

هدف کلی

ایجاد تغییرات رفتاری در دانش‌آموزان (هنرجویان) رشته تأسیسات به نحوی که قادر باشند با بهره‌گیری از اصول و فناوری روز ورقه‌های فولادی و لوله‌های فولادی را با ایجاد قوس الکتریکی به روش دستی جوشکاری نمایند.

مقدمه

جوش کاری علاوه بر این که نقش ارزنده‌ای در تولید دارد، در توسعه و گسترش صنایع و مرمت قطعات نیز، اثر بسیار مطلوبی دارد. امروزه برای تولید اتومبیل‌های جدید، کارخانه‌های سازنده میلیون‌ها دلار صرف دستگاه و ابزارهای مدرن جوش کاری و نیز تحقیقات می‌نمایند.

بسیاری از پل‌ها، ساختمان‌های فلزی، کشتی‌ها و خطوط لوله‌ی ماشین‌های راه‌سازی و کشاورزی را از طریق جوش کاری می‌سازند و تولید می‌کنند. صنایع فضایی بدون استفاده از روش‌های مختلف جوش کاری، قادر به تولید هواپیماهای غول‌پیکر، راکت‌ها و غیره نخواهند بود. با توسعه و پیشرفت این علم در عصر حاضر، امکان جوش کاری در خارج از جوّ و در فضا نیز میسر شده است.

کاربرد جوش کاری در صنایع سبک هم مانند تولید تلویزیون - یخچال - کابینت‌های آشپزخانه - ماشین‌های ظرف‌شویی و لباس‌شویی و ... غیر قابل انکار است.

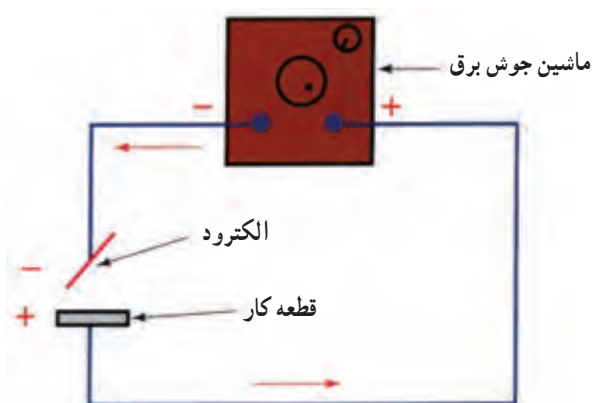
در حال حاضر کشورهای پیشرفته‌ی جهان از روش‌های بسیار متنوع جوش کاری مانند لیزر - الکترون بیم - اولتراسونیک - انفجاری و اصطکاکی استفاده می‌کنند.

جوش کاری با قوس الکتریکی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- قوانین الکتریسیته در استفاده صحیح از دستگاه‌های جوش کاری را شرح دهد.
- ۲- ساختمان ماشین‌های جوش کاری را از نظر نوع شدت جریان برق توضیح دهد.
- ۳- ساختمان ترانسفورماتور جوش کاری را تشریح نماید.
- ۴- نحوه کنترل بازده و یکسو کردن شدت جریان را توضیح دهد.
- ۵- نحوه یکسو کردن شدت جریان را شرح دهد.
- ۶- ویژگی ژنراتور جوش کاری را از نظر وضعیت شدت جریان الکتریکی توضیح دهد.
- ۷- اصول اولیه جوش کاری با استفاده از قوس الکتریکی و الکتروود دستی و جریان الکتریکی مستقیم را تشریح کند.
- ۸- جوش کاری با قطب مستقیم و معکوس را توضیح دهد.
- ۹- ملاک‌هایی که در گزینش قطب (مستقیم و معکوس) جوش کاری اهمیت دارد، توضیح دهد.
- ۱۰- مشخصات ماشین‌های جوش کاری را توضیح دهد.
- ۱۱- مشخصات کابل جوش کاری و ترمینال‌های آن را توضیح دهد.
- ۱۲- مشخصات دستگاه‌ها و ابزار تمیزکننده جوش کاری را شرح دهد.
- ۱۳- مشخصات انبر الکتروود را شرح دهد.
- ۱۴- ویژگی‌ها و انواع ماسک جوش کاری و لباس ایمنی را توضیح دهد.

۱- جوش کاری با قوس الکتریکی



شکل ۱-۱- مدار الکتریکی ماشین جوش کاری

۱-۱- تعاریف و مقدمات

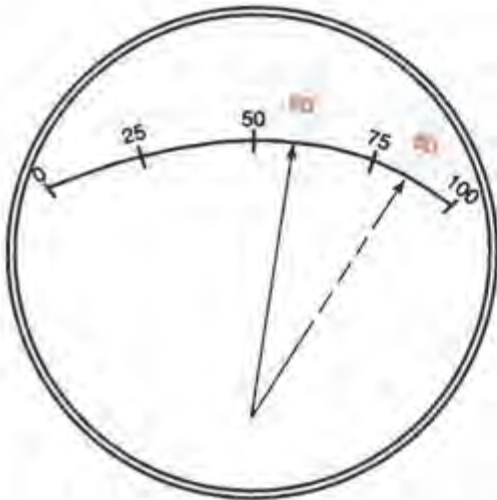
۱-۱-۱- مدار الکتریکی: مدار الکتریکی مسیری

است که جریان الکتریسیته (الکترون‌ها) در آن جاری می‌شود و این مسیر از ترمینال منفی ژنراتور (جایی که شدت جریان تولید می‌شود) شروع شده به وسیله سیم یا کابل به طرف ترمینال مثبت هدایت می‌شود (شکل ۱-۱).

الکترون‌ها در مدار جریان یابند «ولتاژ» نامیده می‌شود. این نیرو مانند فشاری است که باعث جریان آب در لوله می‌شود. در سیستم آب پمپ باعث فشار است درحالی که در مدار الکتریکی ژنراتور یا ترانسفورماتور مولد فشار است که الکترون‌ها را در سیم به حرکت وا می‌دارد واحد این فشار «ولت» است و دستگاهی که آنرا اندازه‌گیری می‌کند «ولت‌متر» نامیده می‌شود (شکل ۱-۲).

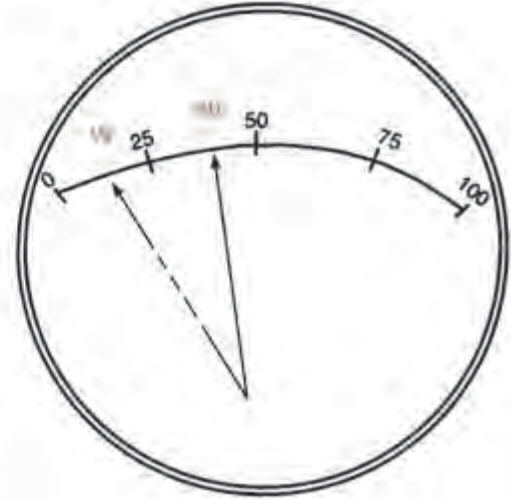
۱-۱-۲ شدت جریان: شدت جریان تعداد الکترون‌هایی است که در یک ثانیه از یک نقطه از مدار می‌گذرد و واحد آن آمپر است که به‌طور اختصار «amps یا amp» نوشته می‌شود. (یک آمپر یعنی $10^{18} \times 6/8$ عدد الکترون) دستگاه اندازه‌گیری آمپر «آمپرمتر» (ampermeter) است.

۱-۱-۳ ولتاژ: نیرویی (emf) که باعث می‌شود

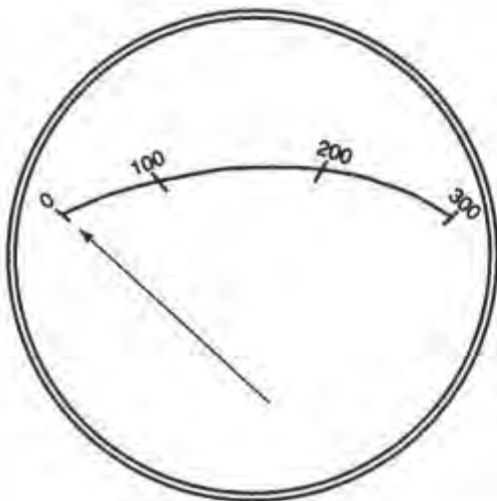


مدار باز

ولت‌متر

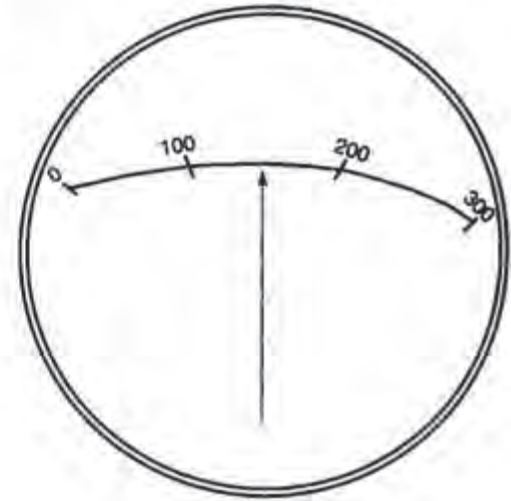


مدار بسته (در حال جوش کاری)



مدار باز

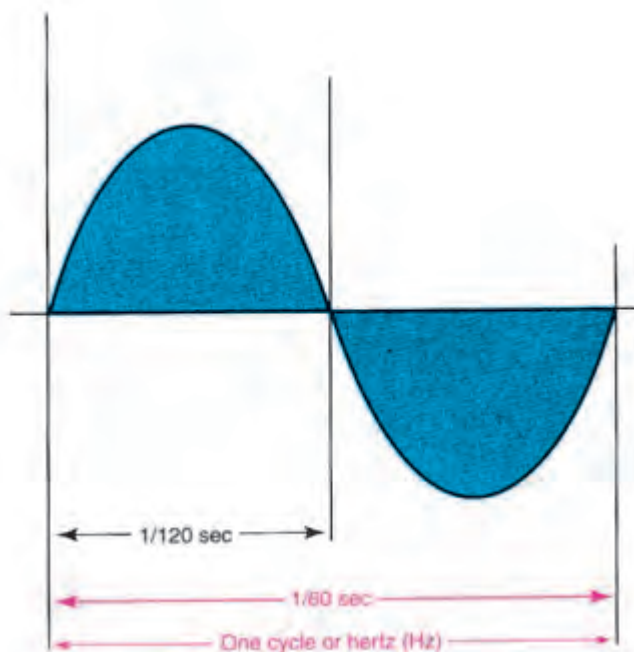
آمپرمتر



مدار بسته (در حال جوش کاری)

شکل ۱-۲ ولت‌متر و آمپرمتر در دستگاه جوش کاری

زیاد کرد. برای مثال از این دستگاه در روش جوش کاری با گاز آرگون برای شروع ایجاد قوس الکتریکی استفاده می‌شود. هم‌چنین در روش برنج جوش القایی، در دستگاه‌های اولتراسونیک و غیره از آن استفاده می‌شود. یک سیکل کامل شدت جریان (360°) است، بنابراین حداکثر ولتاژ مثبت در زاویه 90° و حداکثر ولتاژ منفی در زاویه 270° است و در زوایای 0° و 180° ، جهت ولتاژ تعویض شده، از صفر می‌گذرد (شکل ۱-۳). در جوش کاری بهتر است که یک نیم‌سیکل جریان متناوب را «DCSP»^۲ و نیم‌سیکل دیگر را «DCRP»^۳ بنامیم.



