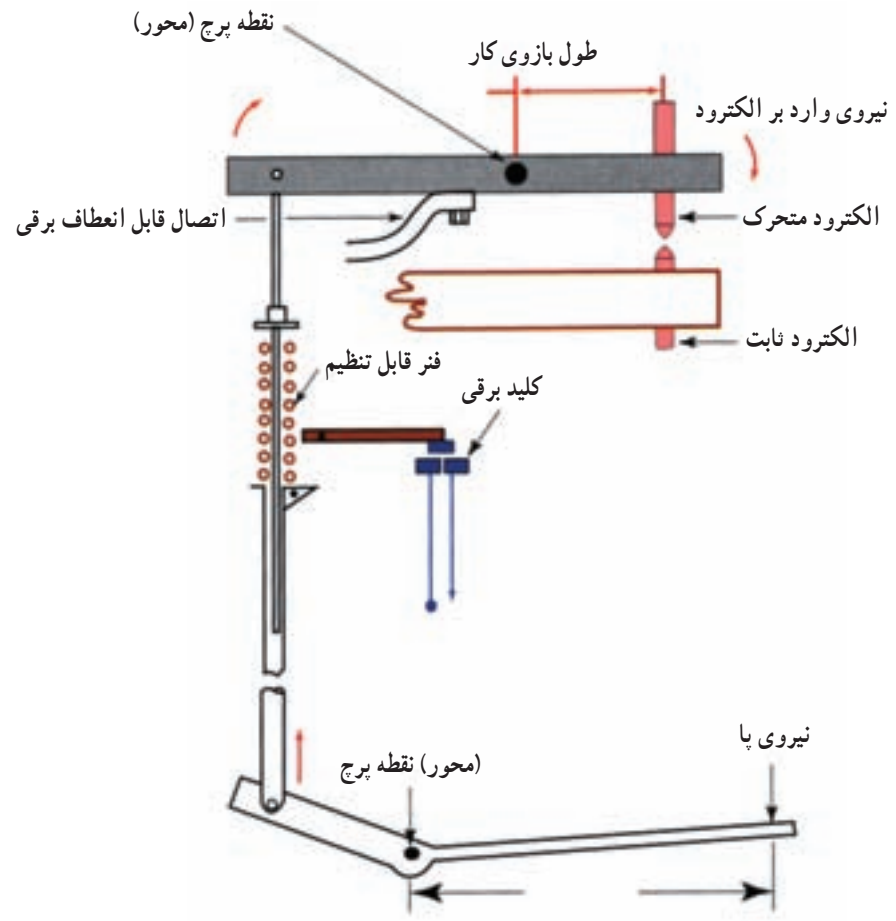
الف ــ تغییر دادن tap یا پانل که در روی ماشین تعبیه شده است ؛

ب ــ تغییر دادن سلکتور (درصد حرارت) که در روی ماشین موجود است (شکل ۵ــ۶).

در شکل (۶ــ۶) قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش مقاومتی و در شکل (۷ــ۶) قسمت‌های الکتریکی آن نشان داده شده است.

با تغییر دادن هر پله از tap یا پانل، شدت جریان در یک رِنج تغییر می‌کند و با تغییر دادن سلکتور نیز، مقدار زیادی حرارت (که ناشی از شدت جریان است) تغییر می‌کند.

برای مثال ممکن است با انتخاب یک پله از پانل، رِنج تغییرات شدت جریان از ۴۰۰۰A تا ۱۰،۰۰۰A باشد.



شکل ۶ــ۶ــ قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش

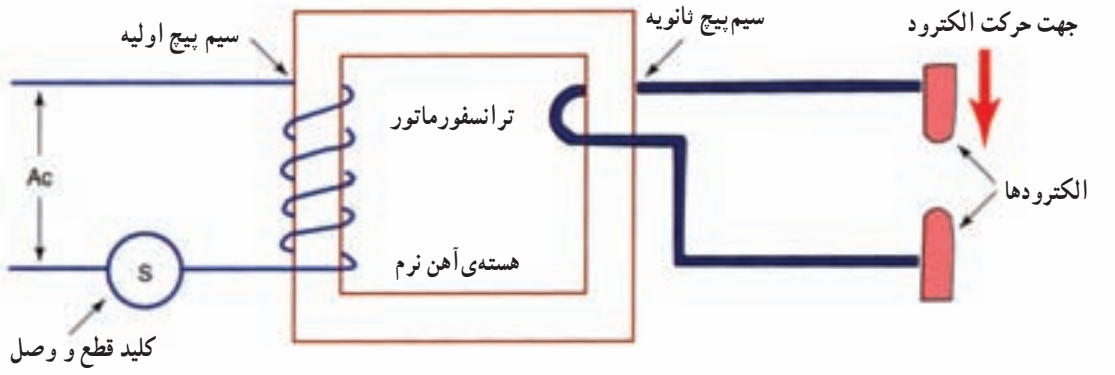
و اگر سلکتور را روی ٪۷۵ تنظیم کنیم، شدت جریان برای جوش‌کاری برابر است با :

۴۰۰۰A + [(۰/۷۵) (رِنج شدت جریان)]

۱۰,۰۰۰A − ۴۰۰۰A = ۶۰۰۰A = رنج شدت جریان

۴۰۰۰A + [۰/۷۵(۶۰۰۰A)] = ۸۵۰۰A

پس شدت جریانی که از دستگاه گرفته می‌شود تا عمل جوش‌کاری انجام شود، ۸۵۰۰A است.



