

حفاظت و ایمنی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- عوامل فردی که شخص را از خطرات حفاظت می‌کند، توضیح دهد.
- ۲- ایمنی عمومی محیط کارگاه را شرح دهد.
- ۳- وسایل و لوازم حفاظت فردی از حوادث را توضیح دهد.
- ۴- راه‌های پیشگیری از آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی را شرح دهد.
- ۵- راه‌های حفاظت و ایمنی وسایل کار و ماشین‌ها را توضیح دهد.

۳- حفاظت و ایمنی

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

۱-۳- 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 پلوقی همراه با کلاه ایمنی استفاده کنند.

حرارت، جرقه، بخار ناشی از فلزات مذاب، تشعشع ناشی از جوش کاری، ولتاژ برق، فلز داغ، وسایل نقلیه‌ی کارگاهی مانند لیفت‌تراک، 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.

۲-۳- لباس و ادوات ایمنی شخصی

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

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.

۳-۵- 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 جوش کاری مورد استفاده‌ی جوش کار است. تکیه‌گاه صفحه‌ای سنگ باید مطابق شکل (۳-۱) بسته شود و سطح آن باید کمی بالاتر از مرکز ثقل سنگ قرار گیرد.



شکل ۳-۱- ماشین سنگ سمباده

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 جوش کار و سایر کارگران الزامی است. جوش کارانی که با قوس الکتریکی کار می‌کنند، باید از ماسک با لنزی که درجه‌ی تاری مناسب داشته باشد، استفاده کنند (ر.ک. به جدول ۲-۱ شیشه‌ی ماسک ص ۲۳).

۳-۳- نگه‌داری محیط کارگاه

یکی از فاکتورهای بسیار مهم ایمنی به خصوص در جوش کاری، 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 جوش کاری وجود داشته باشند. از پراکندگی کابل جوش کاری و یا نبر الکترود و نیز الکترود باید پرهیز کرد.

۳-۴- 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 این کار ضروری است.

نگه‌داری اشیایی که برای جلوگیری از گسترش آتش به کار می‌روند، باید در محلی باشد که با رنگ قرمز روشن مشخص شده باشد (که به سرعت جلب توجه کند).

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

۳-۶- گرد و خاک و دود

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

همه‌ی روش‌های جوش کاری و نیز برش کاری باید در محیطی انجام شود که اولاً فضای کافی برای تهویه وجود داشته باشد. درتانی قبل از جوش کاری و در زمان جوش کاری و نیز پس از آن، سیستم تهویه کار کند. بعضی از آلیاژها در موقع

جوش کاری حاوی بخارات سمی هستند، لذا سیستم تهویه، باید بالاتر از سطح میز کار قرار گیرد به طوری که عمل تهویه کمی پایین‌تر از دماغ و دهن جوش کار انجام شود. این سیستم تهویه ممکن است ثابت و یا پرتابل باشد (شکل ۲-۳).

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



شکل ۲-۳- دستگاه تهویه

داشته باشد یا رشته‌ی سیم بیرون زده باشد، قسمت خراب، تعویض شود. از پوشش دادن کابل به وسیله‌ی 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 جوش کاری اطمینان حاصل نمود. گیره‌ی الکتروگیر انبر، پس از جوش کاری، 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.

جوش کاری در روی زمین مرطوب شوک ایجاد می‌کند. اگر برحسب ضرورت کار جوش کاری باید در محیطی که کف زمین آن مرطوب است انجام شود، باید از یک سطح عایق (استفاده از تخته) که حداقل 30 cm از کف زمین ارتفاع داشته باشد، استفاده کرد.

جنس لباس کار جوش کارانی که در حالت نشسته و یا دراز کشیده جوش کاری می‌کنند، باید عایق باشد، یا این که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند (شکل ۳-۳).

جوش کارانی 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 جوش کارانی که با گاز آرگون و یا «CO₂» کار می‌کنند باید مجهز به سیستم تهویه‌ی انفرادی باشد.

۳-۷-۳- بازرسی دستگاه

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

۳-۷-۱- بررسی کابل‌های جوش کاری: کابل‌های جوش کاری باید از لحاظ ترک خوردن، بیرون بودن رشته‌ی سیم از زیر پوشش لاستیکی، بررسی شوند تا اگر عایق کابل ترک



شکل ۳-۳- لباس کار جوش کارانی که در حالت نشسته یا دراز کشیده جوش کاری می‌کنند، باید عایق باشد یا این که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند.

در محیط‌های جوش کاری 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 جوش کاری، 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 جوش کاری شده‌ی داغ را با دست کش بلند نکنید.
همیشه از لباس کار مناسب جوش کاری، عینک و ماسک استفاده کنید.
مواد چربی و اشتعال‌زا مانند چوب و کاغذ را از محیط جوش کاری دور کنید.
از سیستم تهویه استفاده کنید.

۸-۳- پاراوان

داشته باشد، باید از هواکش مناسبی برای تخلیه‌ی دود و تهویه‌ی محل جوش کاری استفاده شود.

وقتی که جوش کاری 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 جوش کاری متغیر است، باید از دیوارهای قابل حمل و نقل استفاده نمود که از مصالح نسوز تهیه و با رنگ مخصوص اندوده شده باشد.

۱۰-۳- کمر بند ایمنی

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

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

۱۱-۳- شرایط ایمنی ماشین‌های جوش کاری

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

کارگر جوش کار باید با توجه به نکته‌ی فوق، همیشه مراقبت کند که دستگاه جوش کاری در مقابل اتصالاتی‌های اتفاقی محافظت شده باشد.

۹-۳- هواکش

اگر جوش کاری داخل مخزن یا محیط‌های کوچک انجام می‌شود که احتمال انباشته شدن دود و گازهای مضر دیگر وجود

جوش کار نباید هرگز سعی کند نصب و یا تعمیر ماشین

جوش کاری 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 جوش کاری از یک محل به محل دیگر برده می شود بنابراین، باید پریزهای مناسبی در تمام کارگاه و یا محل ساختمان پیش بینی شده باشد.

اگر ماشین جوش کاری با موتور بنزینی یا دیزلی کار می کند، باید توجه داشت که ممکن است جمع شدن دود ناشی از موتور

باعث خفگی گردد.

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

ترانسفورماتورها نباید به مدار روشنایی متصل گردند زیرا، علی رغم وجود تنظیم کننده، باعث تغییرات شدید در ولتاژ و کم نور و پر نور شدن چراغ ها می شوند.

نکات فنی در جوش کاری با قوس دستی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه انتخاب نوع دستگاه جوش کاری را شرح دهد.
- ۲- نحوه راه اندازی و تنظیم دستگاه جوش کاری را توضیح دهد.
- ۳- نکات مهم در انتخاب صحیح الکتروود را بیان کند.
- ۴- نحوه ایجاد قوس الکتریکی با الکتروود دستی را به دو روش متناوب اجمالی و جهشی قائم تشریح نماید.
- ۵- نحوه ایجاد مهره جوش به روش زنجیره‌ای و زیگزاگ را شرح دهد.

۴- نکات فنی در جوش کاری با قوس دستی

۴-۱- انتخاب دستگاه جوش کاری

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

۴-۱-۱- مزایای یک ماشین جوش کاری DC و

جریان ثابت

۱- امکان استفاده از قطب‌های مستقیم و معکوس

(DCSP-DCRP)؛ (شکل ۴-۱)

۲- جوش کاری در حالات مختلف بیش‌تر با قطب مستقیم

یا معکوس اجرا می‌شود؛

۳- الکترودهایی که برای جوش کاری نیکل-آلومینیوم و

مس طراحی می‌شوند، بیش‌تر با قطب معکوس جوش کاری می‌شوند.

۴- الکترودهایی مانند Exx2x، (که در پوشش آن‌ها پود

آهن به کار رفته) (نرخ زیاد مذاب جوش در واحد زمان) بهتر است جوش کاری بیش‌تر با قطب معکوس یا مستقیم انجام شود.

۴-۱-۲- معایب ماشین جوش کاری «DC» و جریان

ثابت: قیمت این نوع ماشین نسبت به ماشین‌های ac که رنج آمپر

و سیکل کاری در هر دو یکسان باشد، بیش‌تر است.

۴-۱-۳- مزایای یک ماشین جوش کاری «ac» و

شدت جریان ثابت:

۱- ارزش یک دستگاه ac نسبت به «dc» که رنج شدت

جریان و سیکل کاری آن‌ها یکسان است، کم‌تر می‌باشد.

۲- در شدت جریان‌های زیاد، برای جلوگیری از دمش

قوس در جوش‌های ماهیچه‌ای، بهتر است از دستگاه «ac» استفاده شود.

۴-۲- راه اندازی و تنظیم دستگاه جوش کاری

۱- قبل از اقدام به جوش کاری، لازم است کلیه‌ی وسایل

و ملزومات مانند ترمینال‌ها، کابل، انبر الکتروود و غیره بررسی شوند؛

۲- هیچ‌گاه ماشین جوش کاری را که در زیر بار است،

خاموش یا روشن نکنید (مدار بسته)؛

۳- از قرار دادن انبر الکتروود در روی میز کار یا قطعه‌ی

کار پرهیز کنید؛

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

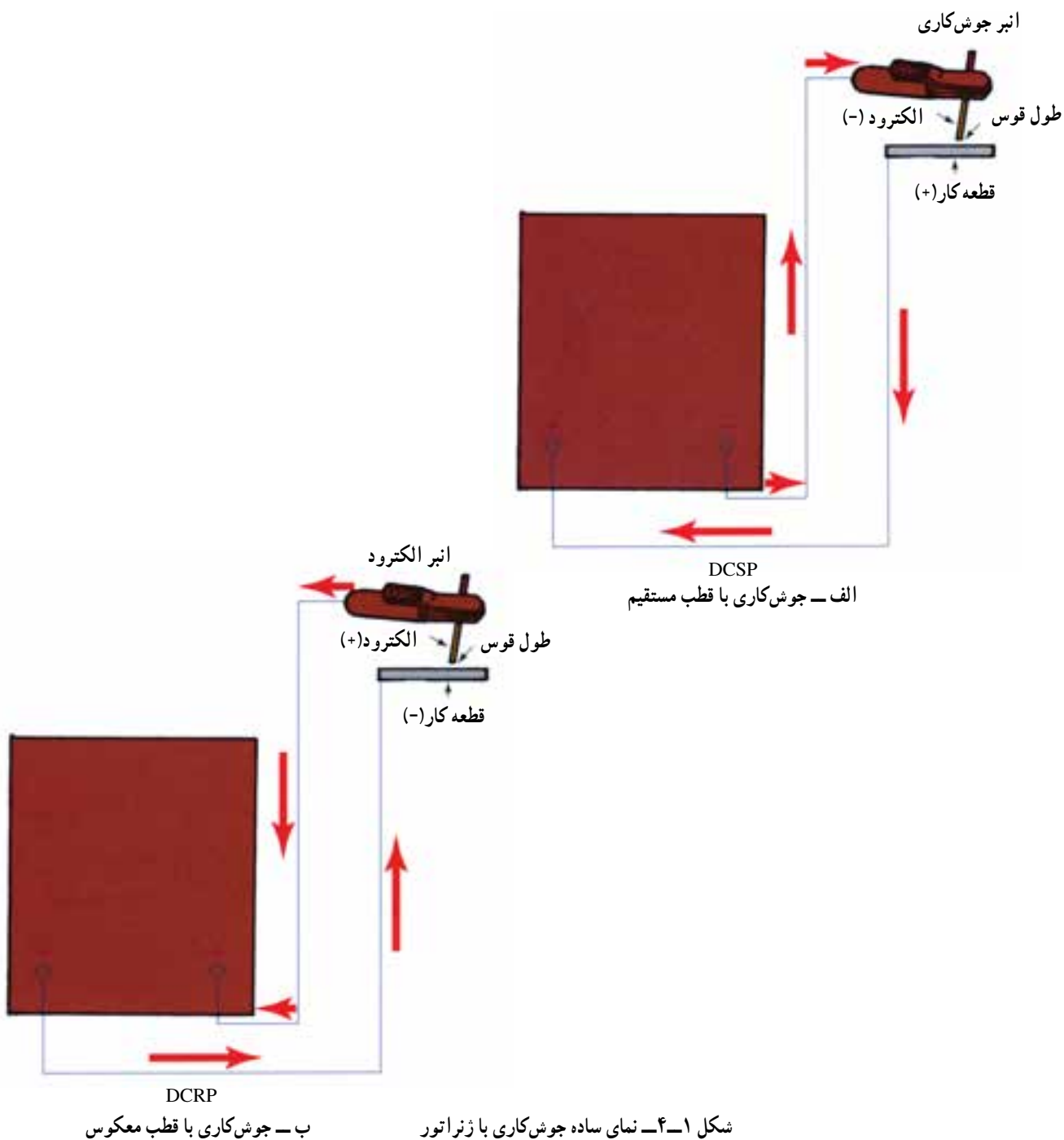
تنظیم کننده‌ی شدت جریان قرار داده شده، ولی برای ولتاژ، تنظیم کننده‌ای وجود ندارد، زیرا ولتاژ با تغییر مقاومت در مدار، تغییر می‌کند (مانند طول قوس)؛

۷- 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.