شکل ۱-۳- جریان متناوب یک سیکل یا هرتس

چون ولتاژ در جریان متناوب تغییر می‌کند، بنابراین در جوش کاری با مشکلاتی همراه است که مقدار و اندازه‌ی ولتاژ در هر نقطه از منحنی از آن جمله است؛ برای مثال اگر صحبت از ولتاژ «۲۲۰» ولت متناوب می‌شود، لازم است بدانیم که ولتاژ در طول موج منحنی سینوسی و یا هر نقطه در روی منحنی چه قدر است.

۴-۱-۱- اُفت ولتاژ: هم‌چنان که در سیستم آب هر چه طول لوله نسبت به پمپ بیش تر باشد فشار آب کم می‌شود در یک مدار الکتریکی هم هر چه فاصله نسبت به ژنراتور زیادتر شود ولتاژ کم تر می‌گردد که به آن «افت ولتاژ»^۱ می‌گویند.

۵-۱-۱- جریان مستقیم و متناوب (DC و AC): در جوش کاری قوس الکتریکی به‌طور مستقیم از انرژی الکتریکی استفاده نمی‌شود ولی آن را تبدیل به انرژی حرارتی می‌کنند و به کار می‌برند.

انرژی الکتریکی را در مقیاس بزرگ از محرک‌های مکانیکی (مانند توربین بخار- توربین آبی) و در مقیاس‌های کوچک‌تر از موتورهای دیزلی که به‌وسیله کویلینگ به ژنراتور وصل می‌شود به‌دست می‌آورند.

دو نوع انرژی الکتریکی وجود دارد

الف - جریان مستقیم یا DC

ب - جریان متناوب یا AC

در جریان مستقیم الکترون‌ها در یک هادی فقط در یک جهت جابه‌جا می‌گردند ولی در جریان متناوب الکترون‌ها در پریودهایی جهت خود را تعویض می‌کنند.

بعضی از ژنراتورها مانند باطری و ترموکوپل، مستقیماً جریان DC تهیه می‌کنند اما بیش‌ترین روش تهیه‌ی جریان مستقیم، از طریق جریان متناوب، به‌وسیله‌ی یک سوکننده‌ها (رکتی فایر) انجام می‌شود.

منحنی جریان متناوب، سینوسی شکل است که یک سیکل کامل آن محتوی یک نیم‌سیکل مثبت و یک نیم‌سیکل منفی است. که در هر نیم‌سیکل جهت جابه‌جایی الکترون‌ها برعکس یک‌دیگر است.

۶-۱-۱- فرکانس: فرکانس یعنی تعداد سیکل‌های کامل در زمان یک ثانیه.

در بسیاری از کشورها فرکانس جریان الکتریسیته، 60° سیکل است و در کشور ایران فرکانس 50° سیکل متداول است. به‌وسیله‌ی دستگاه‌هایی می‌توان تعداد سیکل‌ها را در واحد زمان

۱- افت ولتاژ در جوش کاری اهمیت خاصی دارد که در فصل‌های آینده در مورد آن بحث خواهد شد.

۲- DCSP = Direct current straight Polarity

۳- DCRP = Direct current Reverse Polarity

فرض کنید یک مقاومت الکتریکی مانند اجاق الکتریکی، که به برق 220° ولت (d.c) وصل می‌شود، یک مقدار مشخص توان برحسب وات ایجاد می‌کند.

حال اگر همین اجاق را به برق 220° ولت (a.c) وصل کنیم، باز هم همان مقدار توان ایجاد خواهد شد.

منبع متناوب 220° ولت در زیر نظام این قاعده است که : ولتاژ اسمی یک جریان (a.c)، حداکثر ولتاژ نیست بلکه

ولتاژ مؤثر آن است. ولتاژ اسمی یا ولتاژ مؤثر برابر است با (حداکثر ولتاژ) بیک ولتاژ $\times 0.707 =$ ولتاژ مؤثر

ولتاژ اسمی $\times 1/414 =$ بیک ولتاژ

برای ولتاژ a-c، 220° ولت ماکزیمم ولتاژ مثبت لازم است

و حداکثر ولتاژ منفی برابر است با

$$220^\circ \times 1/414 = 311V$$

از گفته‌های فوق نتیجه می‌گیریم که اگر شخصی در معرض برق‌گرفتگی با جریان (a.c) قرار گیرد، ۱۴۱ درصد خطرناک‌تر از برق 220° ولت (d.c) است؛ بنابراین عایق‌های الکتریسیته برای جریان (a.c) باید ۱۴۱ درصد ولتاژ مؤثر باشند.

در اکثر ماشین‌های جوش کاری (a.c) (d.c)، جریان مستقیم را از طریق رکتی‌فایر کردن یا یک‌سو کردن جریان متناوب به دست می‌آورند؛ چنین جریان مستقیمی دارای (10°) سیکل جریان مستقیم است. شکل ۴-۱ یک جریان (d.c) فول رکتی‌فایر را نشان می‌دهد.

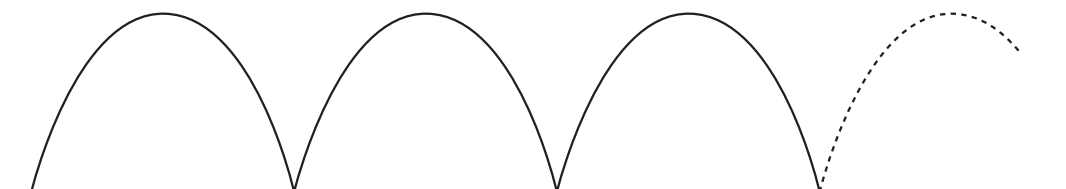
اگر نیم‌سیکل‌های منفی جریان (a.c) به طرف دیگر منتقل شود چنین جریانی تبدیل به (dc) شده و آن را «نیم‌سیکل‌های یک‌سو» شده می‌نامند و دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد رکتی‌فایر یا یک‌سوکننده می‌نامند. دستگاه‌های جوش کاری بزرگ از یک جریان (dc) و سه فاز تغذیه می‌کنند.

سه فاز یعنی سه منبع توان که ولتاژ آن‌ها یکسان است و ولتاژ از طریق سه سیم گرفته می‌شود. سه فاز به‌طور مجزا از نقطه نظر الکتریکی (120°) هستند. معنی فاز در الکتریسیته با معنی فاز در متالورژی با هم تفاوت دارد.

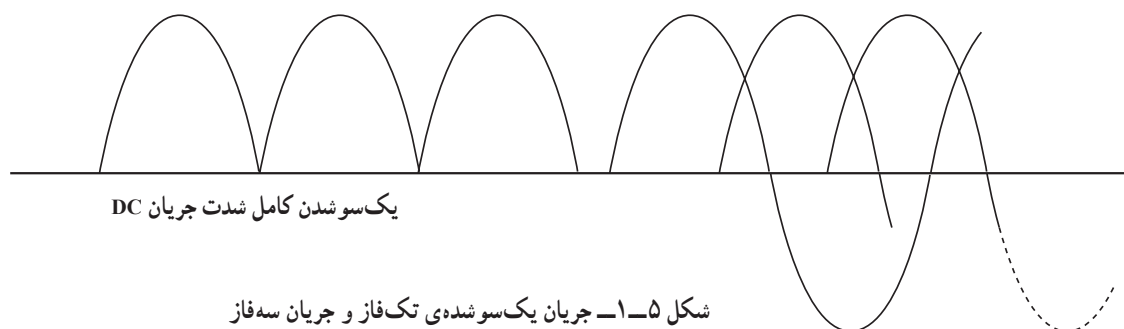
فاز در جریان الکتریسیته یعنی اگر شدت جریان و یا ولتاژ در فاز باشند با فاصله ولی با هم از صفر می‌گذرند و اگر خارج از فاز باشند، یکی از آن‌ها در زمان متفاوت نسبت به دیگری از صفر عبور می‌کند. به هر حال عمل جوش کاری با دستگاه‌های سه‌فاز ساده‌تر

و ضریب قوس یک‌نواخت‌تر است. رکتی‌فایر (یک‌سوکننده) سیستمی است که جریان (a.c) را به (d.c) تبدیل می‌کند. به‌طور کلی دستگاه‌های جوش کاری (DC) را برای سه فاکتور مهم طراحی می‌کنند:

- ۱- تولید یک رنج وسیع شدت جریان برای جوش کاری ضخامت‌های مختلف در آلیاژها؛
- ۲- ثابت نگه داشتن خصوصیات ولت-آمپر؛
- ۳- تغییر یافتن ولتاژ در زمان بسیار کوتاه، برای ولتاژ مورد نیاز قوس.



شکل ۴-۱- جریان یک‌سو شده



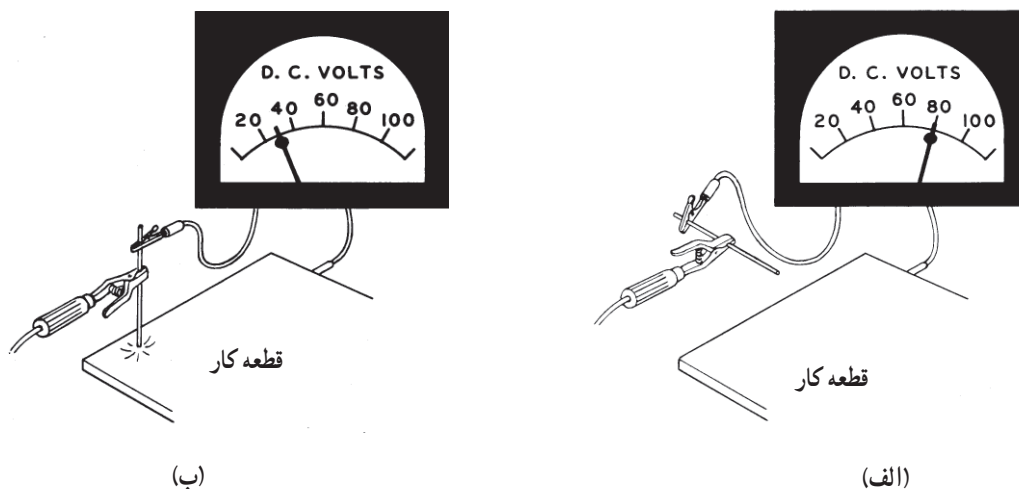
یک‌سو شدن کامل شدت جریان DC

شکل ۵-۱- جریان یک‌سو شده تک‌فاز و جریان سه‌فاز

جریان سه‌فاز (AC)

اندازه‌ی آن به حدود ۱۸ تا ۳۶ ولت می‌رسد. (شکل ۱-۶) و این ولتاژ را ولتاژ «قوس» یا «ولتاژ کاری» می‌نامند. امروزه در دستگاه‌های جدید، مقدار افت ولتاژ فرق می‌کند در صفحات بعد به آن اشاره می‌شود.