شکل ۷ــ۶ــ قسمت‌های الکتریکی یک دستگاه نقطه جوش

۴ــ۱ــ۶ــ سیستم فشار در جوش مقاومتی: چهار روش متفاوت برای اعمال فشار به وسیله‌ی الکترودها متداول است :

۱ــ استفاده از سیستم مگنت (مغناطیس) ؛

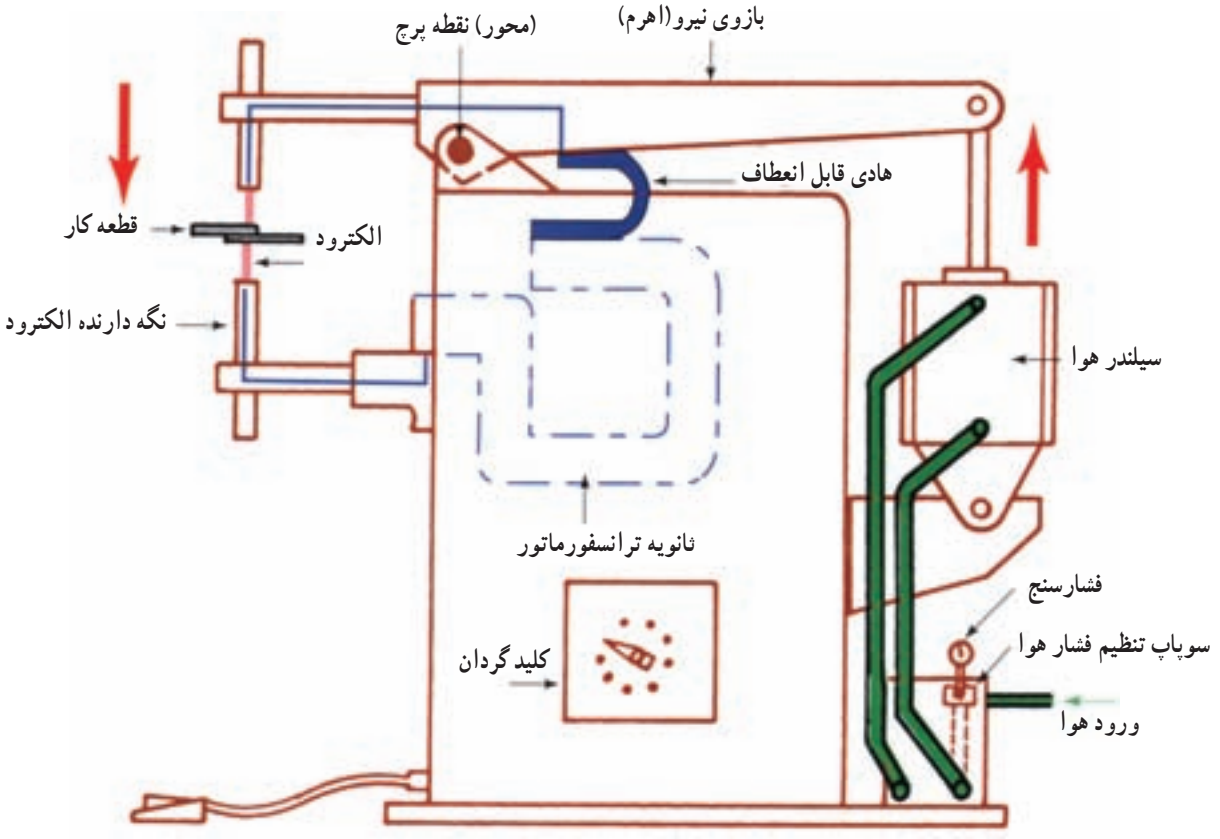
۲ــ استفاده از سیستم پنوماتیک (هوا) ؛

۳ــ استفاده از سیستم هیدرولیک (مایعات) ؛

۴ــ استفاده از سیستم مکانیکی (اهرم).