با یک کلید، آن‌ها را روشن یا خاموش کرد؛

۵- 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 به وسیله‌ی کلید شدت، جریان را از دستگاه گرفت.

۶- ماشین‌های نوع جریان ثابت برای جوش کاری یا قوس و الکتروود دستی مناسب‌تر هستند. در این نوع دستگاه،



۳-۴- انتخاب صحیح الکترو

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

- ۱- طرح شیار یا پخ؛
- ۲- مقاومت کششی فلز جوش؛
- ۳- ترکیب شیمیایی قطعه کار؛
- ۴- حالت جوش کاری (سطحی، قائم، افقی و بالای سر)؛
- ۵- مقدار مذاب جوش؛
- ۶- نوع شدت جریان؛
- ۷- اندازه‌ی نفوذ جوش؛
- ۸- ضخامت قطعه کار؛
- ۹- مهارت جوش کار؛
- ۱۰- کُد^۱ و استاندارد.

اگر اتصال دارای پخ باشد و حداقل فاصله بین دو قطعه کار^۲ مطابق با کُد و استاندارد کم باشد، پاس اول را باید از الکترو با قطر کم استفاده کرد تا نفوذ کامل شود (مانور الکترو با طول قوس صحیح) در پاس‌های بعدی نیز، قطر الکترو را باید صحیح انتخاب کرد.

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

الکتروهای E60xx-E70xx-E80xx-E90xx-E100xx

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

۴-۴- ایجاد قوس الکتریکی با الکترو دستی

یکی از عمده‌ترین دروس اولیه‌ی مهارت در جوش کاری، ایجاد کردن قوس الکتریکی مابین الکترو و قطعه کار است. برای ایجاد قوس، لازم است ابتدا الکترو به سطح فلز

تماس پیدا کند و سپس نوک الکترو 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 الکترو به سطح کار زیاد است.

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

الف- اگر قطعه کار کوچک باشد، می‌توان انبر الکترو را بلند کرده، بدون این‌که الکترو از انبر آزاد شود. این عمل قطعه کار را از مدار خارج می‌کند.

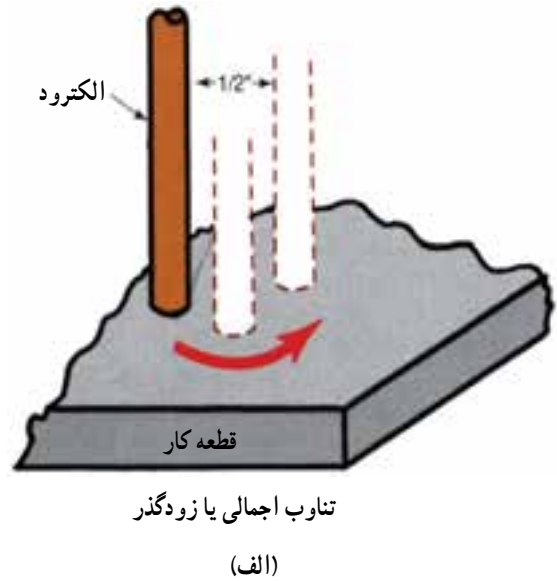
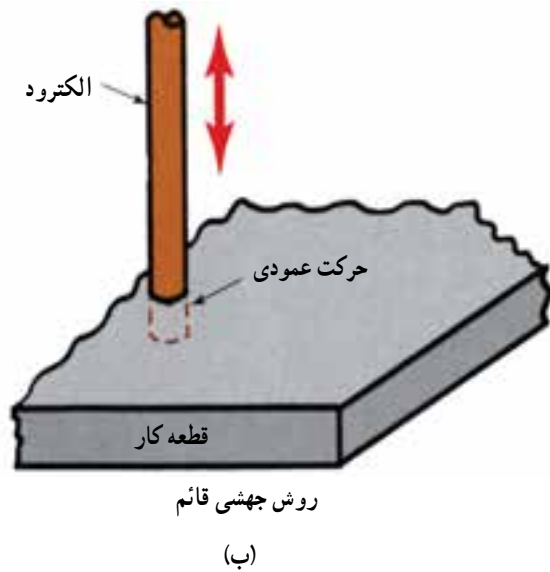
ب- اگر قطعه کار بزرگ باشد، روش قبل را نمی‌توان اجرا کرد؛ ولی باید به دسته‌ی انبر الکترو فشار وارد کرد تا دهن انبر باز شود و آن را به سرعت به طرف بالا کشید. با این عمل، مدار باز شده، الکترو به سطح کار می‌چسبید، بعد از آن می‌توان الکترو را با انبردست از سطح کار جدا کرد. بعد از جدا شدن الکترو، گیره‌ی انبر الکترو 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 حد الکترو 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:

- ۱- تناوب اجمالی یا زودگذر^۳: در این روش باید نوک الکترو 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 ۲-۴- الف).

- ۲- جهشی قائم^۴: 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 حد صحیح رسانید (شکل ۲-۴- ب).



شکل ۲-۴- روش شکل‌گیری قوس

۴-۵- ایجاد مهره جوش

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

دو نوع مهره‌ی جوش در جوش کاری شکل می‌گیرد:

۱- مهره‌ی زنجیره‌ای (Stringer bead)؛

۲- مهره‌های زیگزاگ (Weaving bead).

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

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

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

۱- کنترل طول قوس^۱؛

۲- سرعت پیش‌روی؛

۳- عرض مهره‌ی جوش؛

۴- زاویه‌ی الکتروود.

طول قوس باید با قطر الکتروود متناسب باشد. برای الکتروودهای پوشش‌دار، طول قوس بین ۳-۴ mm است.

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

برای تشخیص صحیح فاصله یا طول قوس، می‌توان از صدای^۲ قوس الکتریکی استفاده کرد.



شکل ۳-۴- تشکیل مهره جوش

۱- Arc Gap

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

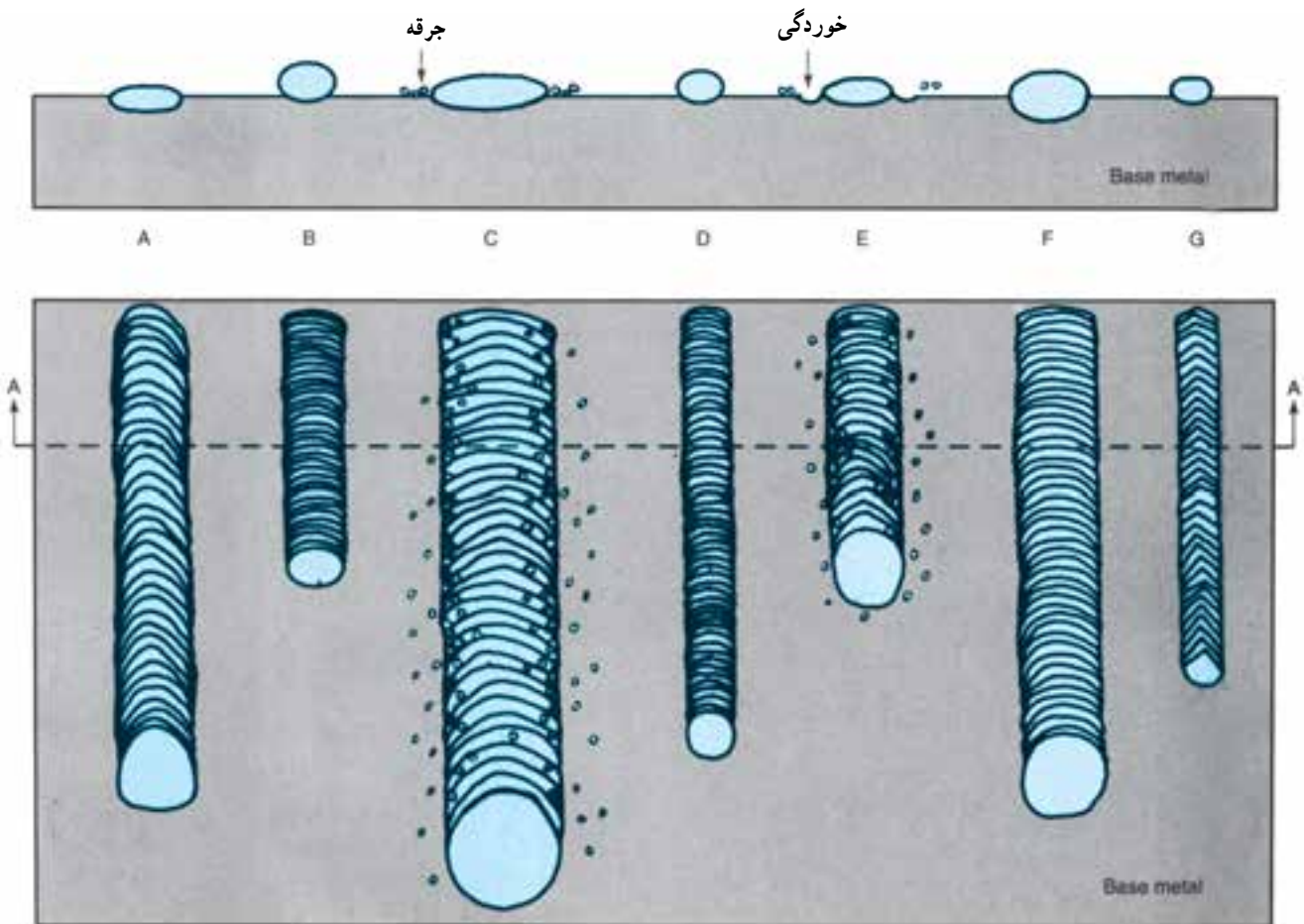
برابر قطر الکتروود زیادتر شود؛ برای مثال اگر با الکتروود $3/2\text{ mm}$ جوش کاری می‌شود، حداکثر عرض جوش نباید از $14/2\text{ mm}$ زیادتر شود.

۱-۴-۵- زاویه‌ی الکتروود: اگر الکتروود نسبت به سطح اتصال، قائم نگه داشته شود، فقط به اندازه‌ی 20° تا 30° در جهت پیش‌روی جوش، باید کج شود (60° و 70°). و از دو طرف دیگر، زاویه‌ی الکتروود 90° است. زاویه‌ی 20° یا 30° باعث می‌شود که فشار قوس، مواد مذاب را کمی به طرف عقب حوضچه براند تا موج‌های ظریف و یک‌نواخت مهره پدیدار گردد.

برای ایجاد مهره‌های زنجیره‌ای، لازم است که الکتروود فقط به طرف جلو حرکت کند. عرض جوش باید در حدود ۲ تا ۳ برابر قطر الکتروود باشد؛ برای مثال اگر با الکتروود $3/25\text{ mm}$ جوش کاری می‌شود، عرض طبیعی بین $6/4\text{ mm}$ تا $9/6\text{ mm}$ است.

برای ایجاد مهره‌های زیگزاگ علاوه بر این که الکتروود 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



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

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

جوش، بسیار مهم است و اگر شدت جریان، طول قوس و سرعت پیش‌روی هماهنگ باشند، شکل سطح مقطع جوش مانند شکل (۴-۴-A) خواهد بود.

۴-۶- 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.

هنگامی که عرض جوش زنجیره‌ای به حد مطلوب رسید، باید الکتروود 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 الکتروود را می‌توان با دو فاکتور تعیین کرد:

۱- عرض جوش؛

۲- 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 ارتفاع‌گرفته‌ی جوش، باید در حدود $\frac{1}{4}$ عرض آن باشد. تنظیم شدت جریان درست برای کیفیت و شکل مهره‌های

روش‌های دیگر جوش کاری با قوس الکتریکی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

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

۵- روش‌های دیگر جوش کاری با قوس الکتریکی

۱-۵- جوش آرگون یا GTAW

در جوش کاری 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) به دست می‌آورند و برای پر کردن درز یا شیار بین دو قطعه، اتصال از یک مفتول جداگانه به نام سیم جوش استفاده می‌کنند.