۱-۱-۷- ولتاژ مدار باز و ولتاژ قوس: ولتاژ مدار باز ولتاژی است که در موقع کار کردن ماشین جوش کاری وجود دارد بدون این که عمل جوش کاری صورت گیرد. تغییرات این ولتاژ در سیستم ماشین متفاوت و در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ ولت است. بعد از این که قوس ایجاد شد، مقدار ولتاژ افت کرده،



شکل ۱-۶- الف- ولتاژ مدار باز ب- ولتاژ کار (قوس)

۱-۲- ایجاد قوس الکتریکی با الکتروود دستی

اگر بتوانیم جریان الکتریکی را از دو الکتروود که نسبت به هم فاصله‌ی کوتاهی دارند عبور دهیم، قوس الکتریکی ایجاد خواهد شد.

اولاً باید به فاصله‌ی بین دو الکتروود یعنی فضای موجود یا هوای بین آن‌ها توجه کرد. ثانیاً هم چنان که می‌دانیم هوا عایق است و رسانا نیست.

حال اگر بخواهیم الکترون‌ها را از فضای مابین الکتروودها که عایق است عبور دهیم، می‌توانیم ولتاژ را زیاد کنیم اما، ولتاژ زیاد می‌تواند برای جوش کار خطرناک باشد و یا به عبارت دیگر، در روش‌های متداول جوش کاری، نمی‌توان از ولتاژ زیاد استفاده کرد مگر در شرایط خاصی مانند شروع قوس در روش جوش

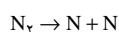
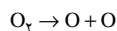
آرگون؛

بنابراین باید روش دیگری انتخاب شود که بتوان الکترون‌ها را از این فاصله که عایق است عبور داد.

روشی که می‌توان اتخاذ نمود این است که هوا را از حالت عایق بودن خارج کرده، آن را رسانا کنیم. هم چنان که می‌دانیم هوا مخلوطی است از اکسیژن و ازت که باید آن‌ها را یونیزه کرد.

پس از آن دو مرتبه اتم‌ها را به یون و الکترون تجزیه کنیم. در این صورت الکترون می‌تواند از فاصله‌ی بین الکتروودها (فضای رسانا شده) عبور کند و چون مقاومت هوای رسانا شده زیاد است، به ناچار الکترون انرژی خود را تبدیل به انرژی حرارتی می‌کند. برای انجام این عمل لازم است که نوک الکتروود را برای یک لحظه یا زمان بسیار کوتاه به پلیت یا قطعه‌ی کار تماس داد و سپس

۱- یونیزه کردن یعنی مولکول‌های اکسیژن و ازت را تجزیه کرده، تبدیل به اتم اکسیژن و اتم ازت می‌نمایم.



آنرا به اندازه‌ی ۳ تا ۴ میلی‌متر از سطح قطعه کار دور کرد. هنگامی که الکتروود تماس پیدا می‌کند، الکترون‌ها جریان پیدا می‌کنند و وقتی که نوک الکتروود نسبت به سطح فلز فاصله پیدا می‌کند، شدت جریان به‌طور مداوم از این فاصله‌ی کم به‌صورت جرقه می‌گذرد و باعث یونیزه شدن یا به اصطلاح رساناشدن فضا می‌شود. قوس به‌وسیله‌ی الکترون‌ها تولید می‌شود و جهت آن‌ها از قطب «-Ve» به قطب «+Ve» است و انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی و نور تبدیل می‌شود.

تقریباً $\frac{2}{3}$ از حرارت در نزدیکی قطب مثبت به وجود می‌آید که به شکل دهانه‌ی آتشفشان می‌سوزد و درجه حرارت در مجاورت این دهانه در حدود 6000°C تا 7000°C است و $\frac{1}{3}$ از کل حرارت در نزدیک قطب منفی ایجاد می‌شود، در نتیجه اگر الکتروود به قطب مثبت وصل شود، سرعت ذوب آن پنجاه درصد بیش‌تر از این است که الکتروود به قطب منفی وصل شود.

بر اساس مقدار حرارت تولیدشده در قطب‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که اگر ضخامت پوشش الکتروودی در حد متوسط باشد، باید آن را به قطب منفی وصل نمود تا به سرعت ذوب نشود. الکترودهایی که دارای پوسته‌ی ضخیم هستند، چون نیاز به حرارت بیش‌تری دارند، می‌توان آن‌ها را به قطب مثبت وصل کرد.

هنگامی که از جریان متناوب استفاده می‌شود، مقدار حرارتی که در قطعه کار و الکتروود ایجاد می‌شود، مساوی است زیرا قطعه کار و الکتروود قطب‌های خود را متناسب با فرکانس برق تغییر می‌دهند.

اگر از یک مفتول به‌جای الکتروود استفاده کنیم، مشاهده می‌شود که کنترل قوس مشکل می‌گردد و هاله‌ی قوس ملتهب شده، بر روی مذاب به این سو و آن سو کشیده می‌شود.

در هنگامی که ذرات مذاب از مفتول جدا شده، به طرف قطعه‌ی کار می‌روند، در تماس با آتمسفر می‌باشند؛ از این رو اکسیژن و ازت هوا را جذب کرده، تولید اکسید آهن و نیتريت آهن می‌کنند؛ در نتیجه جوشی که از مفتول بدون پوشش ایجاد می‌شود، شکننده و ترد شده و متخلخل

خواهد بود.

۳-۱- ماشین‌های جوش کاری

دستگاه‌های جوش کاری که به آن‌ها ماشین‌های جوش کاری هم گفته می‌شود، ممکن است به یکی از سه صورت «ac» - «dc» یا ترکیب «ac/dc» باشد. این دستگاه‌ها طوری طراحی می‌شوند که در آن‌ها یا شدت جریان ثابت است و یا ولتاژ.

سیستم ماشین‌های «ac» ممکن است به یکی از صورت‌های زیر باشد:

۱- ترانسفورماتور؛

۲- موتور آلترناتور (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین^۱ آلترناتور (اینجین دیزلی یا بنزینی)؛

۴- اینورتر^۲ (معکوس‌کننده‌ها).

سیستم دستگاه‌های «dc» ممکن است به یکی از صورت‌های زیر باشد:

۱- ترانسفورماتور همراه با یک سوکننده‌ی «dc»؛

۲- موتور ژنراتور (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین ژنراتور (موتورهای گازوئیلی یا بنزینی)؛

۴- رکتی فایر؛

۵- اینورتر

- سیستم دستگاه‌های «ac/dc» به‌صورت زیر است:

۱- ترانسفورماتور با یک سوکننده‌ی «dc»؛

۲- موتور آلترناتور^۲ با رکتی فایر^۱ «dc» (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین آلترناتور با رکتی فایر «dc» (موتور بنزینی یا

گازوئیلی)؛

۴- اینورتر (معکوس‌کننده).

۱-۳-۱- ماشین‌های ac: دستگاه‌های «ac» یا به‌صورت ترانسفورماتور (شکل ۷-۱) و یا به شکل آلترناتور (شکل ۸-۱) هستند.

هدف از کاربرد ترانسفورماتور در جوش کاری تغییر دادن ولتاژ زیاد و شدت جریان کم، به ولتاژ کم و شدت جریان زیاد



شکل ۱-۷- یک دستگاه ترانسفورماتور با ظرفیت جوش $230^{\circ}A$

است که به نام ترانسفورماتور کاهنده (Step-down transformer) نامیده می‌شود. (شکل ۱-۷)

ترانسفورماتور محتوی سه سیستم الکتریکی است :

- ۱- سیم پیچ اولیه ؛
- ۲- سیم پیچ ثانویه ؛
- ۳- هسته آهنی .



(ب)

سلکتور
AC/dc
سلکتور شدت جریان
موتور (اینجین)



(الف)

شکل ۱-۸- (الف) دستگاه جوش کاری سیار سیستم آلترناتور ac/dc (ب) موتور زرناتور

آن حوزه‌ی مغناطیسی تشکیل می‌شود و وقتی که شدت جریان در سیم متوقف شود، حوزه‌ی مغناطیسی متلاشی می‌شود.

در ماشین‌های جوش کاری کاهنده، تعداد حلقه در سیم پیچ اولیه زیاد است و به همین علت حوزه‌ی مغناطیسی نیز در آن بسیار قوی می‌باشد و سیم پیچ ثانویه با تعداد حلقه‌های کم در

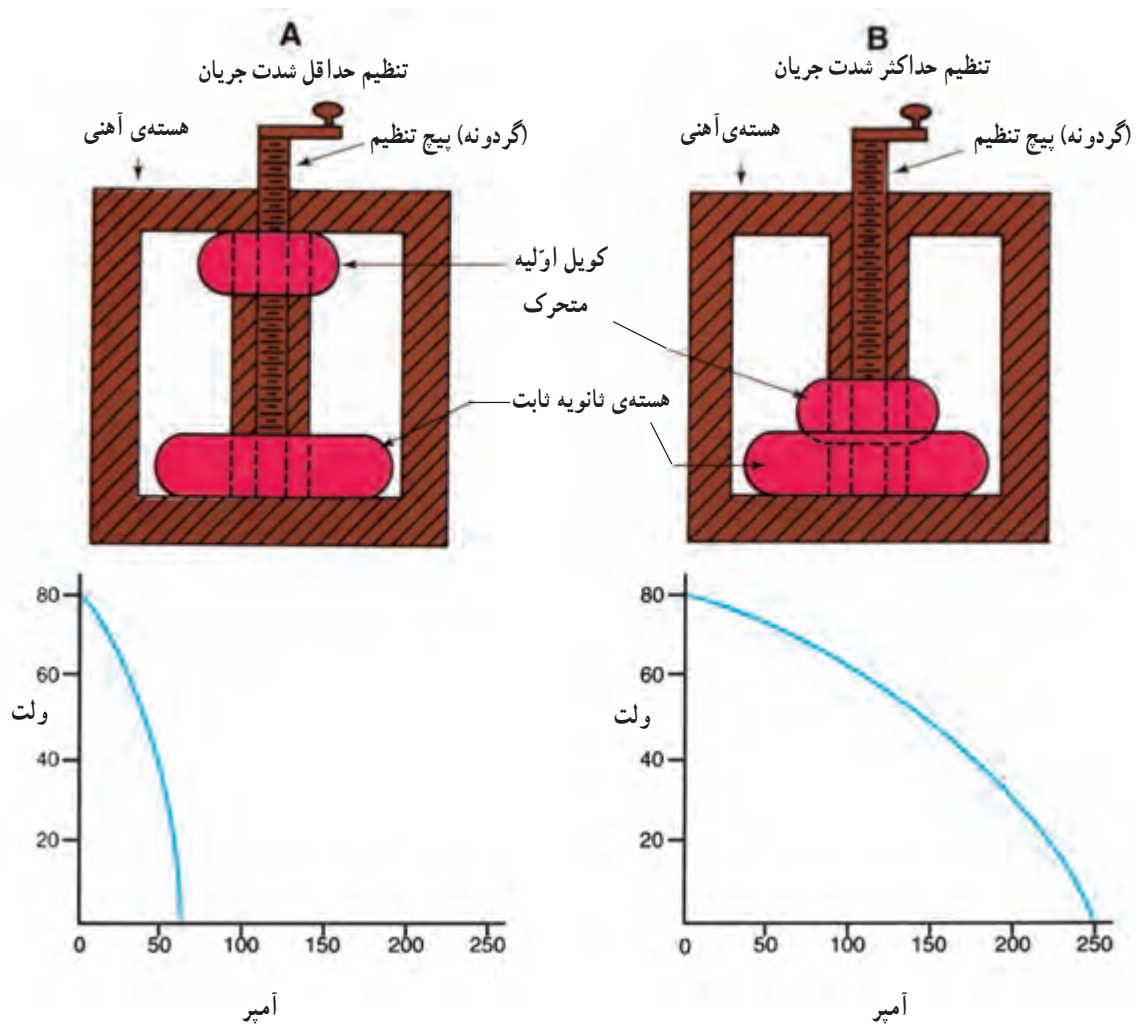
قطر سیم، سیم پیچ اولیه نسبت به سیم پیچ ثانویه کوچک تر است زیرا سیم پیچ اولیه، شدت جریان کمی را از خود عبور می‌دهد و تعداد حلقه‌ها در سیم پیچ اولیه نیز نسبت به سیم پیچ ثانویه خیلی بیش تر است.