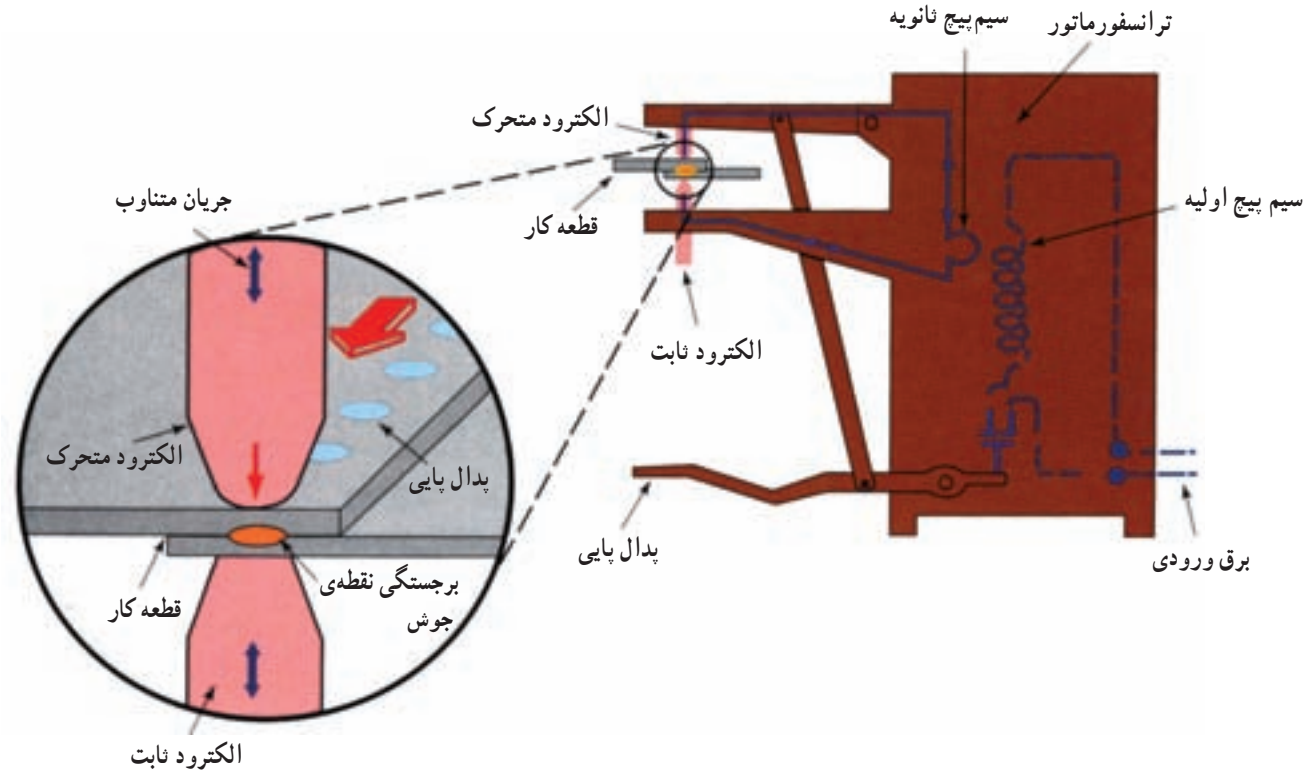
در اغلب ماشین‌ها به علت ارزان بودن سیلندر پنوماتیک نسبت به سیلندر هیدرولیکی، از سیستم پنوماتیک استفاده می‌کنند. (شکل ۸ــ۶) ولی در سیستم‌های هیدرولیکی علاوه بر این که قادر است فشارهای زیادی اعمال کند، عمل اعمال فشار نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد.

به هر حال، سیستم فشار به ظرفیت ماشین و نوع فلزی که باید جوش داده شود، بستگی دارد.



شکل ۸ ــ۶ــ دستگاه جوش مقاومتی، استفاده از هوا

در ماشین‌های با ظرفیت کم، فشار از طریق یک پدال پایی و یک بازوی اهرم و یک فنر که متصل به بازوی الکترود است، انجام می‌شود. (شکل ۹ــ۶).



شکل ۹ــ۶ــ دستگاه جوش مقاومتی استفاده از سیستم مکانیکی

در سیستم پنوماتیک فشار از طریق یک پدال پایی و یک سیلندر هوا (که به بازوی متحرک الکترود وصل است) اعمال می‌شود (شکل ۸ــ۶).

هم‌چنان که گفته شد، سیستم فشار تا حدودی به نوع فلز جوش دادنی بستگی دارد. برای مثال در جوش آلومینیم یک دوره‌ی فشار اضافی، نسبت به فولاد لازم است که آن را فشار آهنگری می‌نامند. این فشار در زمانی به الکترود اعمال می‌شود که شدت جریان قطع شده، اما هنوز سطح جوش، مذاب و یا خمیری شکل است فشار در این هنگام اعمال می‌شود تا ذرات فلز درهم رفته، سرد و منجمد شوند.

۵ــ۱ــ۶ــ ترانسفورماتور نقطه‌ی جوش مقاومتی:

در سیستم جوش مقاومتی نیاز به شدت جریان خیلی زیاد ولتاژ کم است. نوع ماشین بیش‌تر به صورت ترانسفورماتور کاهنده یا step down trans است.

برای مثال اگر یک ترانسفورماتور ۵۰ آمپر و ۲۳۰ ولت را به ۱۰۰ آمپر و ۱۱۵ ولت تبدیل کند، یا به ۱۰۰۰ آمپر و ۱۱/۵ ولت و یا این که به ۱۰،۰۰۰ آمپر و ۱/۱۵ ولت تبدیل کند، در هر سه حالت مقدار توان برحسب وات ۱۱۵۰۰W خواهد بود.

$$۱۰۰A \times ۱۱۵V = ۱۱۵۰۰W$$

$$۱۰۰۰A \times ۱۱/۵V = ۱۱۵۰۰W$$

$$۱۰،۰۰۰A \times ۱/۱۵V = ۱۱۵۰۰W$$

معمولاً ترانسفورماتور جوش مقاومتی، از طریق مدار ثانویه باید «۵۰۰۰A» تا «۱۰۰،۰۰۰A» برای کارهای متداول تأمین شود لذا با توجه به مثال فوق می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ولتاژ باید بسیار کم باشد. مقدار ولتاژ برای مدار باز حدوداً ۱۰ ولت

است و در هنگام جوش‌کاری (مدار بسته) این مقدار به کم‌تر از ۱ ولت می‌رسد.