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

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

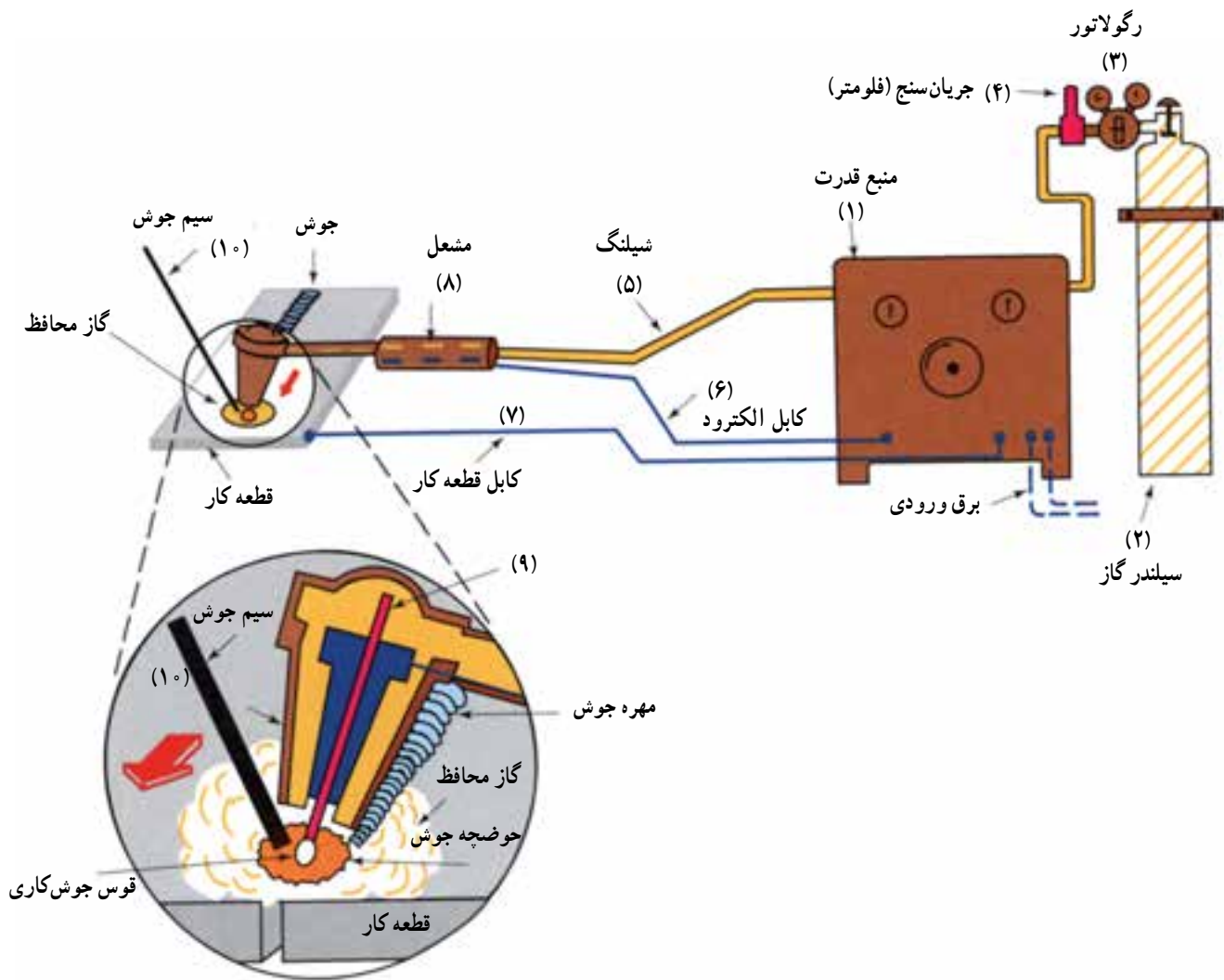
نوع متداول ماشین جوش کاری برای این روش بیش‌تر ترانسفورماتور - رکتی‌فایر است.

سیستم منابع قدرت باید از نوع شدت جریان ثابت باشد.

در شکل ۱-۵ سیستم کامل یک دستگاه جوش کاری «TIG» نشان داده شده است.

اجزای این دستگاه به صورت زیر است :

۱- یک منبع قدرت قوس جوش کاری «ac» یا «dc» و یا «ac/dc» :



شکل ۱-۵- دستگاه جوش کاری TIG

فلزات و گازها وارد واکنش نمی‌شود. از گازهای محافظ برای جلوگیری از ورود اکسیژن و ازت هوا به ناحیه ی قوس استفاده می‌کنند.

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

گاز آرگون (Ar) با وزن اتمی ۴۰ و وزن مخصوص ۱/۷۸ gr/L از جمله گازهای سنگین است. گاز آرگون را مانند اکسیژن در سیلندر (کپسول)های فولادی ذخیره می‌کنند. حجم کپسول‌های معمولی و متداول $۹/۳۴\text{m}^3$ مترمکعب است. درجه ی خلوص گاز آرگون برای جوش کاری باید ۹۹/۹۹۵٪ باشد.

۲- سیلندر گاز محافظ (هم به صورت مایع و هم به صورت گاز موجود است)؛

۳- رگلاتور گاز محافظ؛

۴- فلومتر گاز محافظ؛

۵- شیلنگ و فیتینگ‌های گاز محافظ؛

۶- کابل الکتروود تنگستن؛

۷- کابل اتصال زمینی؛

۸- مشعل جوش کاری (torch)؛

۹- الکتروود تنگستن؛

۱۰- سیم جوش.

۱-۱-۵- گازهای محافظ: گاز محافظ گازیست که با

۱- استفاده از گاز آرگون مایع ارزان تر است.

جوش کاری و آمپر کم به کار می روند، معمولاً گاز محافظ است (گاز محافظی که مصرف می گردد) حداکثر ظرفیت این مشعل ها در حدود ۲۰۰ آمپر است.

۲-۱-۵- مشعل جوش کاری با گاز آرگون:
 مشعل های جوش کاری با گاز آرگون، در طرح و اندازه های متفاوت با ظرفیت هایی برحسب «آمپر» ساخته می شوند (شکل ۲-۵). سیستم خنک کننده ی مشعل هایی که برای کارهای سبک



شکل ۲-۵- مشعل جوش کاری با گاز آرگون

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

۳-۱-۵- کلاهک یا نازل مشعل: نازل برای هدایت مستقیم گاز محافظ بر روی الکترود تنگستن و نیز پوشش دادن اطراف قوس و ناحیه‌ی مذاب به کار 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 $1/6$ mm را نشان می‌دهد؛ برای مثال قطر دهانه‌ی خروجی نازل شماره ۶، $9/6$ میلی‌متر است.

$6. 1/6. 9/6$ mm

یا قطر نازل شماره ۸، مساوی $12/8$ میلی‌متر است.

$8. 1/6. 12/8$ mm

۲-۵- روش جوش کاری GMAW^۱

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

در شکل ۳-۵ یک سیستم کامل جوش کاری «GMAW» نشان داده شده است. گازهای مصرفی CO_2 - آرگون - هلیوم است. کابل علاوه بر هدایت جریان الکتریسیته به مشعل، 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 به کار می‌رود. نوع ماشین «dc» با ولتاژ ثابت است و در روی ماشین، تنظیم کننده‌ای برای ولتاژ وجود دارد.

تغییرات در شدت جریان به وسیله‌ی سرعت حرکت الکترود انجام می‌شود. کنترل سرعت الکترود، به وسیله‌ی یک دستگاه

خودکار صورت می‌گیرد.

نوع گاز مصرفی متناسب با جنس قطعه کار است.

متعلقات یک سیستم «GMAW» (شکل ۵-۴) به قرار زیر

است:

۱- یک منبع قدرت با ولتاژ ثابت «dc»؛

۲- یک سیستم تغذیه کننده‌ی سیم الکترود؛

۳- کپسول گاز محافظ؛

۴- رگلاتور گاز؛

۵- جریان‌سنج گاز محافظ؛

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

۷- مشعل جوش کاری؛

۸- مفتول الکترود؛

۹- سیستم خنک کننده؛

۱۰- کنترل از راه دور.

۱-۲-۵- گازهای مصرفی در روش GMAW:

گازهای محافظی که در این سیستم به کار برده می‌شود، ممکن است گاز خنثی مانند «هلیوم و آرگون» یا گازهای فعال مانند « CO_2 » باشند.

گازهای فعالی که در این سیستم استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: بی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسیژن (O_2)، هیدروژن (H) و ازت (N_2). 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 تردی می‌شوند.

با توجه به نوع فلز و انتقال قوس از اختلاط آرگون-هلیوم، آرگون-اکسیژن، آرگون-بی‌اکسید کربن، یا آرگون-هلیوم-بی‌اکسید کربن در جوش کاری استفاده می‌شود. استفاده از آرگون و هلیوم بیش‌تر در جوش کاری فلزات غیر آهنی (رنگین) است.

گاز بی‌اکسید کربن: از گاز CO_2 فقط برای جوش کاری فولادهای کربنی و آلیاژهای با درصد کم استفاده می‌شود. گاز CO_2 در اثر حرارت زیاد قوس، به CO و O_2 تجزیه می‌گردد. و در اثر سرد شدن، مجدداً به CO_2 تبدیل می‌شود. گاز بی‌اکسید کربن یک گاز خنثی نیست و با قطعه کار وارد واکنش می‌شود و تولید اکسید می‌کند. از این رو در مواقع استفاده از گاز



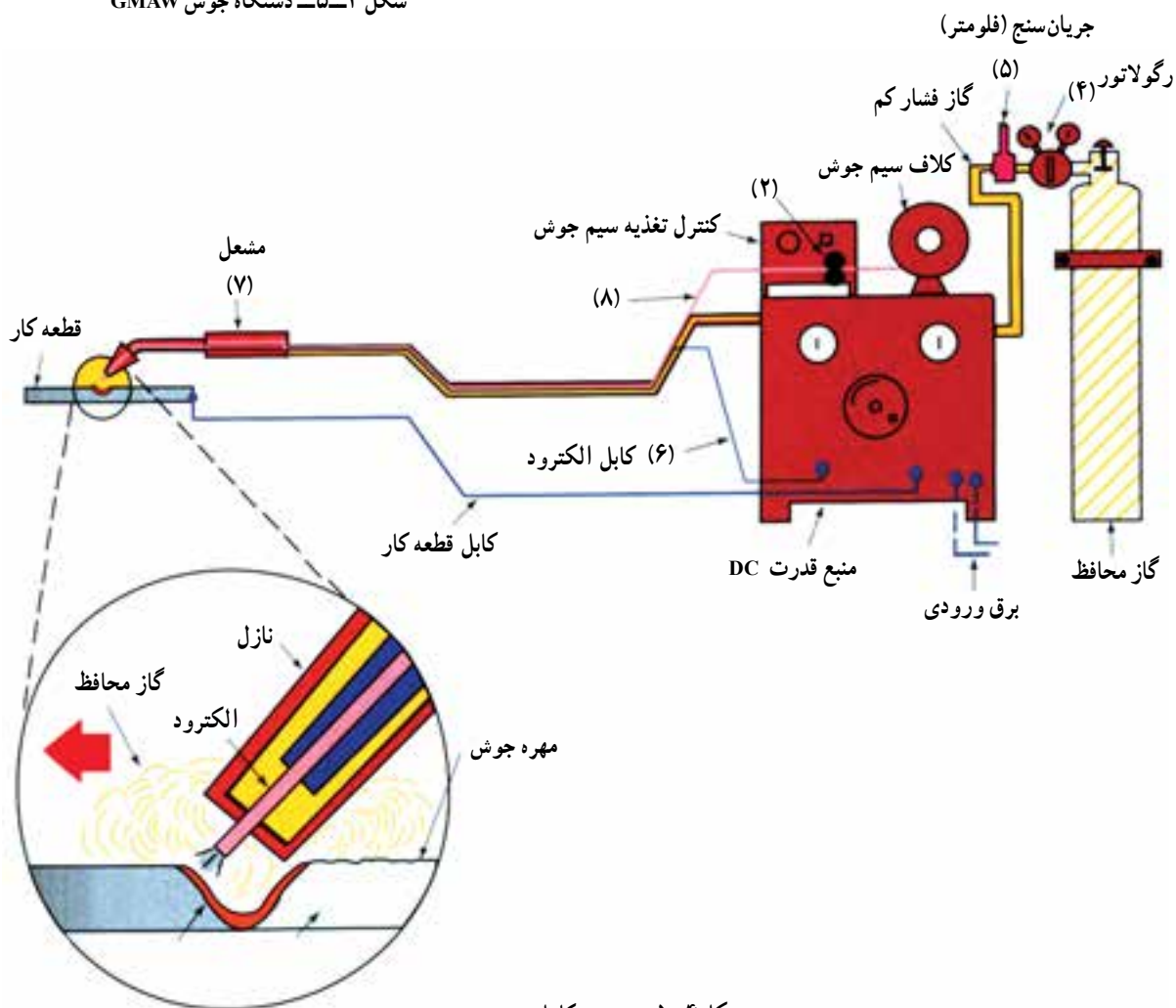
شکل ۳-۵- دستگاه جوش GMAW

CO₂ باید جنس مفتول الکتروود از آلیاژی انتخاب شود که بتواند اکسیدهای فلزی را خارج کند.

گاز CO₂، ۵۰ درصد سنگین تر 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 می کند و در بطن جوش آخال شکل می گیرد. گاز CO₂ به خوبی قادر به محافظت قوس الکتریکی است.

۲-۲-۵- مفتول الکتروود در جوش کاری GMAW:

قطر مفتول الکتروود در این روش زیاد نیست و رنج آن بین ۱/۸-۳/۵ میلی متر است. اندازه‌ی متداولی که مصرف آن زیادتر است مربوط به قطرهای ۱/۴-۱/۸-۰/۹۰-۰/۷۵ میلی متر است. این الکتروودها را یا به صورت وزن یا به صورت متر و یا کلافی می فروشند و هر کلاف محتوی چندین هزار متر مفتول الکتروود است.



شکل ۴-۵- سیستم کامل جوش GMAW

الکتروود استفاده شود، مقدار آمپر نیز افزایش خواهد یافت. در جوش زیر پودری می توان از ماشین های «AC» و یا «DC» و معمولاً با ولتاژ ثابت (CV)^۲ استفاده کرد. در مواقعی که از مفتول الکتروود با قطر بزرگ تر استفاده می کنند، نوع شدت جریان ثابت (C.C)^۴ در جوش کاری بهتر است. در شکل ۵-۵ یک دستگاه جوش زیر پودری و در شکل ۵-۶ یک قطعه کار در حال جوش نشان داده شده است.