هنگامی که شدت جریان از یک سیم عبور کند، در اطراف

و در نتیجه یک شدت جریان متناوب تشکیل شود. لایه‌های هسته‌ی آهنی که مابین دو سیم پیچ قرار دارد به دو سیم پیچ اولیه و ثانویه، مرکزیت می‌دهد و هدف از وجود آن، نگهداری و ثبات حوزه‌ی مغناطیسی است. اگر سیم پیچ اولیه و ثانویه از یک‌دیگر دور شوند، مقدار شدت جریانی که در سیم پیچ ثانویه القا می‌شود کاهش می‌یابد زیرا حوزه‌ی مغناطیسی ضعیف‌تری، سیم پیچ ثانویه را قطع می‌کند (شکل ۹-۱).

نزدیکی سیم پیچ اولیه قرار دارد چون در سیم پیچ اولیه، جریان متناوب است، در مواقعی که جهت جریان عوض می‌شود، حوزه‌ی مغناطیسی در سیم پیچ ثانویه القا می‌گردد و شدت جریان در یک جهت جاری می‌شود و وقتی که جهت شدت جریان در سیم پیچ اولیه تغییر جهت داد، دوباره در سیم پیچ ثانویه حوزه‌ی مغناطیسی القاشده، جهت جریان برخلاف جهت جریان قبل در سیم پیچ اولیه به‌راه می‌افتد.

پروسه‌ی القا شدن حوزه‌ی مغناطیسی باعث می‌شود که در سیم پیچ ثانویه شدت جریان با نرخ 100° مرتبه در ثانیه القا شود



شکل ۹-۱- کوایل متحرک یک ترانسفورماتور

A - تنظیم شدت جریان برای حداقل آمپر

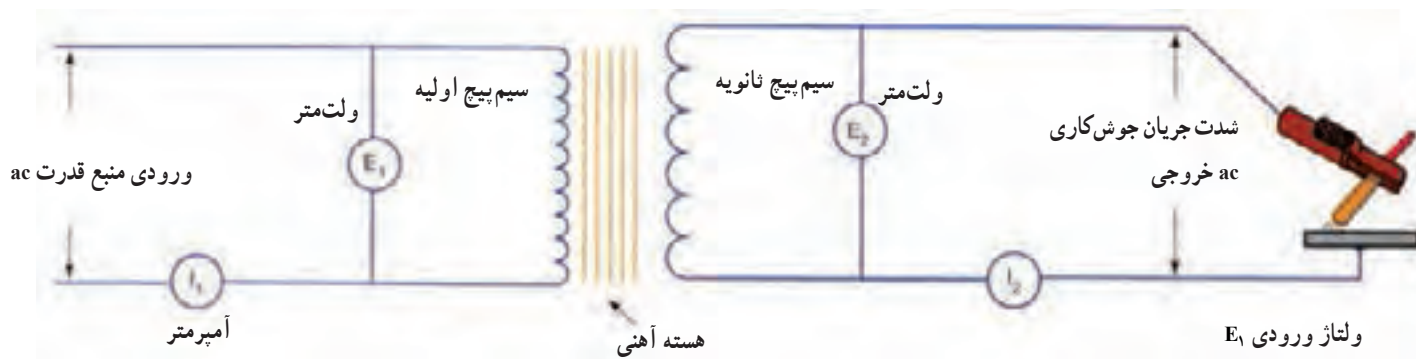
B - تنظیم شدت جریان برای حداکثر آمپر

۵۵° ولت است یعنی ۱° برابر ولتاژ خروجی ماشین. از رابطه‌ی زیر می‌توان تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه را به‌دست آورد.

$$\frac{\text{تعداد حلقه در سیم‌پیچ اولیه}}{\text{تعداد حلقه در سیم‌پیچ ثانویه}} = \frac{\text{ولتاژ در سیم‌پیچ اولیه}}{\text{ولتاژ در سیم‌پیچ ثانویه}}$$

در شکل ۱-۱ مدارهای الکتریکی یک ترانسفورماتور «ac» نشان داده شده است.

فرض کنیم لازم است که کویل‌های یک ترانسفورمر جوش کاری برای ولتاژ خروجی مدار باز ۵۵ ولت سیم‌پیچی شود (۵۵ ولت برای سهولت محاسبه در نظر گرفته شده) و ولتاژ ورودی



شکل ۱-۱-۱ مدار الکتریکی یک ترانسفورماتور جوش کاری

- ولتاژ ورودی E_1
- شدت جریان اولیه I_1
- ولتاژ ثانویه E_2
- شدت جریان ثانویه I_2

باز شود.

در شکل (۱-۱۱-ب) دیاگرام یک «دیود» و «SCR» نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱-الف - دیاگرام یک دیود



شکل ۱-۱۱-ب - دیاگرام یک SCR با دروازه

۲-۳-۱- کنترل بازده و یک‌سو کردن شدت جریان:

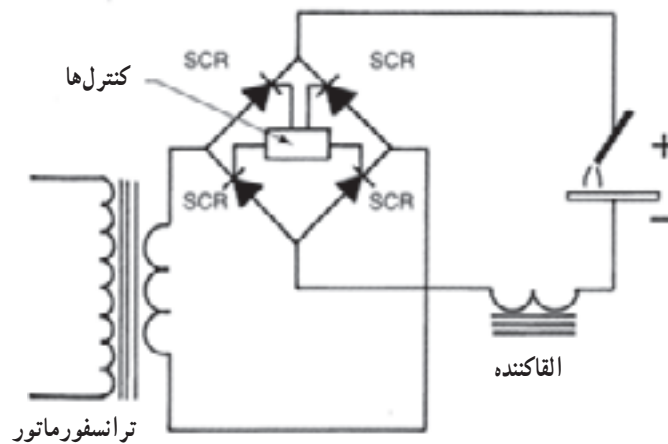
برای کنترل کردن کارایی شدت جریان در دستگاه‌های جوش کاری از شیوه‌های متفاوتی (مانند کویل‌های متحرک، حوزه‌ی مغناطیسی و غیره) برای مقدار شدت جریان خروجی استفاده می‌کنند، اما امروزه در ماشین‌های جدید جوش کاری از روش‌های الکترونیکی استفاده می‌نمایند. «دیود» (diode) وسیله‌ای است که فقط در یک جهت، شدت جریان داشته باشد و در جهت مخالف نمی‌تواند جاری گردد. از «دیود» برای تبدیل جریان متناوب به مستقیم استفاده می‌شود (شکل ۱-۱۱-الف).

«SCR»^۱ مانند دیود است و اختلاف آن‌ها در این است که دیود مانند یک خیابان یک طرفه است که در آن شدت جریان فقط می‌تواند در یک جهت از «آند» (+) به طرف «کاتد» (-) برود. در «SCR» شدت جریان مانند دیود می‌تواند در یک جهت جاری شود اما مشروط بر این که این مسیر به وسیله‌ی یک دروازه (gate)

نیم سیکل شدت جریان، در یک لحظه‌ی بسیار کوتاه، مسیر را باز می‌کند و اگر به شدت جریان کم نیاز باشد «SCR» در هر نیم سیکل مسیر را دیرتر باز می‌کند؛ یعنی شدت جریان خروجی به صورت الکترونیکی کنترل می‌شود. به این ترتیب لزوم حرکت کردن سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه از بین می‌رود (شکل ۱۲-۱).

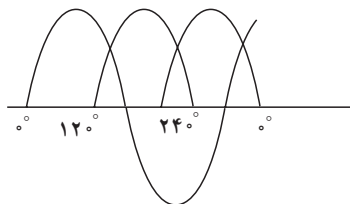
دروازه یا gate در «SCR» یک کلید است که در هنگام چرخش مسیر صحیح و درست جاری شدن شدت جریان را باز می‌کند و اگر مسیر شدت جریان بخواهد تغییر کند، «SCR» شدت جریان را متوقف می‌کند.

کاربرد «SCR» در مدار ثانویه ماشین‌های جوش کاری است و هر موقع که نیاز به شدت جریان زیاد باشد، «SCR» در هر



شکل ۱۲-۱- دیاگرام یک ماشین «dc» تک فاز (رکتی فایر) که در آن از «SCR» استفاده شده است.