دوره‌ی کاری ٪۵۰ نشان می‌دهد که ماشین می‌تواند به‌طور اطمینان‌بخش، ۳۰ ثانیه از یک دقیقه را جوش‌کاری کند.

۶ــ۱ــ۶ــ تنظیم نقطه‌ی جوش: بنابر آن‌چه گفته شد، پنج متغیر در سیستم نقطه‌ی جوش مقاومتی وجود دارد که باید به‌آن‌ها توجه نمود :

زمان ــ شدت جریان ــ فشار الکترود ــ سطح تماس الکترود و نوع ماشین.

انتخاب نوع ماشین، به شرایط کار بستگی دارد. از طرفی جوش‌کار به اطلاعاتی نیاز دارد که می‌تواند دستگاه را به‌طور صحیح تنظیم کند ؛ برای مثال لازم است بداند چه نوع فلزی را و با چه ضخامتی باید جوش بدهد.

به‌عنوان نمونه در جوش‌کاری فولاد کم کربن، جوش‌کار باید بداند که سطح تماس الکترود چه اندازه باید باشد و یا زمان جوش‌کاری و هم‌چنین اندازه‌ی شدت جریان و یا فشار الکترود، چقدر باید باشد روابط تجربی و تقریبی زیر می‌تواند راه‌گشای جوش‌کار باشد :

فرض کنید لازم است دو قطعه فلز، هر کدام به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر را، جوش‌کاری کرد.

دوره‌ی زمانی و مقدار شدت جریان، را حساب کنید.

محاسبه‌ی زمان:
- زمان برحسب دوره = $\boxed{۴/۷۳} \times (TT)$[1]
- $۴/۷۳ \times (۲ \times ۱/۵\,mm) = ۱۴/۱۹$

زمان جوش‌کاری برحسب دوره یا هرتس

محاسبه‌ی شدت جریان:
- شدت جریان برحسب آمپر $= \boxed{۴۹۳۵} \times (TT)$
- شدت جریان برحسب آمپر $۴۹۳۵ \times (۲ \times ۱/۵) = ۱۴۸۰۵$

محاسبه‌ی اندازه‌ی نوک الکترود:
- قطر سطح تماس الکترود $= (TT) + \boxed{۴/۵۴}$
- قطر سطح تماس الکترود $۴/۵۴ + (۲ \times ۱/۵) = ۷/۵۴\,mm$

محاسبه‌ی فشار:
- فشار الکترود برحسب نیوتن $= (TT) \times \boxed{۱۵۰۰}$
- $۱۵۰۰ \times (۲ \times ۱/۵) = ۴۵۰۰\,N.$

۲ــ۶ــ درز جوش مقاومتی یا جوش غلتکی (RSEW)[2]

درز جوش مقاومتی یک روش مخصوص نقطه جوش است. کاربرد این روش بیش‌تر برای جوش‌کاری درز قوطی‌های مواد غذایی است که باید آب‌بندی باشند و یا این که هوا نتواند داخل قوطی گردد.

الکترودهای این روش به صورت غلتک است یعنی قطعه‌ی کار در زیر فشار غلتک‌ها حرکت می‌کند. روی این ماشین‌ها یک دستگاه تایمر دقیق وجود دارد که به‌وسیله‌ی آن می‌توان جوش را به صورت یک خط مستقیم و یا به‌صورت تناوبی انجام داد.

ماشین‌های درز جوش خودکار هستند.

عمل جوش‌کاری نزدیک به لبه‌ی دو فلزی که روی هم قرار می‌گیرند، انجام می‌شود. جوش‌کاری در این روش، به دو صورت است :

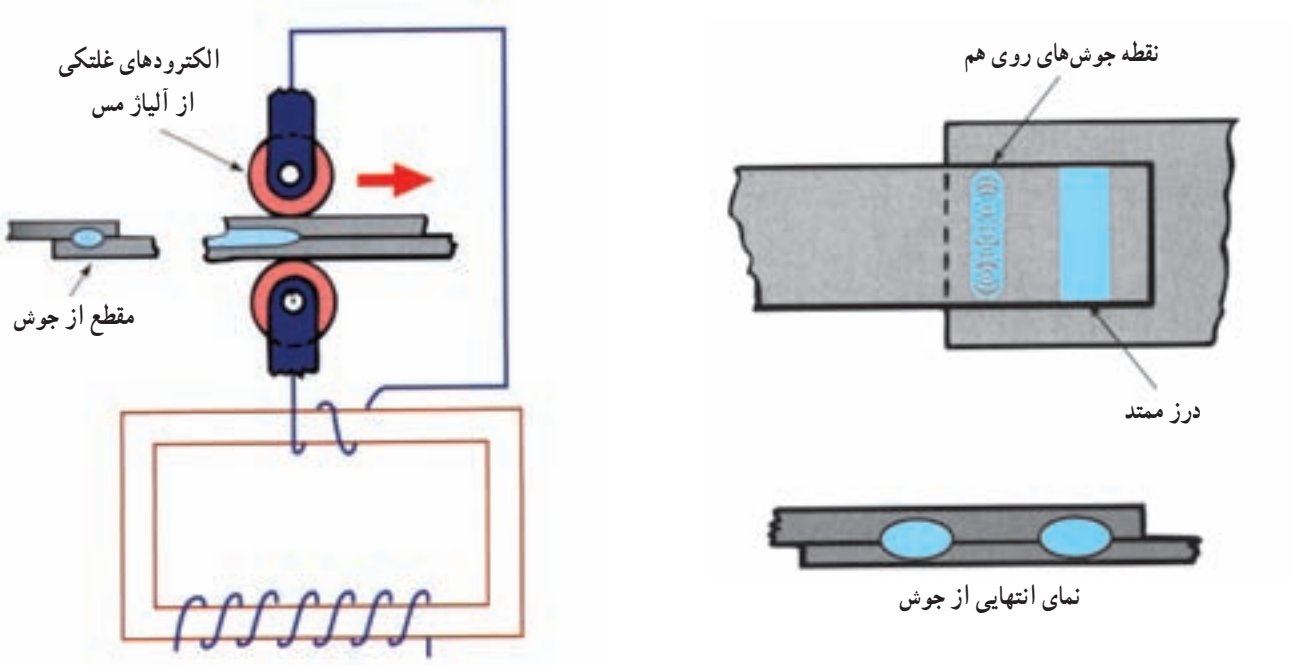
۱ــ قطعه‌ی کار ثابت و غلتک‌ها در طول درز حرکت می‌کنند ؛ (شکل ۱۰ــ۶).