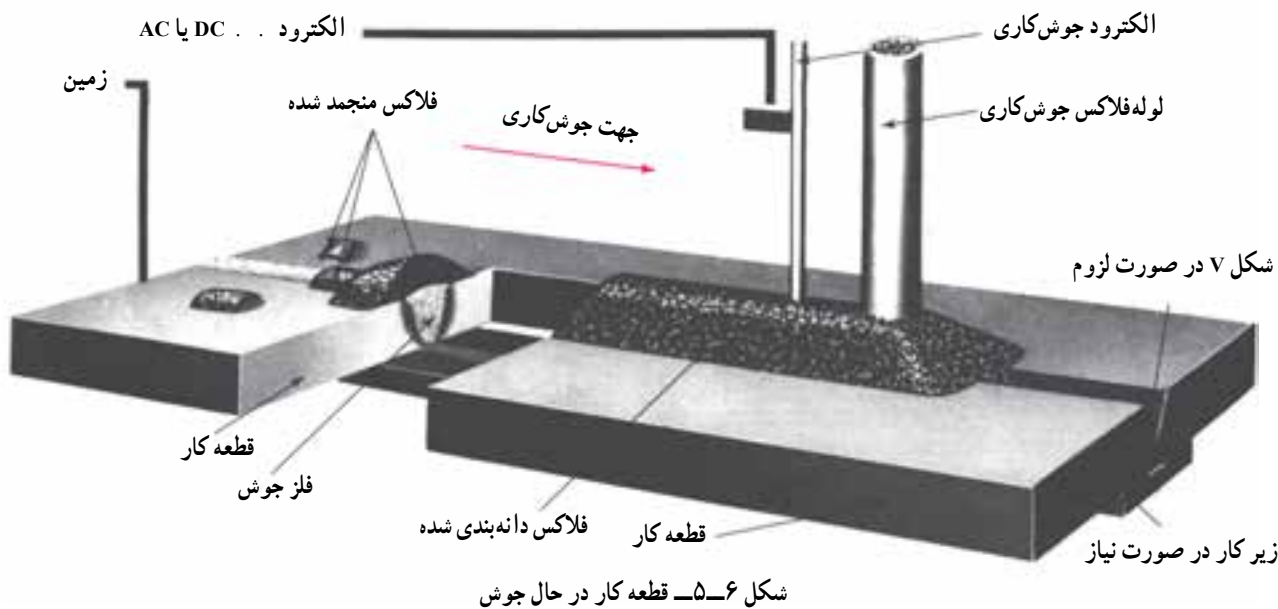


شکل ۵-۵ دستگاه جوش زیر پودری

ترکیب شیمیایی مفتول الکتروود بسیار متنوع است و مواد اکسید زدا^۱ نیز به این مفتول ها اضافه می شوند تا از ایجاد آخال درون جوش جلوگیری کنند.

جوش زیر پودری یا SAW^۲: جوش زیر پودری به چند دلیل به سرعت در خط تولید گسترش می یابد، مهم ترین این دلایل عبارت اند از:

- ۱- سرعت جوش کاری در این سیستم زیاد است؛
 - ۲- قوس الکتریکی رؤیت نمی شود؛
 - ۳- بدون جرقه است؛
 - ۴- فلز جوش از کیفیت خوبی برخوردار است.
- در جوش زیر پودری، قوس الکتریکی مابین یک مفتول الکتروود ذوب شدنی و قطعه کار، در زیر پودر شیمیایی شکل می گیرد. جنس پودر بیش تر از «تیتانیا» (اکسید تیتانیوم) است. بعضی از ماشین های زیر پودری قادرند تا ضخامت ۷۵ mm را با یک پاس در اتصال سربه سر جوش دهند. ضخامت مفتول الکتروود در رنج ۵/۵ - ۲ mm است. شدت جریان متداول در این روش ۱۰۰۰ آمپر در دستگاه های اتومات با الکتروود منفرد است و اگر بیش از یک



شکل ۵-۶ قطعه کار در حال جوش

۱- مواد اکسیدزدا با اکسیژن ازت و هیدروژن وارد واکنش می شوند و باعث می گردند که حباب های این گازها درون جوش، شکل نگیرد.

۲ SAW=Submerged Arc Welding

۳ Constant Voltage

۴ Constant Current

یک موتور یونیورسال برای کنترل سرعت در دستگاه تعبیه شده است و می‌تواند سرعت را از $3 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$ تا $90 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$ کنترل کند.

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

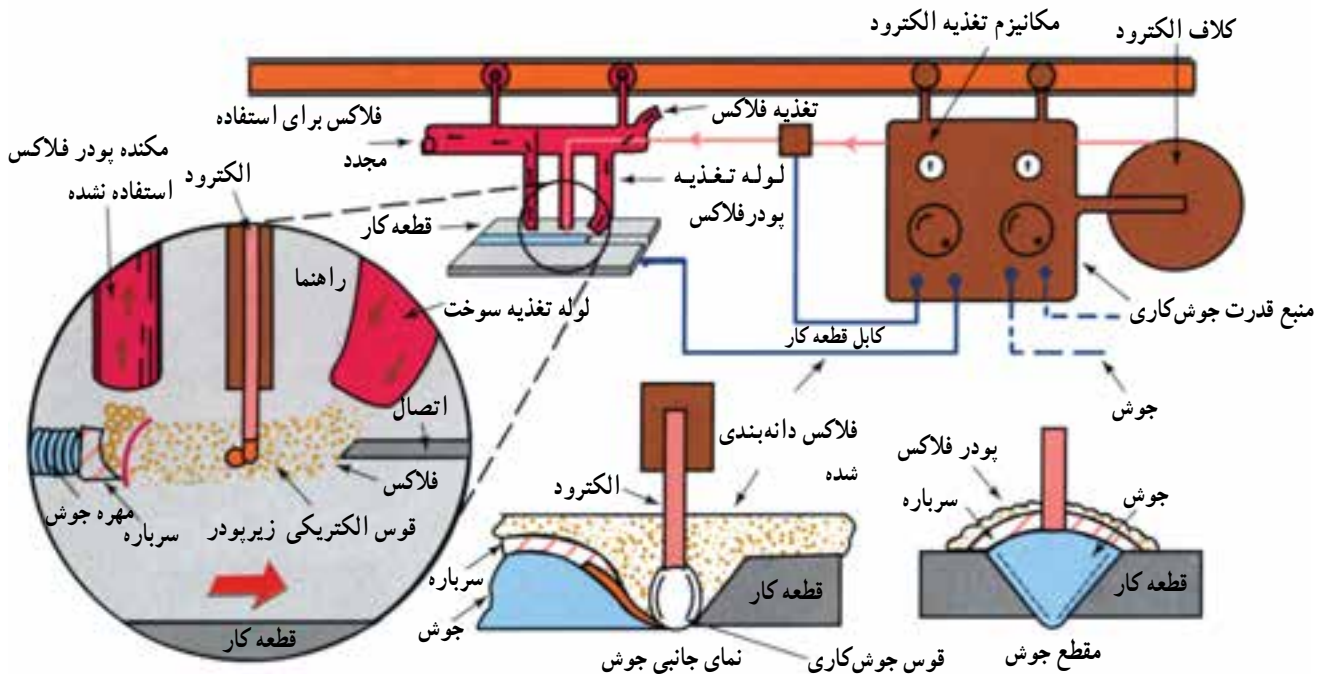
جوش زیر پودری برای ساخت کشتی - پل - کاربرد زیادی دارد.

در شکل ۷-۵ یک دستگاه جوش زیر پودری خودکار، در شکل ۸-۵ برش قطعات جوش داده شده و در شکل ۹-۵ یک جوش کار را در حال انجام جوش کاری نشان می‌دهد.

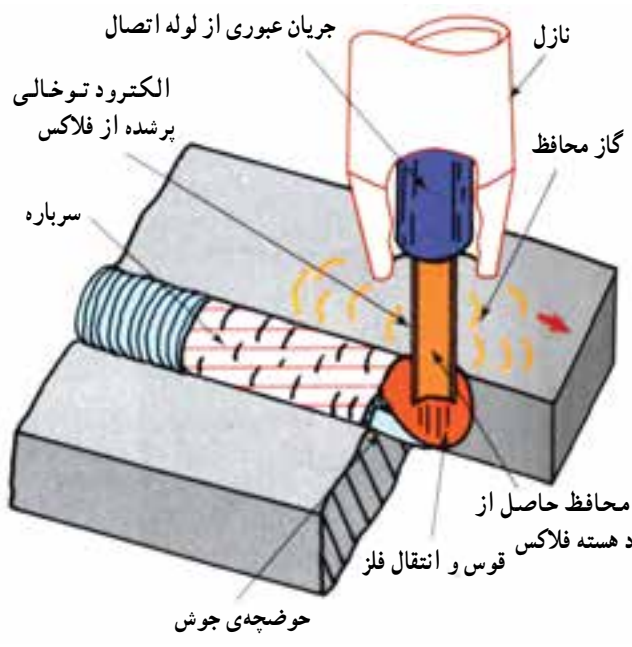
دستگاه‌های جوش زیر پودری یا به‌طور خودکار و یا نیمه خودکار عمل می‌کنند و الکتروود نیز به صورت خودکار وارد ناحیه‌ی قوس می‌شود.

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

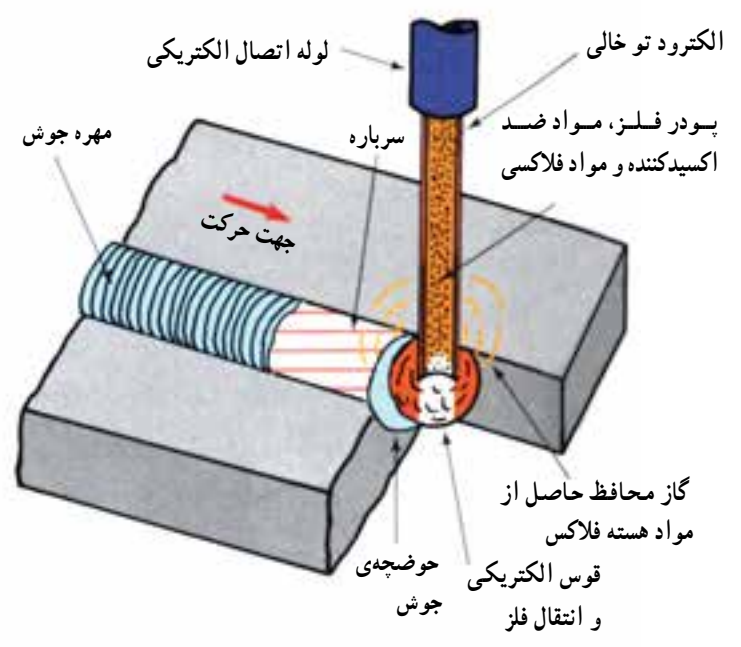
ترکیب شیمیایی پودر، در کیفیت جوش تأثیر زیادی دارد و کمبود عناصر آلیاژی در مذاب جوش به وسیله پودر یا فلاکس تأمین می‌شود. پودرهای ذوب شده بر روی سطح جوش کشیده شده، تشکیل یک سرباره می‌دهند و به این وسیله تماس بین فلز جوش و هوای مجاور قطع می‌شود و از طرفی در آهسته سرد شدن جوش مؤثر هستند.



شکل ۷-۵ یک دستگاه جوش زیر پودری



ب - دارای هسته گاز محافظ



الف - الکترود با هسته فلاکس بدون نازل گاز محافظ

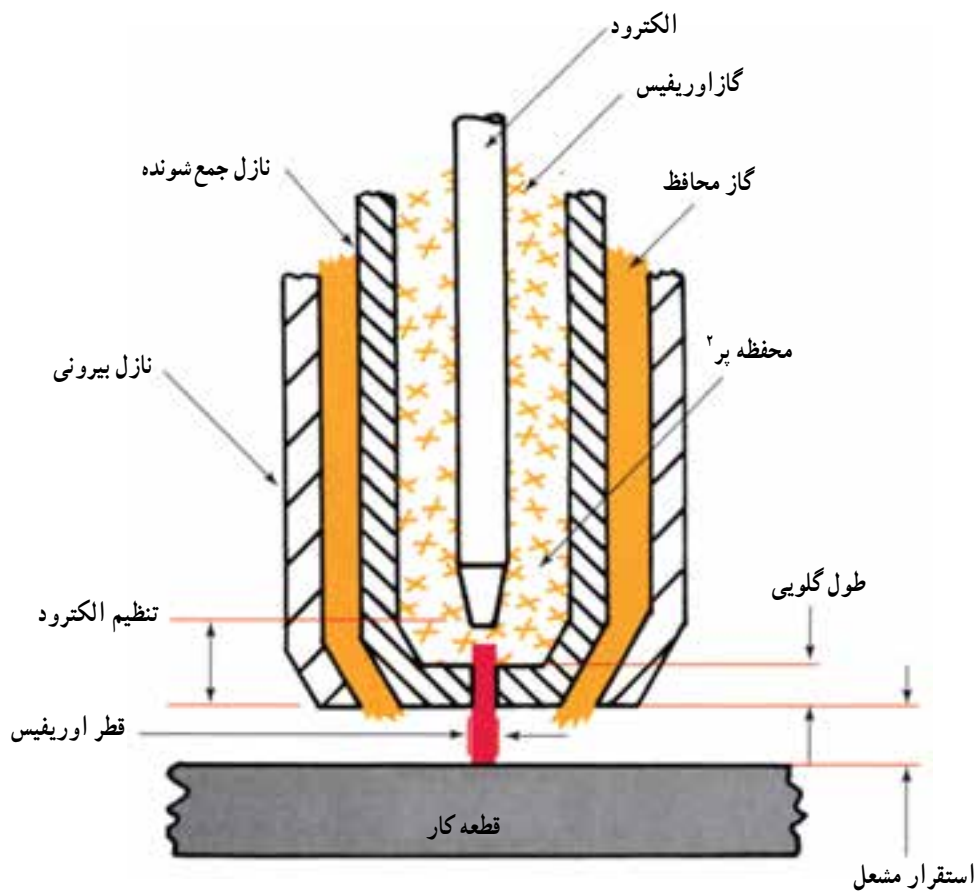
شکل ۸-۵- قطعات کار جوش داده شده



شکل ۹-۵- یک جوش کار در حال جوش کاری

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.