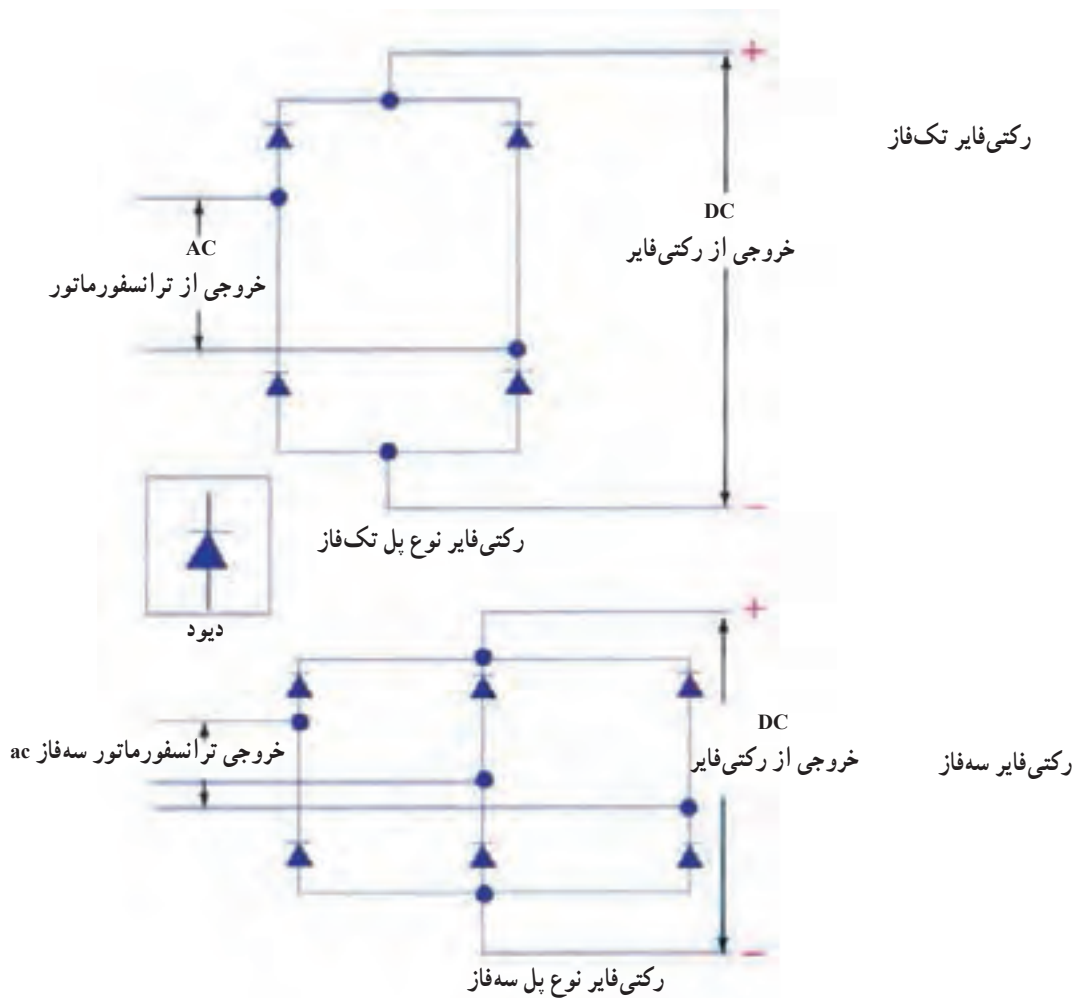
۳-۳-۱- رکتی فایر: در اکثر ماشین‌های جوش کاری، «ac/dc» شدت جریان مستقیم را از طریق جریان متناوب ایجاد می‌کنند این نوع شدت جریان، دارای « 10° » سیکل جریان مستقیم است.



شکل ۱۳-۱- جریان سه فاز یک سوشده.

این شدت جریان را «فول dc» می‌نامند و اگر نیم سیکل‌های منفی شدت جریان به وسیله‌ی رکتی فایر شدن متوقف گردند، چنین شدت جریانی را «نیم سیکل‌های یک سو» می‌نامند. در ماشین‌های جوش کاری بزرگ (ظرفیت بالا)، جریان سه فاز «ac» تبدیل به «dc» می‌شود. قوس الکتریکی در جریان‌های سه فاز نرم‌تر و ضریب آن کم‌تر از تک فاز می‌باشد؛ زیرا در جریان سه فاز، نیم سیکل‌ها روی هم قرار می‌گیرند و از رسیدن نیم سیکل‌های شدت جریان و ولتاژ به صفر جلوگیری می‌شود (شکل ۱۳-۱).

در شکل ۱۴-۱ مدارهای رکتی فایر یک فاز و سه فاز نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱- دیاگرام رکتی فایر تک فاز و سه فاز با استفاده از دیودها فقط جهت جریان را با علامت پیکان نشان می دهند. AC تبدیل به DC می گردد.

دیزلی در مکان هایی استفاده می شود که جریان الکتریسیته وجود نداشته باشد.

طرح ژنراتور جوش کاری بر مبنای سه فاکتور مهم است :

۱- تولید شدت جریان در یک رنج (دامنه) وسیع برای جوش کاری ضخامت های مختلف ؛

۲- تولید شدت جریان و یا ولتاژ در حد تقریباً ثابت ؛

۳- تغییر شدت جریان در یک لحظه ی بسیار کوتاه برای قوس الکتریکی^۱.

۴-۳-۱ ماشین های جوش کاری «DC»: دستگاه های

جوش کاری جریان مستقیم، بیش تر از نوع ژنراتور یا رکتی فایر است.

ژنراتور مولد شدت جریان برای جوش کاری است مانند دینام اتومبیل که شدت جریان را برای جرقه زدن سر شمع ها و روشنایی تولید می کند.

ژنراتور به وسیله ی یک موتور الکتریکی یا به وسیله ی یک موتور بنزینی یا دیزلی (محرک) می چرخد از موتورهای بنزینی یا

۱- سومین فاکتور در جوش کاری اهمیت بسیار زیادی دارد.

یک عدم ثبات برخوردار می‌شود از این رو لازم است که ولتاژ ژنراتور با ولتاژ قوس هم‌آهنگ باشد.

۵-۳-۱- رابطه‌ی ولت و آمپر در جوش‌کاری:

دستگاه‌های «DC» هنگامی که دستگاه روشن است ولی جوش‌کاری انجام نمی‌شود (مدار باز) ولتاژ در حدود ۶۰ ولت یا ۸۰ ولت است و شدت جریان مساوی ۰ آمپر است در هنگام بسته‌شدن مدار (ایجاد قوس) شدت جریان از صفر شروع به افزایش می‌کند و ولتاژ برعکس کاهش می‌یابد. و به حدود ۴۰-۱۵ می‌رسد (ولتاژ بیش از ۴۰V خطرناک است)

در هنگام جوش‌کاری گلبول یا ذرات فلز مذاب از نوک الکترود جدا شده، پشت سرهم به طرف قطعه‌ی کار، رها می‌شوند و یک مدار بسته را ایجاد می‌کند. به محض شکل‌گرفتن مدار بسته تغییرات ولتاژ هم وسیع می‌شود. تغییرات ولتاژ در حدّ بالا اثرات نامطلوبی در جوش‌کاری دارد.

اگر تغییر در جهت افزایش ولتاژ باشد شدت جریان هم زیاد شده در این صورت اولاً کنترل مذاب مشکل‌تر می‌گردد و در ثانی جرقه‌های بسیار زیادی شکل می‌گیرد. اگر ولتاژ در جهت کم شدن باشد شدت جریان هم کم شده در این صورت قوس از



شکل ۱۵-۱-ب- ماشین جوش‌کاری «ac/dc»



شکل ۱۵-۱-الف- ماشین جوش‌کاری اینورتر با توان زیاد و سبک (۲۶cm × ۴۳cm × ۴۹cm)

در ماشین‌های جوش‌کاری با شدت جریان ثابت (شکل ۱۵-۱) تنظیم‌کننده‌ای که روی ماشین تعبیه می‌کنند، فقط برای تنظیم شدت جریان است.

اگر فاصله‌ی الکترود نسبت به سطح کار ثابت نگه داشته شود، یعنی اندازه‌ی مقاومت (R) ثابت باشد، از رابطه‌ی $V = IR$ می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ولتاژ، شدت جریان هم زیاد می‌شود.

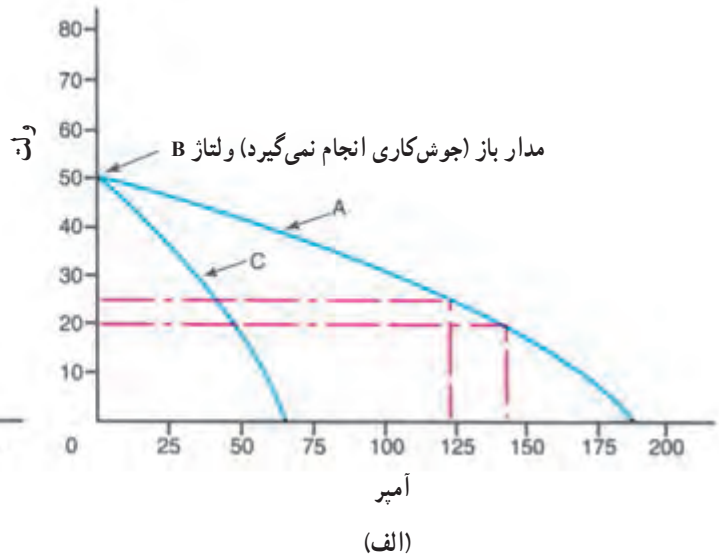
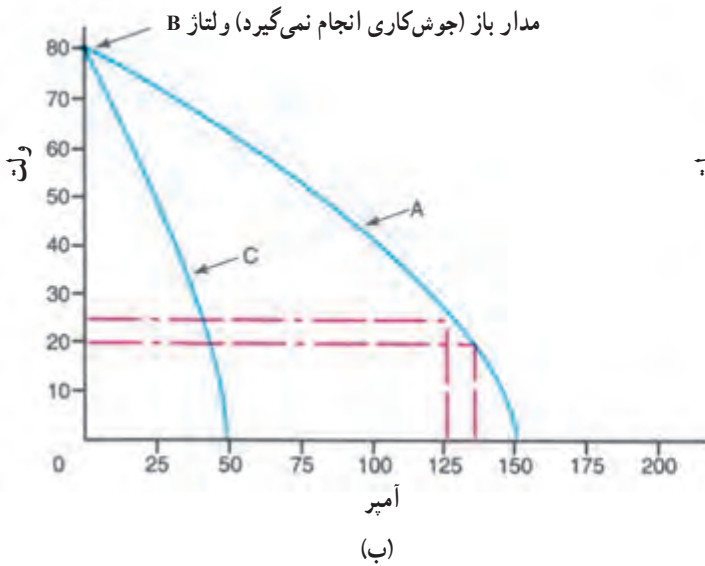
قانون اهم در الکتریسیته نشان می‌دهد که مقدار ولتاژ در یک مدار بسته رابطه‌ی ثابتی نسبت به شدت جریان و مقاومت دارد.

$$V = I.R$$

$$V = \text{ولتاژ}$$

$$I = \text{شدت جریان}$$

$$R = \text{مقاومت}$$



شکل ۱۶-۱-۱- رابطه‌ی ولت - آمپر در ماشین‌های شدت جریان ثابت

دستی است (SMAW). در دیاگرام سمت راست (شکل ۱-۱۵-۱ الف) ولتاژ مدار باز ۵۰ ولت است اگر مقدار ولتاژ از ۲۰ ولت به ۲۵ ولت در مدار بسته برسد، شدت جریان از ۱۲۳A به ۱۲۴A می‌رسد، یعنی در برابر ۲۵٪ تغییر ولتاژ، تغییرات شدت جریان ۱۳/۳٪ است؛ در این صورت نوع ماشین از گروه ماشین‌های با شدت جریان ثابت نیست اما کنترل مذاب و نرخ مذاب الکتروود در جوش کاری افقی - قائم و بالای سر با این نوع ماشین بهتر انجام می‌شود.