۲ــ غلتک‌ها ثابت و قطعه‌ی کار در زیر فشار الکترودها حرکت می‌کند (شکل ۱۱ــ۶).

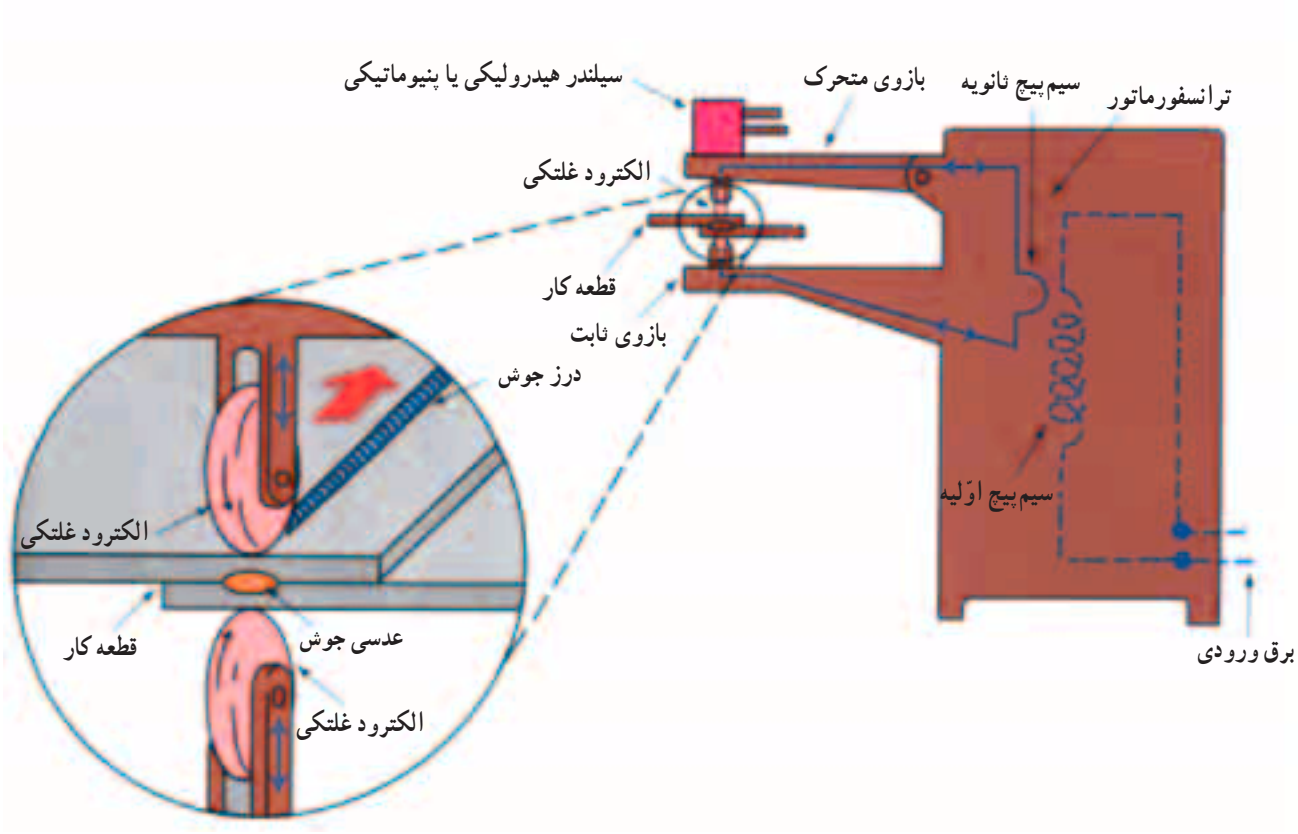
نوع دیگر این روش که «butt seam welding» نامیده می‌شود، برای جوش‌کاری درزهای طولانی مانند جوش درز لوله به‌کار می‌رود. قبل از این که لوله از بین دو غلتک عبور کند، لبه‌های فلز به‌وسیله‌ی شدت جریان به دمای ذوب می‌رسد وغلتک‌ها لبه‌های درز سر به سر را به هم فشار داده، لوله جوش می‌خورد.