جوش پلاسما PAW^۱: در شکل ۱-۵ سطح مقطع یک مشعل جوش کاری 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،



شکل ۱-۵- برش یک مشعل جوش کاری پلاسما

گازی که تبدیل به پلاسما می‌شود، نسبت به شرایط جوش کاری بین $0.24 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$ تا $4.8 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$ است. نوع گاز معمولاً آرگون - هیدروژن (Ar - 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 - CO_2) استفاده می‌کنند و مصرف گاز برای عمل حفاظت در حدود $1 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$ است.

مسیر دوم، مسیری است که بین الکتروود تنگستن و نازل جمع شونده قرار دارد. در این مسیر، گاز از داخل یک قوس الکتریکی عبور می‌کند و به دمای 14000°C می‌رسد. (حالت چهارم ماده) و در اثر دمای بیش از حد، به پلاسما تبدیل می‌شود (گاز یونیزه شده). چون درجه حرارت گاز بیش از حد 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 به وجود می‌آورد.

جنس الکتروود از تنگستن خالص و یا آلیاژ تنگستن – توربیوم است.

نوع جریان DCSP و CC است.

مزایای این روش جوش کاری به طور خلاصه عبارت است از:

۱- تمرکز زیاد شدت جریان در ستون قوس؛

۲- حداقل حرارت ورودی (heat input)؛

۳- ثبات قوس در طول قوس های بلند؛

۴- سرعت عمل زیاد جوش کاری و برش کاری.

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

در قوس انتقالی الکتروود تنگستن به ترمینال منفی و قطعه ی کار به ترمینال مثبت وصل می شود (DCSP). قوس غیرانتقالی قوسی است که در آن الکتروود تنگستن، به ترمینال منفی وصل می شود و نازل جمع شونده به ترمینال مثبت. بنابراین در قوس

غیرانتقالی قطعه ی کار در مدار الکتریکی قرار نمی گیرد و در این روش نفوذ جوش زیادتر است.

برای جوش کاری با قوس انتقالی، مقدار آمپر از $1/8^{\circ}$

تا 50° است که به جنس فلز و ضخامت آن بستگی دارد.

از قوس های غیرانتقالی برای جوش کاری و برش کاری

اجسامی استفاده می شود که هادی جریان الکتریسیته نباشند (شکل ۱-۵).

افزایش سیم جوش به حوضچه ی مذاب به وسیله ی یک

دستگاه مکانیکی انجام می شود. با این روش می توان فولادهای

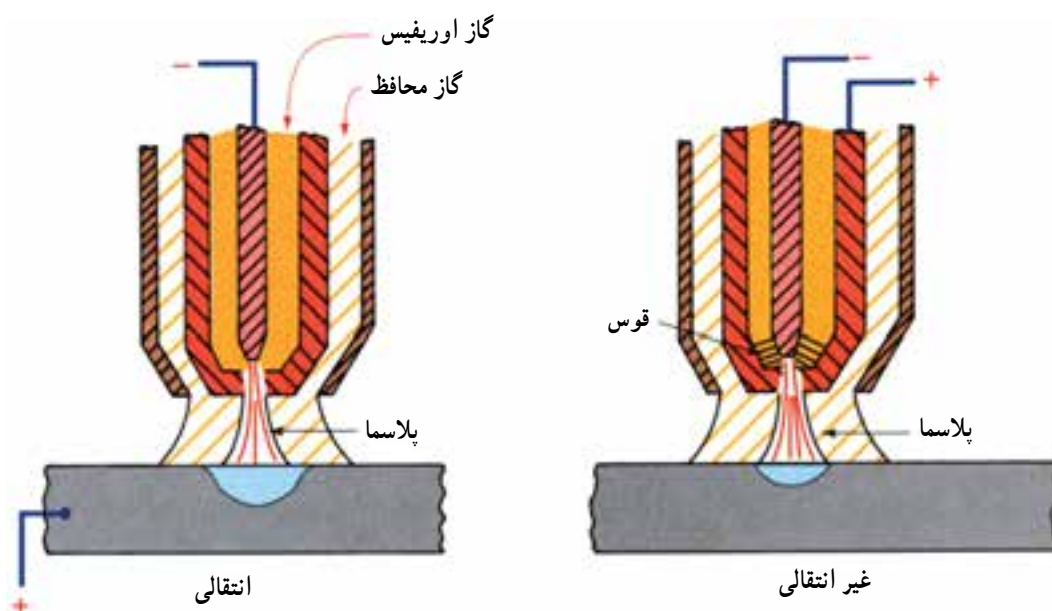
ضدزنگ با ضخامت $6/5\text{mm}$ و آلیاژهای تیتانیوم را تا ضخامت

12mm با یک پالس عمل جوش کاری، کامل کرد. مقدار ولتاژ

در حدود 217 برای ضخامت های کم و 387 برای ضخامت های

زیادتر است و رنج شدت جریان بین 12°A تا 275A و سرعت

جوش کاری در حدود $13 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ است.



شکل ۱-۵- قوس پلاسما

جوش مقاومتی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- انواع مختلف جوش کاری مقاومتی را نام ببرد.
- ۲- نحوه‌ی جوش کاری مقاومتی نقطه‌ای را به‌طور کامل تشریح کند.
- ۳- عوامل کنترل‌کننده جوش مقاومتی نقطه‌ای را توضیح دهد.
- ۴- سیستم فشار در جوش مقاومتی را نام برده و توضیح دهد.
- ۵- ساختمان و طرز کار ترانسفورماتور نقطه جوش مقاومتی را توضیح دهد.
- ۶- نحوه‌ی تنظیم نقطه جوش را با توجه به متغیرهای مربوط به آن تشریح کند.
- ۷- ویژگی جوش کاری زائده‌ای و موارد استفاده آن را توضیح دهد.
- ۸- ویژگی‌ها، موارد استفاده و روش کار جوش غلتکی را توضیح دهد.
- ۹- روش کار و کاربرد جوش واژگونه سر به سر را تشریح کند.
- ۱۰- روش کار در فلاش جوش را توضیح دهد.

۶- جوش مقاومتی

- ۲- درز جوش یا جوش غلطکی (Seam welding) ؛
- ۳- جوش زائده‌ای (Projection welding) ؛
- ۴- جوش سر به سر واژگونه (Upset butt welding) ؛
- ۵- فلاش جوش (Flash welding) ؛

جوش مقاومتی به گروهی از روش‌های جوش کاری 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 - فشار و زمان است.

در این روش از سیم جوش یا الکتروود ذوب‌شدنی استفاده نمی‌شود.

روش‌های جوش مقاومتی به چند گروه اصلی تقسیم می‌شوند :

- ۱-۶- نقطه‌ی جوش
- نقطه‌ی جوش یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های جوش مقاومتی است. در این روش شدت جریان از الکتروود به فلزی که جوش می‌خورد و از فلز به الکتروود دیگر، جریان می‌یابد. ایجاد مقاومت در مدار شدت جریان، ایجاد حرارت می‌کند.

۱- نقطه‌ی جوش (Spot welding) یا (RSW) ^۱ ؛

داشته باشد. الکترودهایی که برای جوش کاری پلیت‌های نازک به کار 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 - فشار الکترودها و مدت زمانی است که شدت جریان عبور می‌کند.

۱-۱-۶ الکترودها در نقطه‌ی جوش:

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

- ۱- رسانای بسیارخوبی برای عبور شدت جریان باشد؛
- ۲- هدایت حرارتی آن خوب باشد؛
- ۳- مقاوم و سخت باشد؛

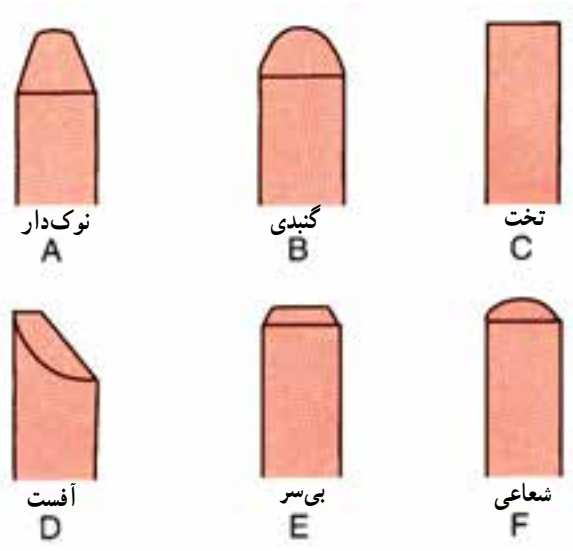
۴- در اثر تماس و فشار و حرارت با فلز جوش دادنی آلیاژ نگیرد؛ (ذراتی از الکترودها نماند و به کار نچسبد)

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

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

سطح الکترودها: سطح الکترودها قسمتی از الکترودها است

که با فلز جوش دادنی تماس پیدا می‌کند. سطح الکترودها در طرح‌های متفاوتی ساخته می‌شود. (شکل ۲-۶)



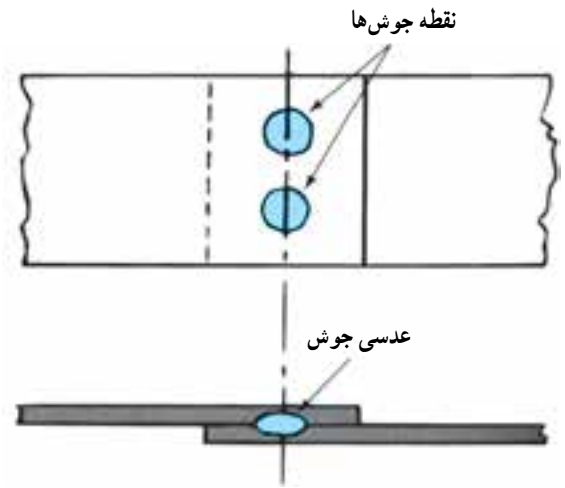
شکل ۲-۶- انواع سطوح الکترودها

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 جوش دادنی و حرارت تولید شده، ناشی از این مقاومت و مقاومت‌های دیگر است.

مطابق شکل (۱-۶) 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:

- ۱- مقاومت سطح تماس بین الکترودها متحرک و فلز؛
- ۲- مقاومت سطح تماس بین الکترودها ثابت و فلز؛
- ۳- مقاومت فلز رویی؛
- ۴- مقاومت فلز زیرین؛
- ۵- مقاومت بین لایه‌ی دو فلز.