۳-۳-۱- قطب‌های جوش کاری (Polarity): در جریان مستقیم نوع قطب نشان می‌دهد که جهت جریان در مدار چگونه می‌باشد اگر الکتروود به ترمینال منفی ماشین و قطعه‌ی کار یا فلز مبنا به ترمینال مثبت، وصل شود، جهت عبور الکترون‌ها از الکتروود به طرف قطعه‌ی کار است و «قطب مستقیم» نامیده می‌شود (DCSP)^۱. اگر برعکس الکتروود به ترمینال مثبت و قطعه‌ی کار به ترمینال منفی وصل شود، جهت عبور الکترون‌ها (شدت جریان) از قطعه‌ی کار به سمت الکتروود است که آنرا «قطب معکوس» می‌نامند (DCRP)^۲.

بازده توان یا راندمان در ماشین‌های جوش کاری به این صورت است که در آن‌ها یا ولتاژ ثابت است و یا شدت جریان و بازده توان خروجی از روی مقدار شدت جریان و ولتاژ به کار رفته تعیین می‌شود؛ این نوع ماشین‌ها را «drooper» می‌نامند.

ولتاژ قوس متناسب با طول قوس تغییر می‌کند. در دیاگرام شکل ۱۶-۱-۱ ب مشاهده می‌شود که ولتاژ مدار باز ۸۰ ولت است. در موقع جوش کاری مدار بسته شده، اندازه‌ی ولتاژ به ۲۰ ولت می‌رسد. اگر جوش کار طول قوس را زیاد کند، به فرض ولتاژ از ۲۰ به ۲۵ ولت برسد، مشاهده می‌شود که شدت جریان ۱۳۵A به ۱۲۶ آمپر می‌رسد یعنی با افزایش ۲۵٪ ولتاژ قوس، فقط ۶/۷٪ شدت جریان تغییر می‌کند.

این مقدار کم تغییرات در اندازه‌ی شدت جریان (۶/۷٪) را، شدت جریان ثابت می‌نامند.

$$\frac{25-20}{20} \times 100 = 25\% \text{ درصد تغییرات ولتاژ}$$

$$\frac{-126+135}{135} \times 100 = 6.66 \sim 6.7\% \text{ درصد تغییرات شدت جریان}$$

طرح ماشین‌های با جریان ثابت، برای جوش کاری با الکتروود

۱- DCSP: Direct- Current Straight Polarity

۲- DCRP: Direct -Current Reverse Polarity

جوش کاری با یک مقدار ماکزیم شدت جریان و یک سیکل کاری مشخص می‌تواند بدون هیچ عارضه‌ای کار کنند. کارخانه‌های تولیدکننده، این نوع ماشین را برای مشخصات فوق تضمین و گارانتی می‌نمایند.

سیکل کاری براین اساس است که ماشین بتواند در پروده‌های ۱۰ دقیقه‌ای، زمانی را برحسب دقیقه با حداکثر بار، کار کند و بقیه‌ی دقایق از این پرود را بدون بار باشد و یا خاموش شود.

برای مثال اگر ظرفیت ماکزیم یک دستگاه A ۳۰۰ با سیکل کاری ۶۰٪ باشد، ماشین می‌تواند ۶ دقیقه را با ظرفیت کامل A ۳۰۰ کار کند و ۴ دقیقه را بدون بار یا خاموش باشد و مجدداً ۶ دقیقه را با A ۳۰۰ و ۴ دقیقه را بدون بار کار کند.

بنابراین ماشین می‌تواند برای یک زمان طولانی، به همین نحو کار کند بدون این که دمای درون ماشین از حد معین تجاوز کند.

واضح است که ماشین‌هایی با سیکل کاری ۳۰٪ و یا ۴۰٪ و یا ۵۰٪ و ۶۰٪ یا ۱۰۰٪ از لحاظ طراحی - جنس قطعات الکتریکی و الکترونیکی - وزن حجم و غیره با یک دیگر متفاوت می‌باشند.

در دستگاه‌های اتومات، لازم است که سیکل کاری ماشین ۱۰۰٪ باشد (در ماشین‌های غیر اتومات نیاز به ۱۰۰٪ سیکل کاری نیست). از طرفی برای ذوب کردن یک الکتروود دستی، به ۶ دقیقه وقت نیاز نیست؛ به مثال‌های زیر توجه شود.

مثال ۱: می‌خواهیم از یک ماشین جوش کاری A ۳۰۰ و ۶۰٪ سیکل کاری در برش کاری لوله برای یک زمان تقریباً طولانی، به طور مداوم استفاده نماییم، حداکثر شدت جریانی را که می‌توان از دستگاه گرفت محاسبه کنید:

حل: چون انجام کار مداوم می‌باشد، پس سیکل کاری باید از ۶۰٪ به ۱۰۰٪ برسد.

برای محاسبه می‌توان از رابطه‌ی زیر استفاده نمود:

$$\frac{t_r}{t_n} = \frac{(I_n)^2}{(I_r)^2}$$

$$t_r = \text{سیکل کاری ماشین}$$

انتخاب نوع قطب در جوش کاری اولاً در ارتباط با نوع الکتروودی است که به کار برده می‌شود و در ثانی باید با شرایط متالورژیکی قطعه کار هم‌آهنگ باشد.

در کارهای تولیدی انتخاب نوع الکتروود و نوع قطب را در «WPS»^۱ تعیین می‌کنند.

قطب‌های «DCSP» و «DCRP» با موارد زیر ارتباط دارند:

۱- عمق و نفوذ جوش؛

۲- مقدار مذاب الکتروود در واحد زمان؛

۳- نوع درز یا شیار و پخ؛

۴- ضخامت فلز جوش‌دانی؛

۵- جنس قطعه کار.

۷-۳-۱- مشخصات ماشین‌های جوش کاری: یک

ماشین جوشکاری براساس مشخصات زیر تعریف می‌شود:

۱- حداکثر ظرفیت ماشین برحسب شدت جریان؛

۲- توان خروجی ماشین؛

۳- سیکل کاری ماشین.

حداکثر ظرفیت ماشین: ظرفیت ماکزیم برحسب شدت

جریان، مقدار جریانی است که دستگاه می‌تواند تولید کند، بدون این که درجه حرارت درون ماشین از حد طراحی شده تجاوز کند.

توان خروجی: توان خروجی یا بازده ماشین براساس شدت

جریان برحسب آمپر است که دستگاه می‌تواند با یک ولتاژ مشخص تولید کند.

برای مثال اگر ظرفیت ماکزیم دستگاه Amp ۳۰۰ باشد،

مقدار ولتاژی که تولید می‌شود ۳۲ ولت است (اندازه‌ی ولتاژ براساس محاسبه، مشخص می‌شود) بنابراین توان خروجی دستگاه برابر است با:

$$300 \text{ A} \times 32 \text{ V} = 9600 \text{ W}$$

حال اگر همین ماشین با Amp ۲۰۰ کار کند، مقدار ولتاژی

که تولید می‌شود ۲۸ V است در نتیجه توان برابر است با:

$$200 \text{ A} \times 28 \text{ V} = 5600 \text{ W}$$

سیکل کاری (Duty Cycle): همه‌ی ماشین‌های

۱- WPS: Welding Procedure Specification

دهند. کابل‌های جوش کاری به علت قطر زیادی که دارند باید از خاصیت انعطاف‌پذیری خوبی برخوردار باشند. کابلی که از ماشین به الکتروود وصل می‌شود به نام Electrode Lead و کابلی که از ماشین به کار وصل می‌شود، به نام ground Lead معروف است.

کابل‌های جوش کاری به بهترین وجه عایق می‌شوند. رشته‌های فلزی کابل با لاستیک عایق می‌شود و برای تقویت عایق از یک نوع کف دریایی به نام Woven استفاده کرده، آن را به صورت زیگزاگ بر روی عایق می‌پیچند؛ سپس روی آن را با ماده‌ای به نام نیوپرن Neoprene می‌پوشانند (شکل ۱۷-۱).

چون کابل‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای در معرض اصطکاک قرار می‌گیرند، لازم است در زمان‌های متفاوت از آن‌ها بازدید به عمل آید تا اگر در عایق‌ها شکاف ایجاد شده باشد، تعویض شوند و لنتاژی که این کابل‌ها از خود عبور می‌دهند، زیاد نیست و بین ۸۰-۱۴ ولت است اما در عوض مقادیر زیادی شدت جریان از آن‌ها عبور می‌کند.

کلفتی کابل براساس شماره نشان داده می‌شود و هرچه شماره کوچک‌تر باشد، قطر کابل زیادتر است جدول ۱-۱ اندازه‌ی کابل - طول و شدت جریان را نشان می‌دهد.

کابل باید کاملاً انعطاف‌پذیر باشد تا اولاً جوش کار بتواند به سهولت کار کند و در ثانی عمل عایق‌بندی به‌خوبی صورت گیرد. اگر عایق کردن کابل به‌خوبی انجام نشود، در قوس الکتریکی اثر خواهد داشت.

t_n = سیکل کاری جدید

I_r = ماکزیم شدت جریان

I_n = شدت جریان جدید

با استفاده از رابطه‌ی فوق، می‌توان نوشت:

$$\frac{60}{100} = \frac{(I_n)^2}{300^2} \Rightarrow I_n = 232 \text{ Amp}$$

از دستگاه فوق می‌توان به‌طور مداوم استفاده کرد مشروط بر این که حداکثر شدت جریان از ۲۳۲ آمپر تجاوز نکند.

مثال ۲: در شرایط خاص، لازم است از یک دستگاه جوش کاری با ظرفیت ماکزیم ۲۰۰ A و سیکل کاری ۶۰٪ و مقدار زیادتری شدت جریان، یعنی ۲۷۵ آمپر استفاده کنیم.

تعیین کنید سیکل کاری دستگاه در این شرایط چقدر است؟

$$\frac{60\%}{t_n} = \frac{275^2}{200^2} \Rightarrow t_n = 31\%$$

مقدار فوق نشان می‌دهد که ماشین می‌تواند برای مدت زمان تقریباً ۳ دقیقه با ۲۷۵ آمپر کار کند و ۷ دقیقه را بدون بار طی کند.