۱ــ Total Thickness

۲ــ Resistance Seam Welding

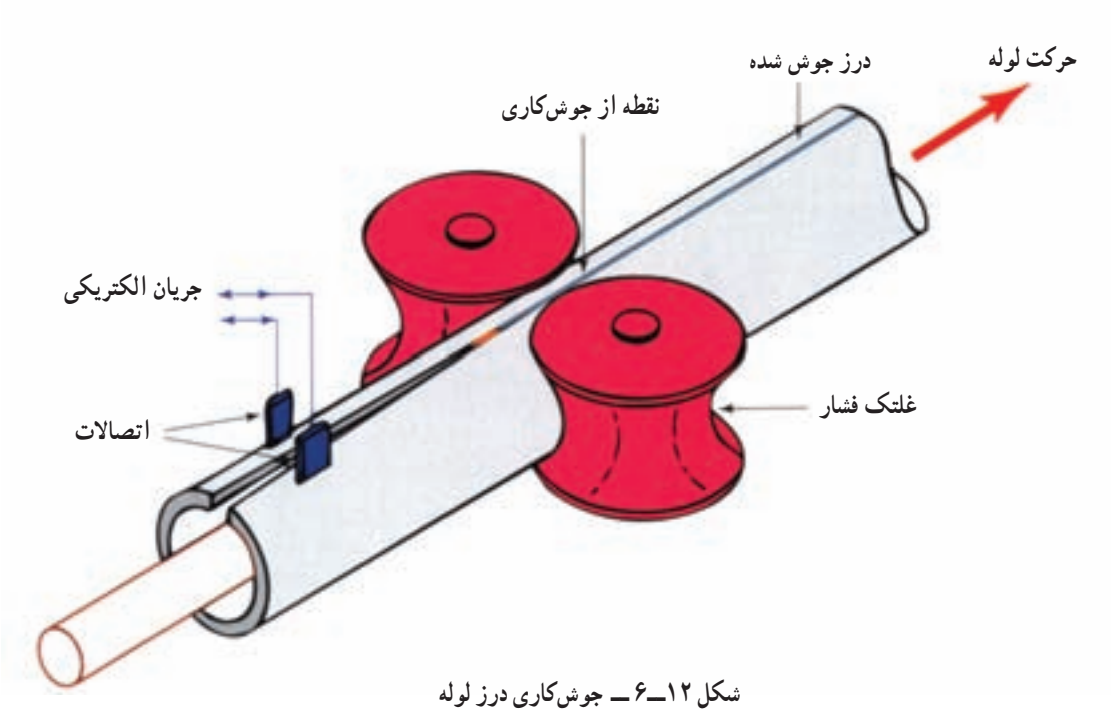


شکل ۱۰ــ۶ ــ جوش‌کاری مقاومتی درز جوش با غلتک‌های متحرک



شکل ۱۱ــ۶ ــ جوش‌کاری مقاومتی درز جوش با قطعه کار متحرک

پس از جوش خوردن لبه‌های لوله، تا زمانی که لبه‌های ذوب شده منجمد گردند، در زیر فشار الکترودها قرار خواهند داشت (شکل ۱۲ــ۶).