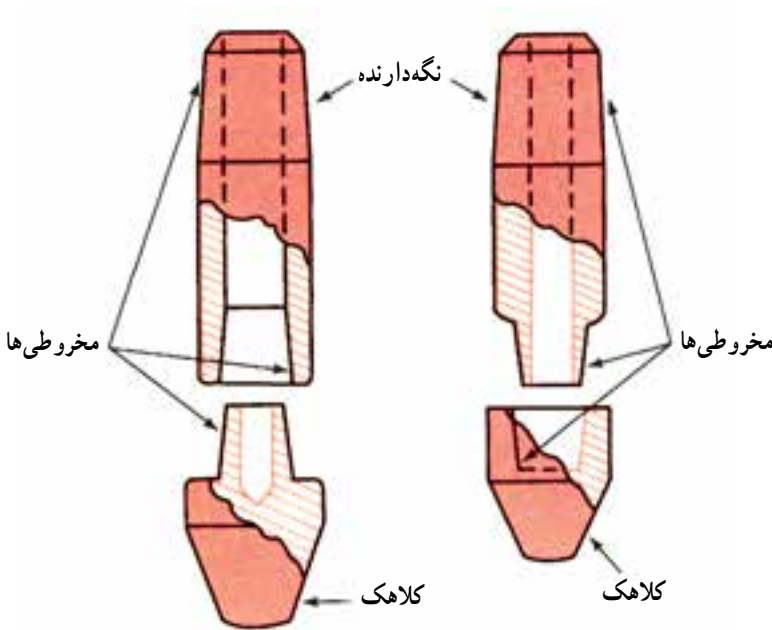


شکل ۱-۶- اتصال دو قطعه فلز به وسیله‌ی جوش مقاومتی

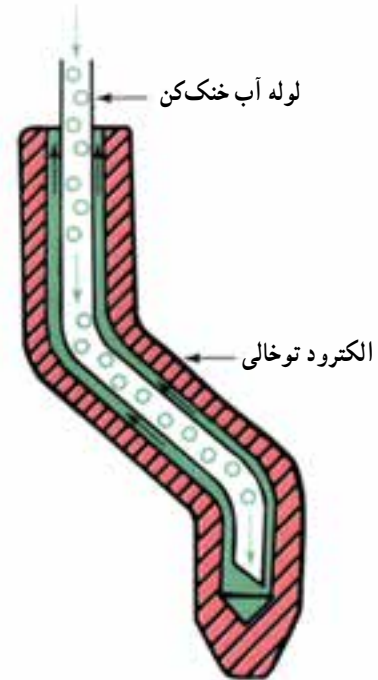
سیستم ماشین ترانسفورماتور، کاهنده است که در آن ولتاژ زیاد و شدت جریان کم به ولتاژ کم و شدت جریان زیاد تبدیل می‌شود. جنس الکترودها از آلیاژهای مس است که باید از لحاظ فیزیکی بسیار مقاوم باشد تا بتواند در برابر فشار و حرارت دوام

ساق الکتروود: ساق یا بدنه‌ی الکتروود باید به اندازه‌ای باشد که بتواند در برابر فشار مقاوم و در برابر حرارت و جریان الکتریسته، رسانای خوبی باشد. ساق الکتروود را ممکن است برای کارهای مشخصی فرم‌دار ساخته، به کار ببرند. (شکل ۳-۶) الکتروودها بیش‌تر از دو قسمت ساخته می‌شوند:

۱- قسمت کلاهک الکتروود؛
 ۲- قسمت نگه‌دارنده 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 ۴-۶).



شکل ۴-۶- کلاهک و نگه‌دارنده



شکل ۳-۶- ساق الکتروود و مجرای عبور آب

۲-۱-۶ پارامترهای کنترل‌کننده‌ی 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 جوش کاری پنج متغیر وجود دارد که باید آن‌ها را به‌طور دقیق کنترل کرد و این پنج متغیر عبارت‌اند از:

a- زمان؛

b- شدت جریان؛
 c- فشار؛
 d- سطح تماس الکتروودها؛
 e- نوع و سیستم ماشین.
 a- زمان: زمانی که برای جوش دادن یک نقطه از فلز لازم است، خود به سه دوره تقسیم می‌شود:

۱- زمان فشردگی
 ۲- زمان جوش کاری
 ۳- زمان نگه‌داری



شکل ۵-۶- یک دستگاه جوش مقاومتی

تغییر دادن شدت جریان به یکی از دو راه زیر ممکن است :
الف - تغییر دادن tap یا پانل که در روی ماشین تعبیه شده است ؛

ب - تغییر دادن سلکتور (درصد حرارت) که در روی ماشین موجود است (شکل ۵-۶).

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

با تغییر دادن هر پله از tap یا پانل، شدت جریان در یک رنج 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، رنج تغییرات شدت جریان از ۴۰۰۰A تا ۱۰,۰۰۰A باشد.

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

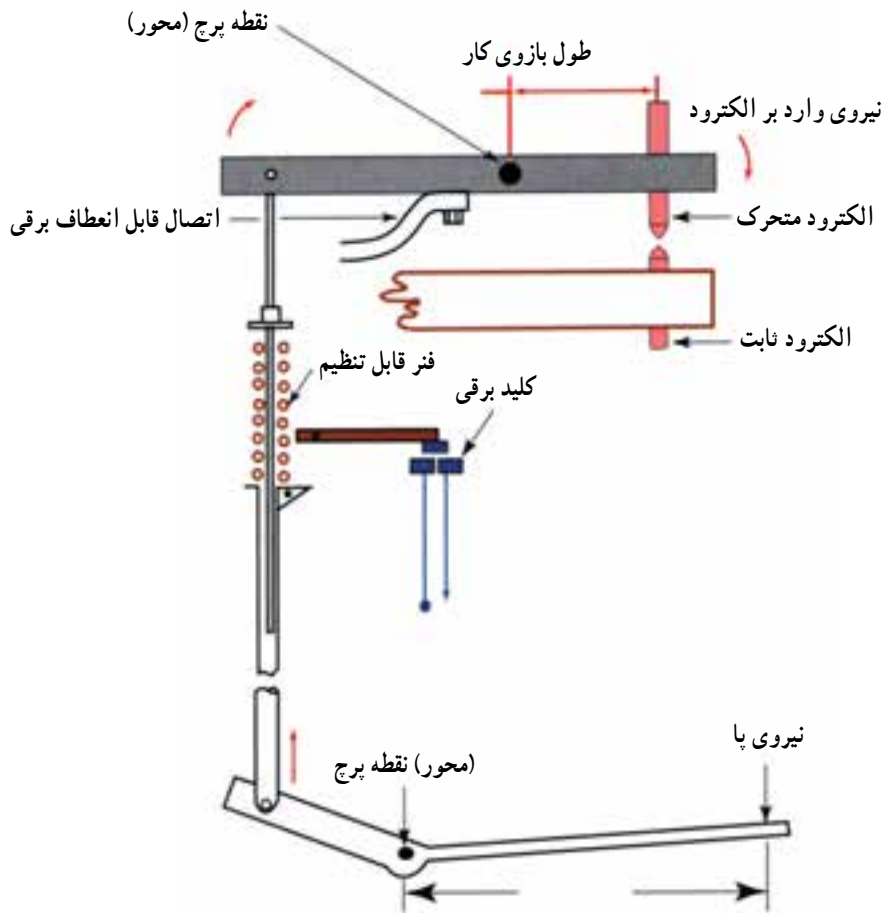
زمان جوش کاری: زمانی است که شدت جریان از الکترودها متحرک به فلز و از فلز به الکترودها ثابت جریان می‌یابد و در اثر مقاومت ایجاد شده، فلز به نقطه‌ی ذوب می‌رسد.

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

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

زمان برحسب سیکل و یا هرتس یعنی $\frac{1}{50}$ ثانیه است.

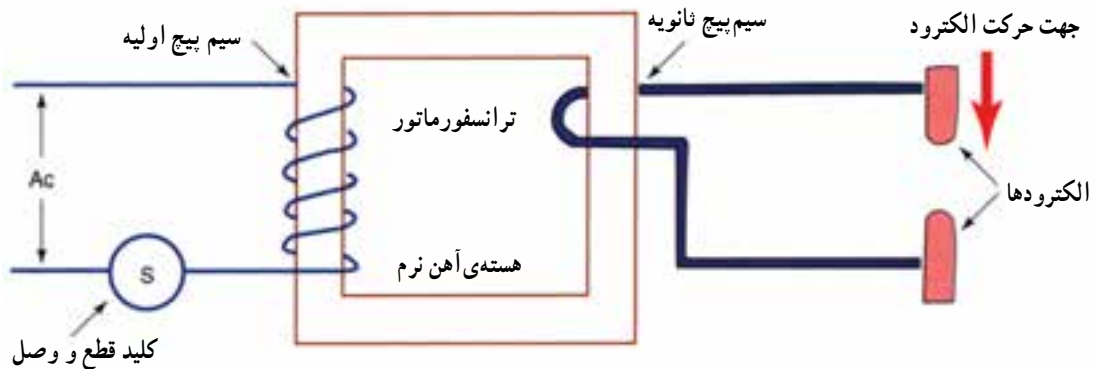
۳-۱-۶- شدت جریان: شاید بتوان گفت که شدت جریان یکی از عمده‌ترین متغیرها در سیستم جوش مقاومتی است.



شکل ۶-۶ - قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش

۴۰۰۰A . [۰/۷۵(۶۰۰۰A)] . ۸۵۰۰A
 پس شدت جریانی که از دستگاه گرفته می‌شود تا عمل
 جوش کاری انجام شود، ۸۵۰۰A است.

و اگر سلکتور را روی ۷۵٪ تنظیم کنیم، شدت جریان
 برای جوش کاری برابر است با:
 ۴۰۰۰A . [(۰/۷۵ (جریان))]
 ۱۰,۰۰۰A . ۴۰۰۰A . ۶۰۰۰A

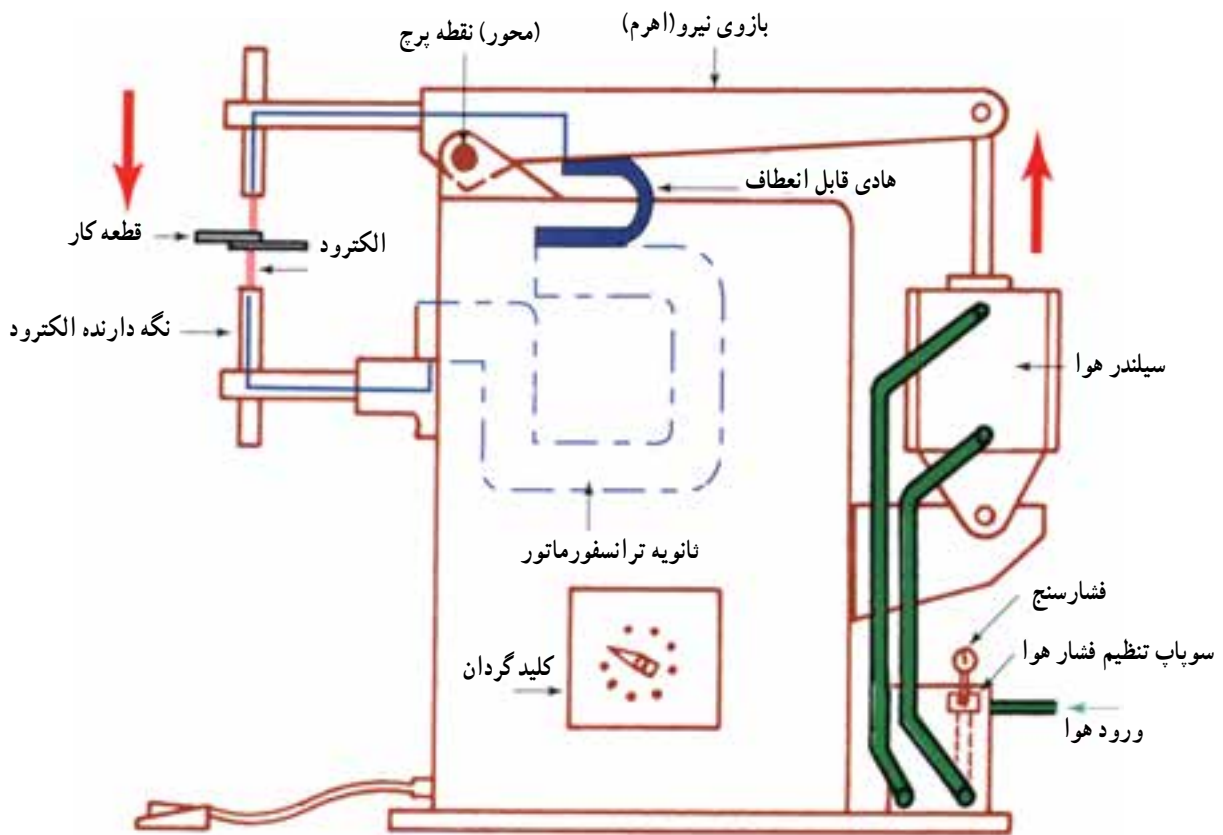


شکل ۶-۷ - قسمت‌های الکتریکی یک دستگاه نقطه جوش

۴-۱-۶- سیستم فشار در جوش مقاومتی: چهار روش متفاوت برای اعمال فشار به وسیله الکترودها متداول است:

- ۱- استفاده از سیستم مگنت (مغناطیس)؛
- ۲- استفاده از سیستم پنوماتیک (هوا)؛
- ۳- استفاده از سیستم هیدرولیک (مایعات)؛
- ۴- استفاده از سیستم مکانیکی (اهرم).