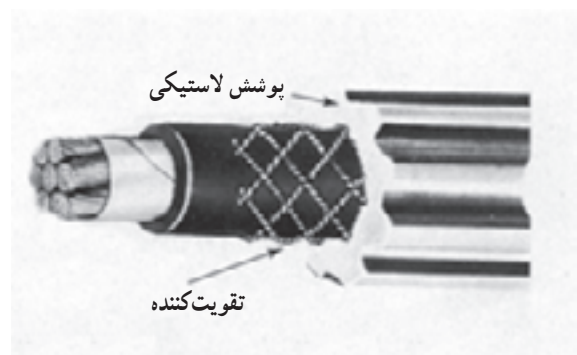
افزایش حرارت در ماشین جوش کاری با توان دوم شدت جریان متناسب است.

$$Q = I^2 R$$

۸-۳-۱- کابل جوش کاری: کابل‌های جوش کاری باید شدت جریان را از ماشین به کار و برعکس از کار به ماشین عبور



ب - کابل با تعداد زیاد رشته سیم‌های ظریف

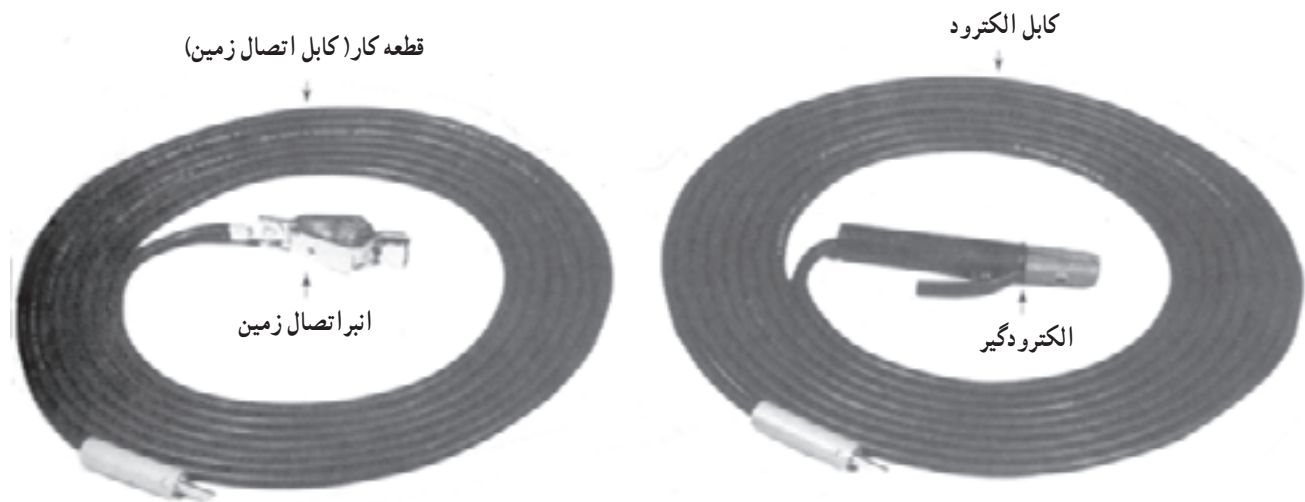


الف - کابل با پوشش از لاستیک مضرس

شکل ۱۷-۱- کابل جوش کاری

هر دو کابل از لحاظ قطر یکسان و مطابق با قاعده باشند. عدم انتخاب صحیح کابل اولاً در شرایط کار کردن مؤثر است و در ثانی باعث کوتاه شدن عمر ماشین می شود. اگر جنس فلز کابل، آلومینیوم باشد، ظرفیت شدت جریان آن ۶۱٪ کابل مسی خواهد بود.

برای انعطاف پذیری کابل جوش کاری لازم است که تعداد رشته های سیم زیاد باشد و معمولاً تعداد رشته ها بین ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ رشته سیم است. برخلاف روشی که در بین جوش کاران عمومیت یافته که کابل انبر الکتروود را نازک تر انتخاب می کنند، در حقیقت باید



جدول ۱-۱- طول، قطر و شدت جریان کابل

شدت جریان بر حسب آمپر					
طول بر حسب فوت و متر					
نمره کابل	قطر کابل		طول ۵۰-۰ ft	طول ۵۰-۱۰۰ ft	طول ۱۰۰-۲۵۰ ft
	in	mm	۱۵/۲-۰ m	۱۵/۴-۳۰/۵ m	۳۰/۵-۷۶/۲ m
۴/۰	.۹۵۹	۲۴/۴	۶۰۰	۶۰۰	۴۰۰
۳/۰	.۸۲۷	۲۱/۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰
۲/۰	.۷۵۴	۱۹/۲	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰
۱/۰	.۷۲۰	۱۸/۳	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰
۱	.۶۴۴	۱۶/۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۷۵
۲	.۶۰۴	۱۵/۳	۲۰۰	۱۹۵	۱۵۰
۳	.۵۶۸	۱۴/۴	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰
۴	.۵۳۱	۱۳/۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵

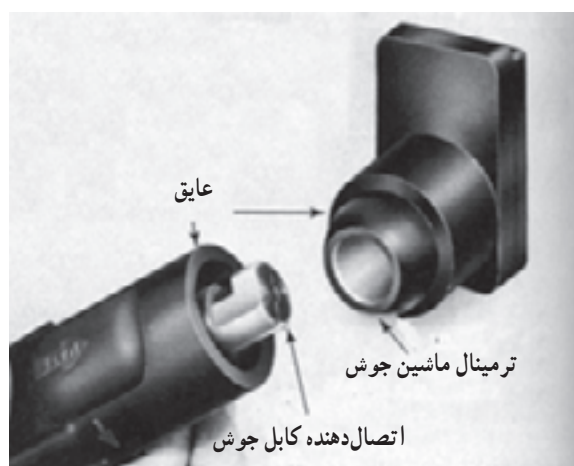
توجه: طول های داده شده برای جمع طول کابل های الکتروود و قطعه کار است.

ترمینال‌های بدون عایق که آن‌ها را «Lug» می‌نامند، به صورت مکانیکی به کابل و ماشین وصل می‌شوند. علاوه بر این که ترمینال باید بادوام باشد، از لحاظ الکتریکی نیز باید هادی یا رسانای قوی‌ای باشد. اگر اتصال ترمینال به کابل و یا ماشین درست انجام نشود، (شُل باشد) علاوه بر این که عبور شدت جریان از کابل را کم می‌کند، در محل اتصال نیز درجه‌ی حرارت

۹-۳-۱- ترمینال‌های کابل جوش کاری: چون قسمت‌هایی از متعلقات ماشین جوش کاری در مدار قرار می‌گیرند و باید شدت جریان زیادی را از خود عبور دهند، لازم است که در طراحی ساختن و استفاده‌ی صحیح از آن‌ها دقت شود. کابل‌های مسی و یا آلومینیومی به وسیله‌ی ترمینال‌های عایق شده، یا بدون عایق به دستگاه متصل می‌شوند. (شکل ۱۸-۱).



الف - انواع ترمینال‌های بدون عایق



ب - ترمینال عایق دار

شکل ۱۸-۱- انواع ترمینال اتصال سریع

ترمینال ممکن است به یکی از سه روش زیر به کابل وصل

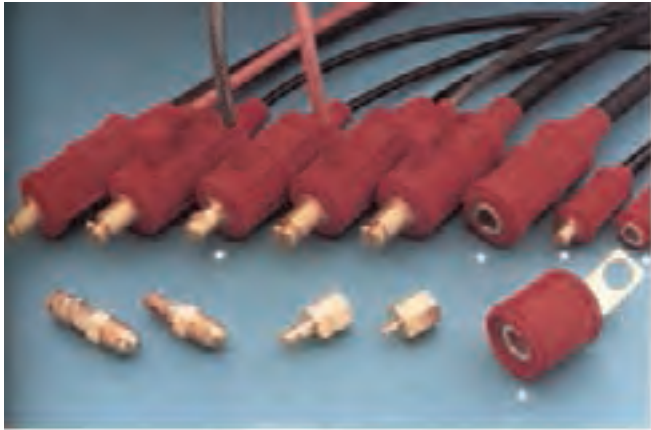
شود:

۱- مکانیکی؛

۲- لحیم؛

به شدت زیاد می‌شود.

ترمینال‌های عایق شده یا کنکتور در طرح‌های متفاوتی ساخته می‌شوند و نوع اروپایی آن‌ها را «DIN Connector» می‌نامند (شکل ۱۹-۱).



ب- ترمینال‌های امریکایی و اروپایی از نوع اتصال سریع

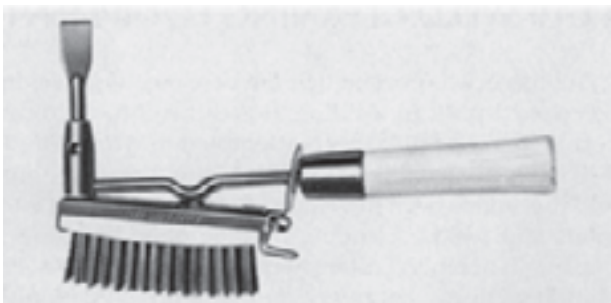


الف- انبر فنی اتصال زمین



پ- گیره اتصال زمین از نوع AC برای کابل قطعه کار

شکل ۱۹-۱- انواع ترمینال



شکل ۲۰-۱- تمیزکننده ترکیبی، برس سیمی و چکش سربراره یا چکش جوش کاری

در تولید انبوه تمیز می‌کنند.

سربراره‌ای که در روی جوش شکل می‌گیرد، باید قبل از این که پاس دوم روی آن جوش داده شود، به وسیله‌ی چکش جوش تمیز گردد (شکل‌های ۲۰-۱ و ۲۱-۱).

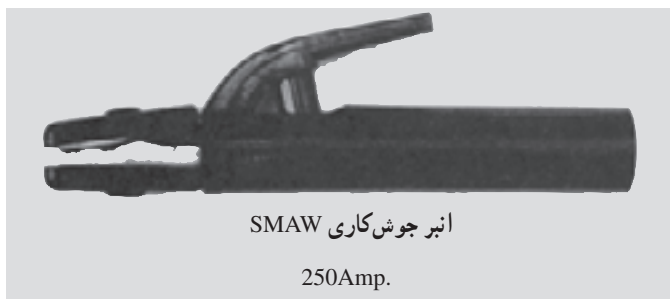
سربراره‌ی آخرین پاس جوش، باید قبل از آزمایش و یا رنگ زدن به خوبی تمیز شود. در همه‌ی موارد برای تمیز کردن سربراره و یا زدودن جرم، لازم است که از وسیله‌های ایمنی مانند ماسک شفاف استفاده شود.

۳- بریزینگ یا لحیم سخت.

در دستگاه‌های جدید جوش کاری شرایط به گونه‌ای است که لازم است از ترمینال‌های عایق شده استفاده کرد. اندازه و مقاومت الکتریکی ترمینال باید متناسب با ظرفیت و سیکل کاری ماشین باشد.

۱-۳-۱- دستگاه و ابزار تمیزکننده‌ی جوش: شاید نکته‌ای که کمتر به آن توجه می‌شود، عمل تمیز کردن فلز مبنا برای جوش کاری است. سطوحی که محتوی جرم‌های متفاوت از قبیل گردو خاک، روغن، رنگ، لایه‌های اکسید، علائم ماژیک و غیره باشد و تمیز نشوند، در مقطع جوش معایبی ایجاد می‌کنند که شاید در بعضی مواقع قابل جبران نباشد.