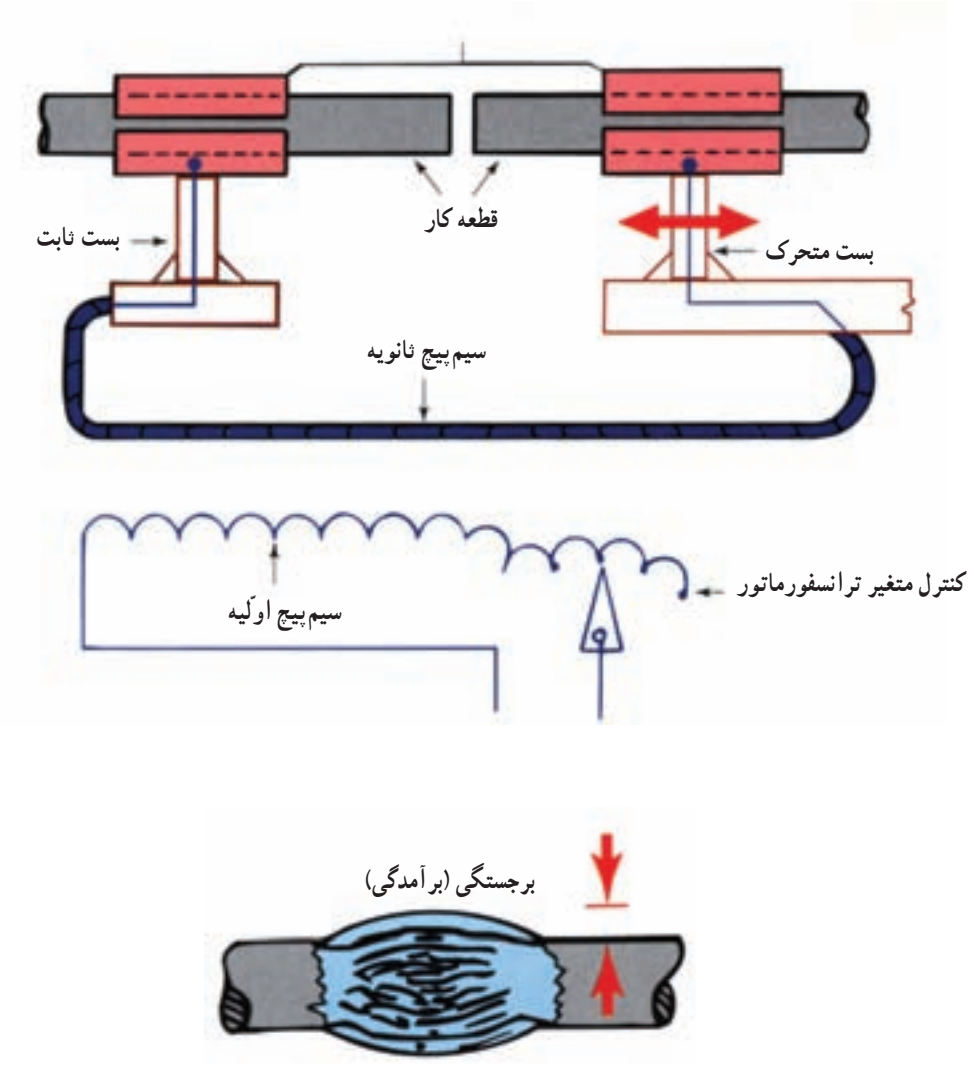


شکل ۱۲ــ۶ ــ جوش‌کاری درز لوله

۳ــ۶ ــ جوش واژگونه سربه سر Upset Welding (UW)

در این روش دو قطعه‌ای را که می‌خواهند به‌طور سربه‌سر جوش دهند، در دو فک ماشین قرارداده، محکم می‌کنند. یکی از فک‌های ماشین ثابت و دیگری متحرک است (شکل ۱۳ــ۶).

سطح مقطع فلزهای مورد جوش‌کاری واقع شده، باید کاملاً تمیز باشد و دقیقاً در یک راستا قرار گیرند. به وسیله‌ی فک‌ها هر دو قطعه به‌طور سربه‌سر به هم فشرده می‌شوند و شدت جریان زیادی از یک فک به فک دیگر، انتقال می‌یابد و چون بین سطوح دو قطعه، مقاومت وجود دارد، لذا در این قسمت انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و ناحیه‌ی به هم جفت شده، به‌صورت خمیری شکل درآمده، در اثر فشار فک‌ها دو قسمت به‌یک‌دیگر جوش می‌خورند. (upset) این برآمدگی در زمانی شکل می‌گیرد که شدت جریان عبور می‌کند و بعد از این که شدت جریان متوقف گردید، دو فلز به هم جوش خورده، پس از یک زمان بسیار کوتاه، به یک قطعه‌ی یک پارچه تبدیل می‌شوند و پس از آن، فشار از روی فک‌ها برداشته می‌شود. کاربرد این روش در قطعات ضخیم است مانند جوش لوله به‌طور سربه‌سر ــ مفتول‌ها ــ میله ــ تسمه بادامک‌های زنجیر ــ میل‌لنگ و غیره.



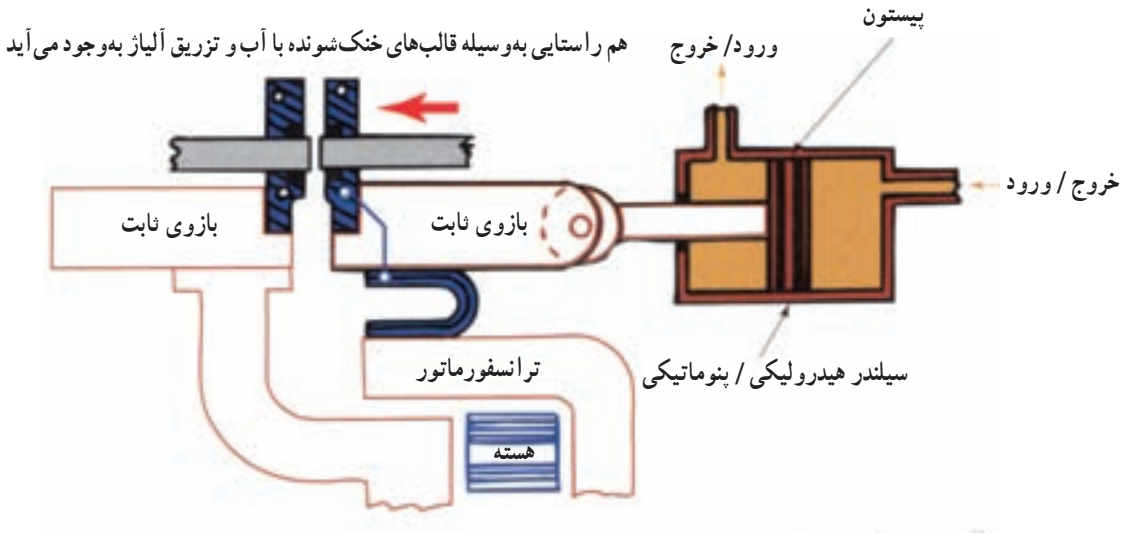
شکل ۱۳ــ۶ ــ جوش واژگونه سربه‌سر

۴ــ۶ ــ فلاش جوش Flash Welding (FW)