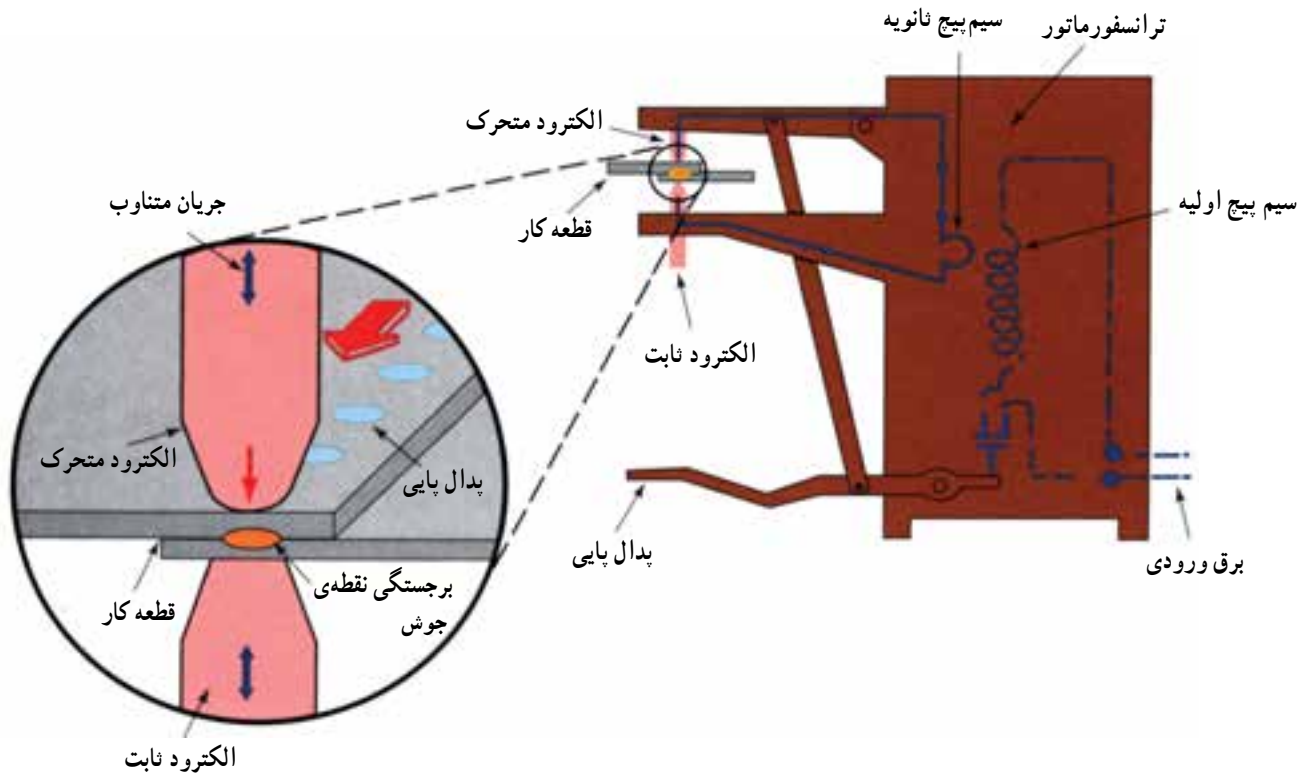
در اغلب ماشین‌ها به علت ارزان بودن سیلندر پنوماتیک نسبت به سیلندر هیدرولیکی، از سیستم پنوماتیک استفاده می‌کنند. (شکل ۸-۶) ولی در سیستم‌های هیدرولیکی علاوه بر این که قادر است فشارهای زیادی اعمال کند، عمل اعمال فشار نیز سریع‌تر صورت می‌گیرد. به هر حال، سیستم فشار به ظرفیت ماشین و نوع فلزی که باید جوش داده شود، بستگی دارد.



شکل ۸-۶- دستگاه جوش مقاومتی، استفاده از هوا

انجام می‌شود. (شکل ۹-۶).

در ماشین‌های با ظرفیت کم، فشار از طریق یک پدال پایی و یک بازوی اهرم و یک فنر که متصل به بازوی الکترو است،



شکل ۹-۶- دستگاه جوش مقاومتی استفاده از سیستم مکانیکی

در سیستم پنوماتیک فشار از طریق یک پدال پایی و یک سیلندر هوا (که به بازوی متحرک الکترو وصل است) اعمال می‌شود (شکل ۸-۶).

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 الکترو 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 در هم رفته، سرد و منجمد شوند.

در سیستم پنوماتیک فشار از طریق یک پدال پایی و یک سیلندر هوا (که به بازوی متحرک الکترو وصل است) اعمال می‌شود (شکل ۸-۶).

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 الکترو 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 در هم رفته، سرد و منجمد شوند.

۵-۱-۶- 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

معمولاً ترانسفورماتور جوش مقاومتی، از طریق مدار ثانویه باید « $5000A$ » تا « $100,000A$ » 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 10 ولت

$$100A \cdot 115V \cdot 11500W$$

$$1000A \cdot 11/5V \cdot 11500W$$

$$10,000A \cdot 1/15V \cdot 11500W$$

است و در هنگام جوش کاری (مدار بسته) این مقدار به کم تر از ۱ ولت می رسد.

دوره ی کاری ۵۰٪ نشان می دهد که ماشین می تواند به طور اطمینان بخش، ۳۰ ثانیه از یک دقیقه را جوش کاری کند.

۶-۱-۶ تنظیم نقطه ی جوش: بنا بر آن چه گفته شد، پنج متغیر در سیستم نقطه ی جوش مقاومتی وجود دارد که باید به آن ها توجه نمود:

زمان- شدت جریان- فشار الکتروود- سطح تماس الکتروود و نوع ماشین.

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

به عنوان نمونه در جوش کاری فولاد کم کربن، جوش کار باید بداند که سطح تماس الکتروود چه اندازه باید باشد و یا زمان جوش کاری و هم چنین اندازه ی شدت جریان و یا فشار الکتروود، چقدر باید باشد روابط تجربی و تقریبی زیر می تواند راه گشای جوش کار باشد:

فرض کنید لازم است دو قطعه فلز، هر کدام به ضخامت ۱/۵ میلی متر را، جوش کاری کرد.

دوره ی زمانی و مقدار شدت جریان، را حساب کنید.

$$\text{زمان برحسب دوره} = (TT) \cdot \left[\frac{4}{73} \right]!$$

$$\cdot \text{محاسبه ی زمان} \cdot \left[\frac{4}{73} \right] \cdot (2.1/5 \text{ mm}). 14/19$$

زمان جوش کاری برحسب دوره یا هرتس

$$\text{شدت جریان برحسب آمپر} \cdot (TT) \cdot \left[\frac{4935}{\dots} \right]!$$

$$\cdot \text{محاسبه ی شدت جریان} \cdot \left[\frac{4935}{\dots} \right] \cdot (2.1/5). 14805$$

برحسب آمپر

$$\text{قطر سطح تماس الکتروود} \cdot (TT) \cdot \left[\frac{4}{54} \right]!$$

$$\cdot \text{محاسبه ی اندازه ی قطر سطح} \cdot \left[\frac{4}{54} \right] \cdot (2.1/5). 7/54 \text{ mm}$$

نوک الکتروود

$$\text{فشار الکتروود برحسب نیوتن} \cdot (TT) \cdot \left[\frac{1500}{\dots} \right]!$$

$$\cdot \text{محاسبه ی فشار} \cdot \left[\frac{1500}{\dots} \right] \cdot (2.1/5). 4500 \text{ N}$$

۲-۶-۲ درز جوش مقاومتی یا جوش غلتکی (RSEW)

درز جوش مقاومتی یک روش مخصوص نقطه جوش

است. کاربرد این روش بیش تر برای جوش کاری درز قوطی های مواد غذایی است که باید آب بندی باشند و یا این که هوا نتواند داخل قوطی گردد.

الکترودهای این روش به صورت غلتک است یعنی قطعه ی کار در زیر فشار غلتک ها حرکت می کند. روی این ماشین ها یک دستگاه تایمر دقیق وجود دارد که به وسیله ی آن می توان جوش را به صورت یک خط مستقیم و یا به صورت تناوبی انجام داد.

ماشین های درز جوش خودکار هستند.

عمل جوش کاری نزدیک به لبه ی دو فلزی که روی هم قرار می گیرند، انجام می شود. جوش کاری در این روش، به دو صورت است:

۱- قطعه ی کار ثابت و غلتک ها در طول درز حرکت

می کنند؛ (شکل ۱۰-۶).

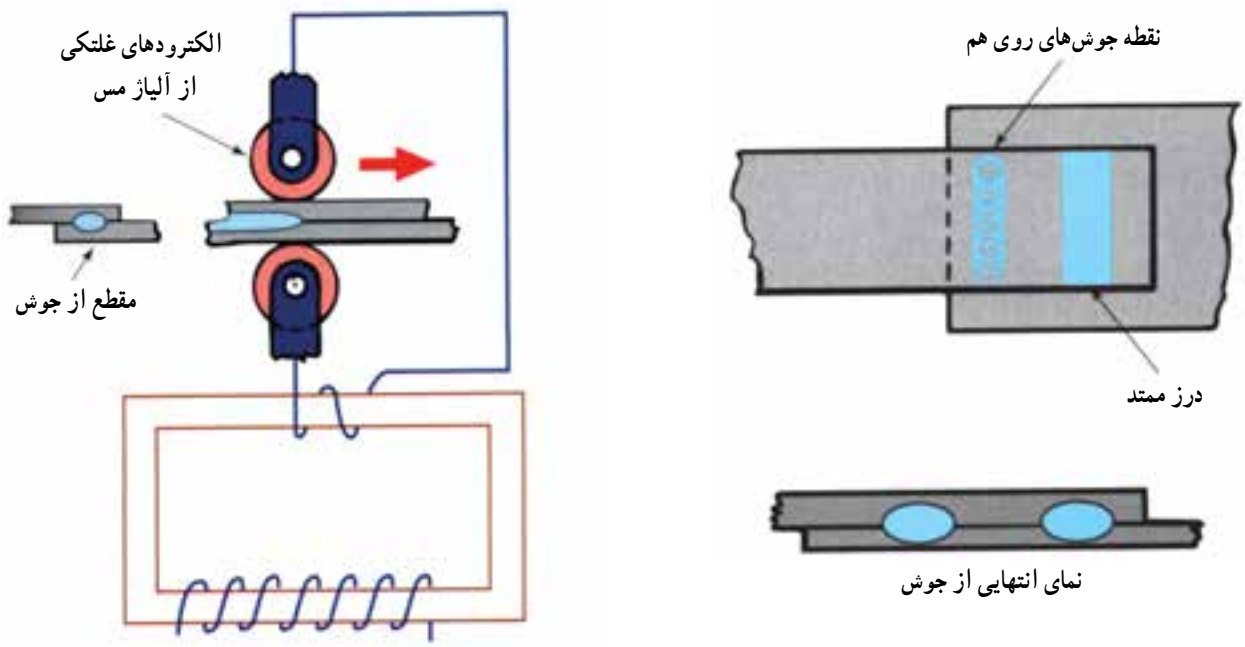
۲- غلتک ها ثابت و قطعه ی کار در زیر فشار الکتروودها

حرکت می کند (شکل ۱۱-۶).

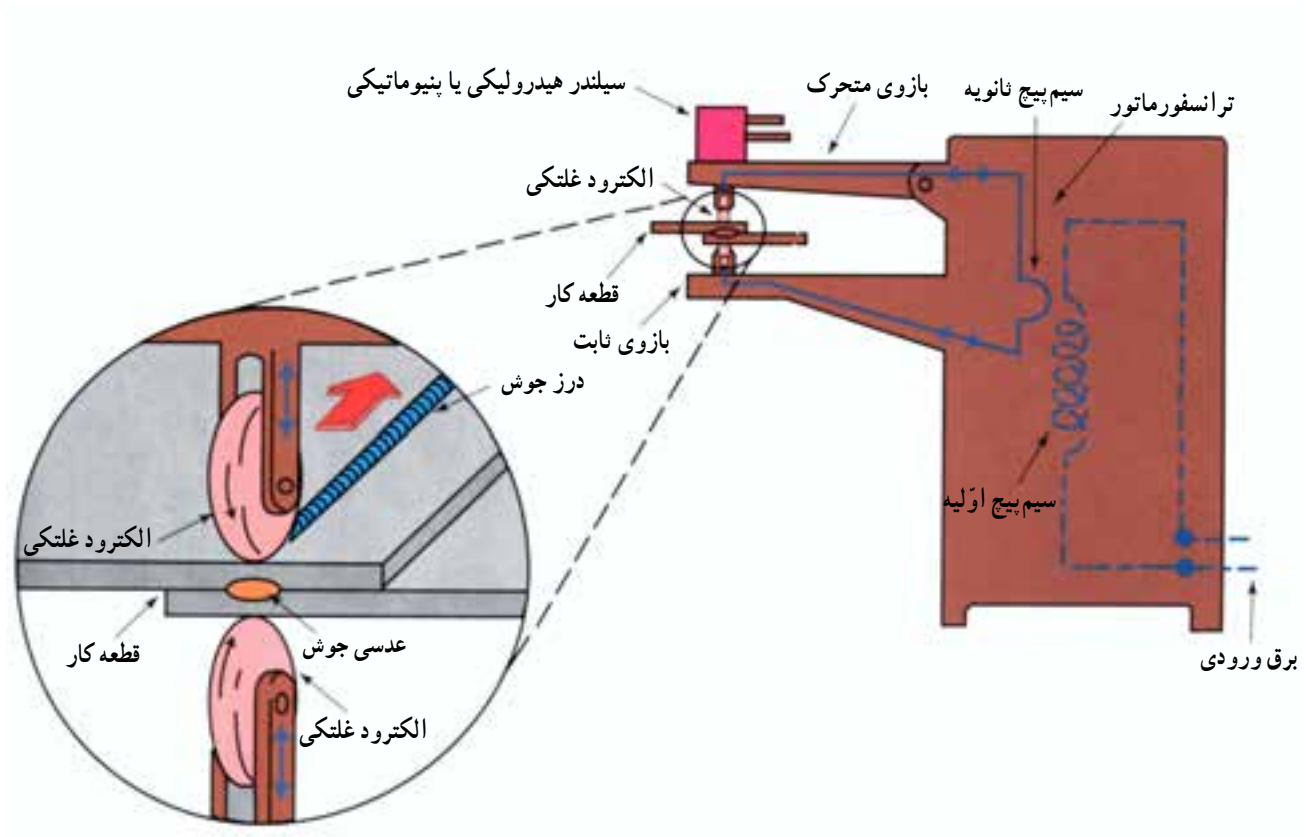
نوع دیگر این روش که «butt seam welding» نامیده

می شود، برای جوش کاری درزهای طولانی مانند جوش درز لوله به کار می رود. قبل از این که لوله از بین دو غلتک عبور

کند، لبه های فلز به وسیله ی شدت جریان به دمای ذوب می رسد و غلتک ها لبه های درز سر به سر را به هم فشار داده، لوله جوش می خورد.



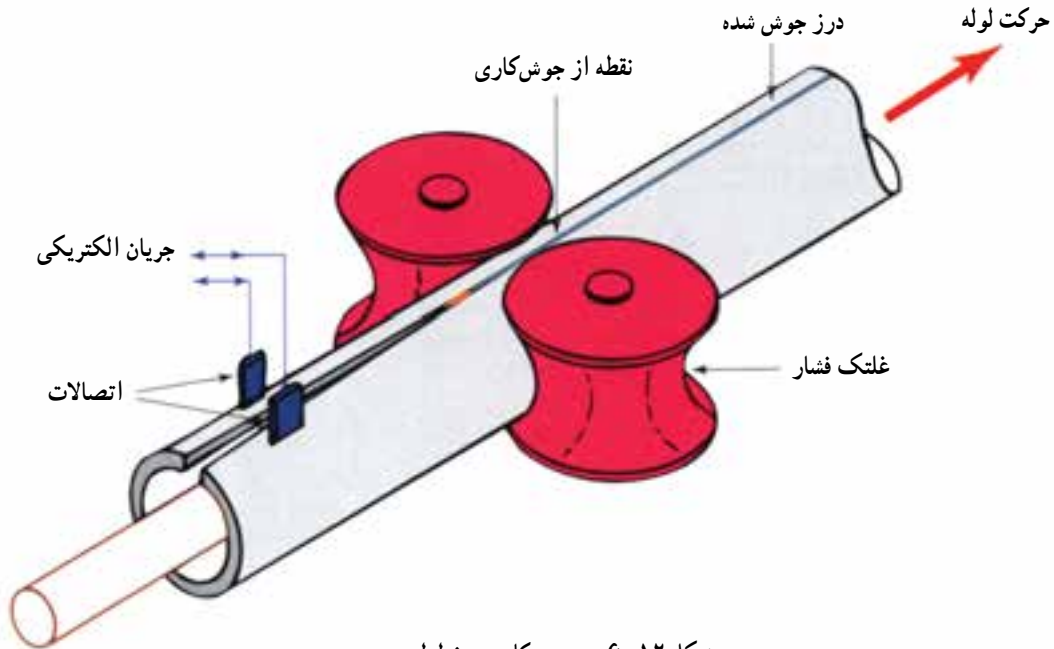
شکل ۱۰-۶ - جوش کاری مقاومتی درز جوش با غلتک‌های متحرک



شکل ۱۱-۶ - جوش کاری مقاومتی درز جوش با قطعه کار متحرک

داشت (شکل ۱۲-۶).

پس از جوش خوردن لبه‌های لوله، تا زمانی که لبه‌های ذوب شده منجمد گردند، در زیر فشار الکتروودها قرار خواهند

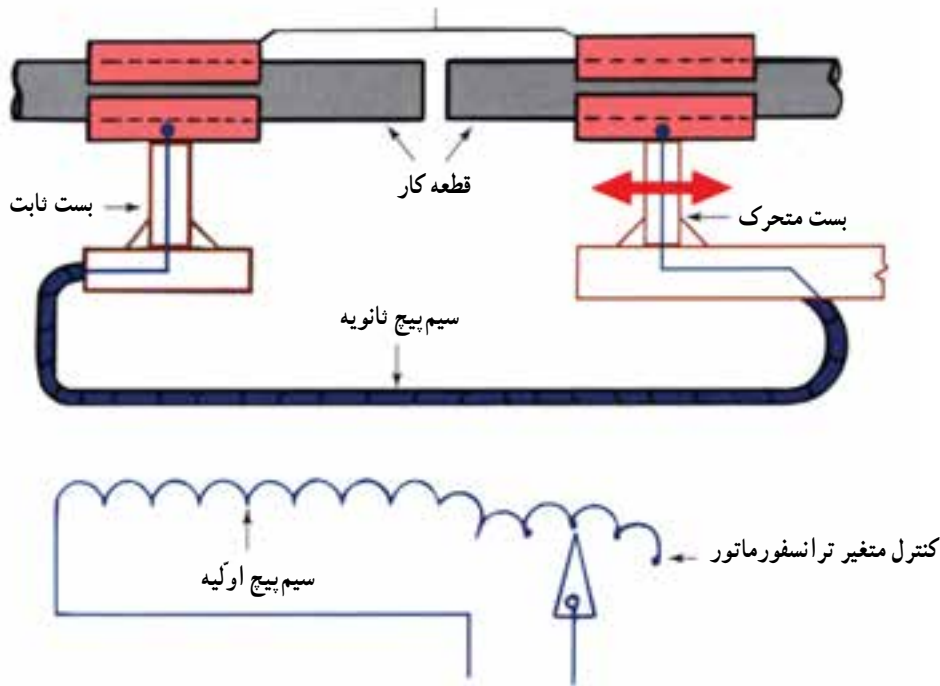


شکل ۱۲-۶ - جوش کاری درز لوله

به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و ناحیه‌ی به هم جفت شده، به صورت خمیری شکل درآمده، در اثر فشار فک‌ها دو قسمت به یک‌دیگر جوش می‌خورند. 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 - مفتول‌ها - میله - تسمه بادامک‌های زنجیر - میل لنگ و غیره.

۳-۶ - جوش و از گونه سربه‌سر (UW) Upset Welding

در این روش دو قطعه‌ای را که می‌خواهند به‌طور سربه‌سر جوش دهند، در دو فک ماشین قرار داده، محکم می‌کنند. یکی از فک‌های ماشین ثابت و دیگری متحرک است (شکل ۱۳-۶). سطح مقطع فلزهای مورد جوش کاری 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



شکل ۶-۱۳ - جوش واژگونه سر به سر

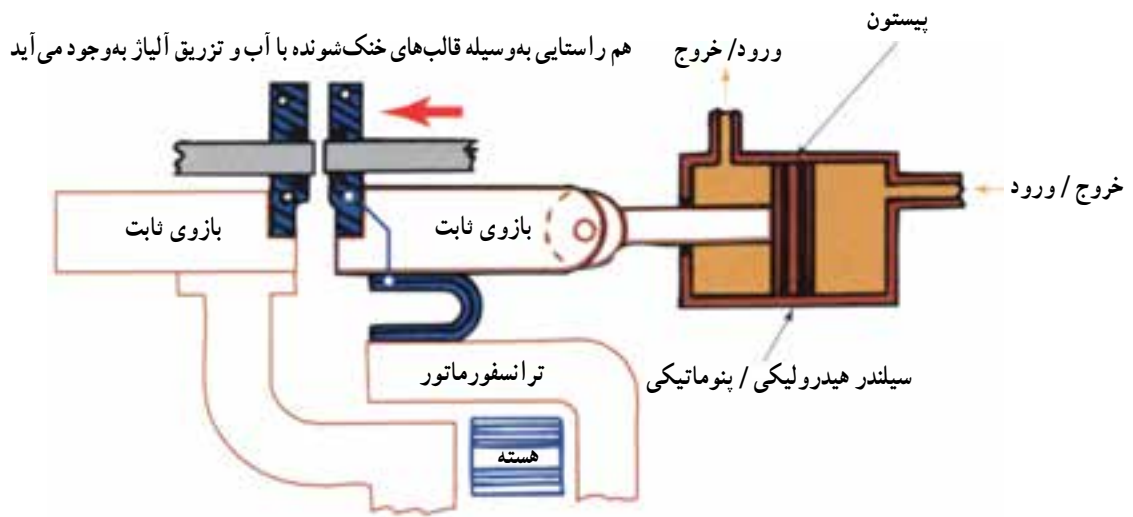
ایجاد می‌شود و مابین دو سطح فلز، حرارت تولید می‌گردد. در اثر خشن بودن و ناهمواری دو سطح یک قوس بین آن‌ها ایجاد می‌شود که این روش را، «فلاش جوش» می‌نامند. این قوس کوچک حرارت نیز حرارت را به دو سطح می‌دهد. در زمانی که قوس برقرار است، دو قطعه را به طور آهسته به طرف یکدیگر حرکت می‌دهند (با فشار کم) و هنگامی که سطح دو فلز به نقطه‌ی ذوب رسید، شدت جریان قطع می‌شود و هم‌زمان، فشار خیلی زیادی به دو قطعه اعمال می‌شود. معمولاً فشار به وسیله‌ی سیلندره‌ای پنوماتیکی یا هیدرولیکی مطابق شکل ۶-۱۴ و گاهی اوقات از طریق یک موتور و بادامک اعمال می‌شود (شکل ۶-۱۵).

۶-۴ - فلاش جوش (Flash Welding (FW)

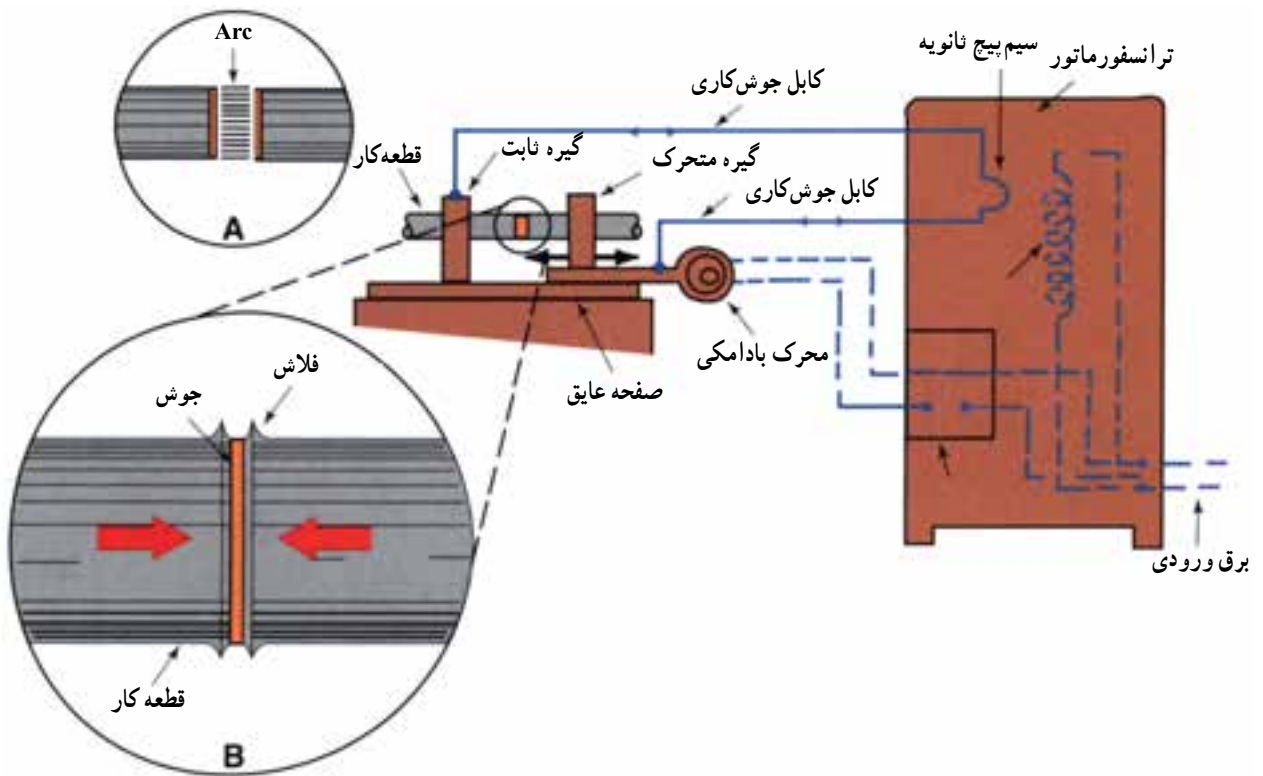
فلاش جوش یکی از انواع روش‌های جوش مقاومتی است که کاربرد آن در جوش کاری فلزات به صورت سر به سر مانند روش جوش واژگونه است.

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 جوش کاری، دو قطعه را به طور بسیار مختصر به هم تماس می‌دهند. حرارت مورد نیاز جوش کاری وقتی ایجاد می‌شود که شدت جریان زیادی از یک قطعه به قطعه دیگر برود. در اثر ناهمواری سطوح دو قطعه (که به طور مختصر با هم تماس دارند)، مقاومت بسیار زیادی



شکل ۱۴-۶- یک دستگاه فلاش جوش پنوماتیکی



شکل ۱۵-۶- یک دستگاه فلاش جوش موتور و بادامکی