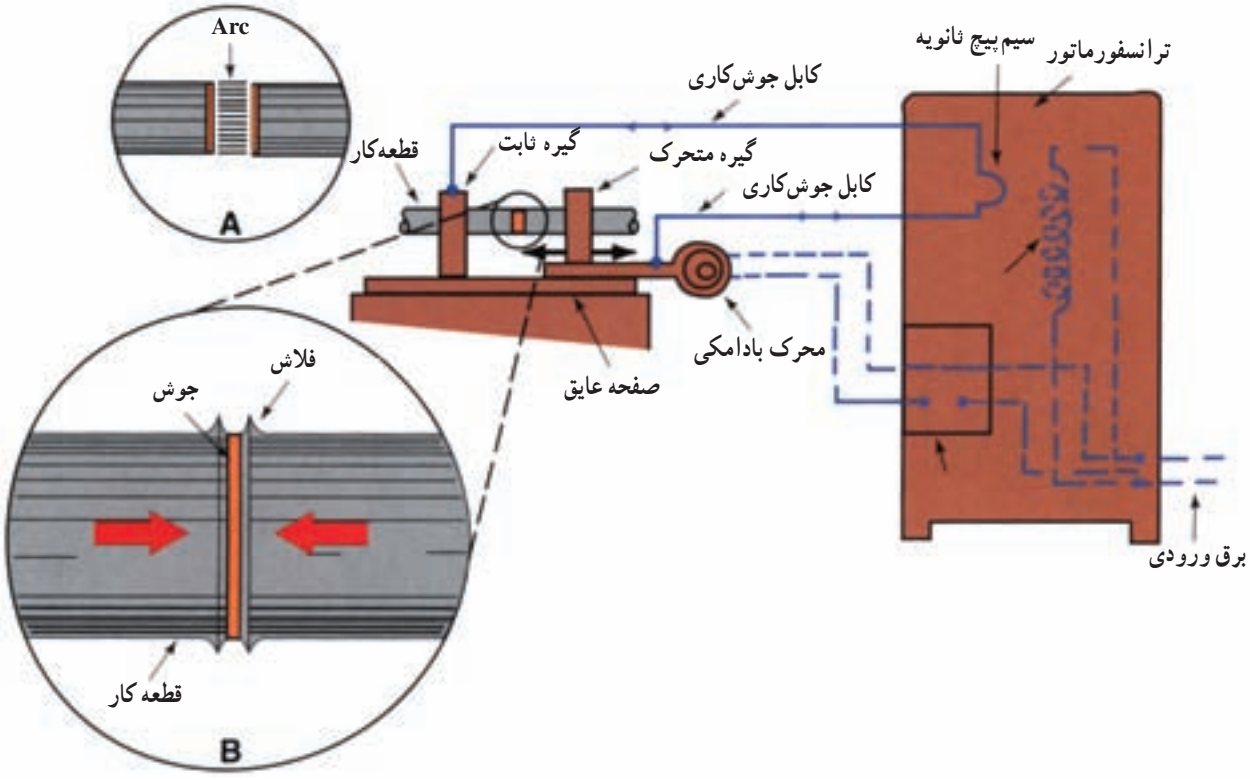
فلاش جوش یکی از انواع روش‌های جوش مقاومتی است که کاربرد آن در جوش‌کاری فلزات به‌صورت سربه‌سر مانند روش جوش واژگونه است.

در این روش انتهای دو فلزی که باید به هم جوش بخورند، نیاز به تمیز کردن و یا ماشین کردن ندارد.

قطعات را در دو فک دستگاه قرار می‌دهند. یکی از فک‌ها متحرک و دیگری ثابت است. به هنگام شروع جوش‌کاری، دو قطعه را به‌طور بسیار مختصر به هم تماس می‌دهند. حرارت موردنیاز جوش‌کاری وقتی ایجاد می‌شود که شدت جریان زیادی از یک قطعه به قطعه دیگر برود. در اثر ناهمواری سطوح دو قطعه (که به‌طور مختصر با هم تماس دارند،) مقاومت بسیار زیادی ایجاد می‌شود و مابین دو سطح فلز، حرارت تولید می‌گردد. در اثر خشن بودن و ناهمواری دو سطح یک قوس بین آن‌ها ایجاد می‌شود که این روش را، «فلاش جوش» می‌نامند. این قوس کوچک حرارت نیز حرارت را به دو سطح می‌دهد. در زمانی که قوس برقرار است، دو قطعه را به‌طور آهسته به طرف یک‌دیگر حرکت می‌دهند (با فشار کم) و هنگامی که سطح دو فلز به نقطه‌ی ذوب رسید، شدت جریان قطع می‌شود و هم‌زمان، فشار خیلی زیادی به دو قطعه اعمال می‌شود. معمولاً فشار به‌وسیله‌ی سیلندرهای پنوماتیکی یاهیدرولیکی مطابق شکل ۱۴ــ۶ و گاهی اوقات از طریق یک موتور و بادامک اعمال می‌شود (شکل ۱۵ــ۶).



شکل ۱۴ــ۶ ــ یک دستگاه فلاش جوش پنوماتیکی



شکل ۱۵ــ۶ ــ یک دستگاه فلاش جوش موتور و بادامکی