تعداد زیادی دستگاه و ابزار برای تمیز کردن سطوح فلز قبل و بعد از جوش کاری ساخته شده است. تمیز کردن فلز و آماده نمودن آن برای جوش کاری ممکن است از طریق ماشین «سند بلاست» یا «برس‌های گردان سیمی» انجام شود و یا از طریق ابزارهایی مانند تیزبر، چکش جوش، برس سیمی و غیره باشد. فلزات غیر آهنی را بیش‌تر از طریق شیمیایی (به خصوص



انبر جوش کاری SMAW

250Amp.



فویل مسی روی اهرم رهاکننده
سیم های لخت
فک قابل تعویض
دسته عایق شده
کابل عایق شده
بوشن مسی یا برنزی
پیچ آلن
آچار آلن

شکل باز شده ی انبر جوش کاری SMAW دسته ی عایق و قسمت هایی که برای اتصال لازم است.

شکل ۲۲-۱- انبر الکتروود

۱-۳-۱۲- ماسک جوش کاری: جوش کاری با قوس

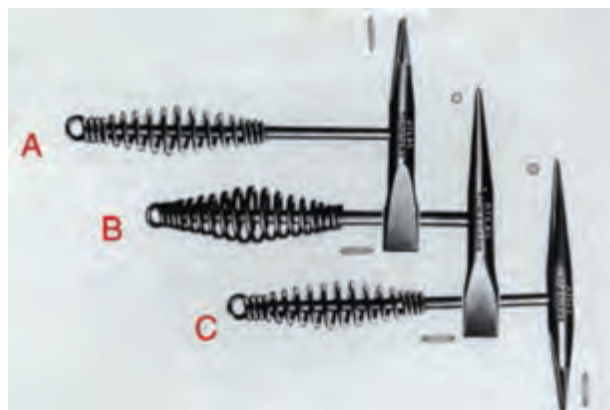
الکتریکی لزوم حفاظت پوست و چشم را در برابر تشعشعات ناشی از قوس ایجاد می کند. حفاظت صورت و چشم با وسیله ای به نام ماسک صورت می پذیرد (شکل ۲۳-۱). ماسک می تواند فقط صورت و چشم را محافظت کند و برای حفاظت دست و بدن می توان از دست کش و لباس های مخصوص جوش کاری استفاده کرد. ماسک در دو نوع ساخته می شود:

الف - ماسک کلاهی؛

ب - ماسک دستی.

ماسک کلاهی روی سر قرار می گیرد و دارای یک باند تنظیم کننده است که به وسیله ی یک دکمه جمع یا باز می شود تا راحت روی سر قرار گیرد.

ماسک دستی بیش تر مورد استفاده ی افراد بازدیدکننده، مهندسین جوش کاری، بازرسان فنی و سرکارگران است (شکل ۲۳-۱).



شکل ۲۱-۱- انواع چکش جوش کاری یا چکش سرباره

A - تیغه های این نوع چکش جوش 90° نسبت به هم قابل چرخش هستند. B و C در چکش جوش که دارای یک تیغه و یک سمبه است جهت تیغه ها در هر کدام فرق می کند.

۱-۳-۱۱- انبر الکتروود یا الکتروودگیر Electrode holder:

الکتروودگیر قسمتی دیگر از متعلقات جوش کاری با قوس الکتریکی و الکتروود دستی است (شکل ۲۲-۱) انبر الکتروود در موقع جوش کاری در دست اپراتور قرار می گیرد بنابراین کار کردن با آن نباید مشکلی ایجاد کند.

انبر الکتروود در مدل ها و اشکال متفاوتی ساخته می شود ولی همه ی آنها باید خصوصیات یکسانی داشته باشند. اتصال انبر الکتروود به کابل جوش کاری به صورت مکانیکی است. یک بوشن برنجی یا مسی در داخل دسته وجود دارد که رشته های سیم کابل در آن قرار می گیرند. اطراف رشته های سیم کابل به وسیله ی یک فویل مسی (لاتون مسی) پوشیده می شود تا اولاً رشته های سیم را به هم فشرده نگه دارد و در ثانی حالت شل بودن بین کابل و بوشن از بین برود تا افت شدت جریان به وجود نیاید. قسمت روی انبر از مواد عایق درست شده که در برابر حرارت و جریان الکتریسیته، مقاومت زیادی دارد. فرم انبر باید به گونه ای باشد که تعادل خوبی را در دست جوش کاری برای حالات مختلف جوش داشته باشد. انبر الکتروود در اندازه های متفاوت متناسب با قطر الکتروود و مقدار شدت جریان ساخته می شود.

ترکیب کلاه ایمنی و ماسک کلاهی که به تازگی ساخته می‌شود، استفاده می‌کنند.

سازمان «OSHA»^۱ استفاده از کلاه ایمنی همراه با ماسک کلاهی را برای مراکز تولیدی اجباری کرده، از این رو امروزه از



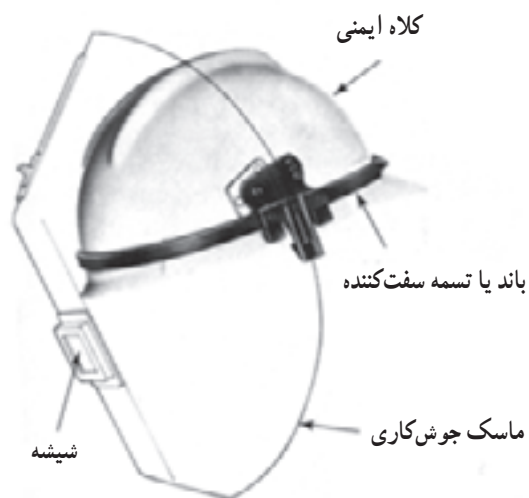
ماسک کلاهی با لنز بزرگ



ماسک دستی



ماسک کلاهی متداول



شکل ۲۳-۱- انواع ماسک‌های جوش کاری

جنس ماسک از فیبر فشرده، پلاستیک یا پشم شیشه است. شکل آن به گونه‌ای است که می‌تواند نیمه‌ی کامل جلوسر را بپوشاند. در ماسک به موازات چشم، دریچه‌ای برای تعبیه کردن شیشه وجود دارد، اندازه‌ی این دریچه 108×51 میلی‌متر است و حداقل با دو شیشه‌ی مات و روشن پوشیده می‌شود. گروهی از ماسک‌های کلاهی دارای شیشه‌های بزرگ‌تر از حد متداول هستند. اندازه‌ی شیشه‌ی این نوع ماسک‌ها 114×133 میلی‌متر است. استفاده از این ماسک برای جوش کارانی است که از عینک‌های طبی استفاده می‌کنند. شیشه‌ی سیاه ماسک با دو شیشه‌ی شفاف پوشیده می‌شود.

تا در برابر جرقه، محفوظ باشد. برای نگهداری شیشه‌ها از فنر فرم‌دار تسمه‌ای و گیره مخصوص استفاده می‌شود.

حفاظت جوش‌کار با استفاده از شیشه‌های نوع مرغوب در برابر اشعه‌ی مادون قرمز $99/5\%$ و در برابر اشعه‌ی ماورای بنفش $99/75\%$ است.

جدول ۱-۲ شماره‌ی شیشه را برای روش‌های متفاوت قوس الکتریکی تعیین می‌کند.

اگر چشم در برابر اشعه‌ی ماورای بنفش درست محافظت نشود، چشم درد شدیدی عارض فرد شده که زمان آن طولانی و بین ۸ تا ۱۸ ساعت خواهد بود.

جدول ۱-۲- شماره‌ی شیشه‌ی ماسک

شماره‌ی شیشه	قوس الکتریکی جوش آرگون GTAW	قوس الکتریکی GMAW(CO ₂)	قوس الکتریکی یا الکترو دستی SMAW
۱۰	-	-	تا ۴ میلی‌متر قطر الکترو د
۱۲	-	-	از ۴ تا ۶ میلی‌متر قطر
۱۴	-	-	بزرگ‌تر از ۶ میلی‌متر
۱۱	-	برای فلزات غیر آهنی تا ضخامت ۴ میلی‌متر	-
۱۲	-	برای فلزات آهنی تا ۴ میلی‌متر	-
۱۰-۱۴	برای ضخامت‌های مختلف	-	-

الکترودهای پوشش دار SMAW

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- ساختمان فیزیکی الکترودها را شرح دهد.
- ۲- مشخصات و ترکیب شیمیایی فلز الکترودها را بیان کند.
- ۳- نقش پوشش شیمیایی الکترودها (فلاکس) را در جوش کاری توضیح دهد.
- ۴- الکترودها را از لحاظ پوشش گروه بندی کرده و توضیح دهد.
- ۵- نحوه ی مراقبت از الکترودها را مختصراً توضیح دهد.
- ۶- مفتول فلزی الکترودهای فولادی و آلیاژهای فولادی را با توجه به استانداردهای آن طبقه بندی کرده و شرح دهد.
- ۷- خواص فولاد و آلیاژهای فولاد را با توجه به نوع و مقدار ترکیب های شیمیایی آن توضیح دهد.
- ۸- روش های آزمایش و تشخیص نوع فولاد را شرح دهد.

۲- الکترودهای پوشش دار SMAW

در روش جوش کاری قوس الکتریکی با الکترودها (SMAW) مابین الکترودها و سطح کار، یک قوس الکتریکی ایجاد می شود که از حرارت آن برای عمل ذوب استفاده می کنند. الکترودها از یک مفتول فلزی که در اطراف آن پوشش شیمیایی (Flux) است، ساخته می شود. الکترودها به وسیله قطر فلز آن و یک سری حروف و اعداد معرفی می شود. قطر فلز اندازه الکترودها حروف و اعداد نوع آلیاژ و روش کاربرد الکترودها را نشان می دهد. الکترودها زیر پوشش استانداردهای معتبر معرفی می شوند و معتبرترین استاندارد جهان، استاندارد «ANSI/AWSA5...» است. جدول ۲-۱ قطر و طول الکترودها را نشان می دهد.

جدول ۲-۱ طول و قطر الکترودها

طول الکترودها		قطر فلز الکترودها	
mm	in	mm	in
360	14	1.6	1/16
360	14	2.3	3/32
360	14	3.2	1/8
360	14	4.0	5/32
460	18	5.6	7/32
460	18	6.4	1/4

۱-۲- نگه‌داری الکترو

پوشش الکترو همراه با فلز درون آن ذوب شده، وارد حوضچه‌ی مذاب جوش می‌شود. اگر رطوبت به پوشش سرایت کند، اثرات نامطلوبی مانند ترک خوردن نواحی مجاور جوش (HAZ) تُرد شدن جوش را ایجاد می‌کند.

هیدروژن از طریق رطوبت، وارد قوس شده، به اتم هیدروژن و سپس به یون و الکترون تبدیل می‌شود. الکترون هیدروژن وارد مرز دانه‌های فلز شده، به هنگام تبدیل مجدد به اتم هیدروژن، فشار زیادی تولید می‌کند؛ این فشار ترک‌هایی را در فلز ایجاد می‌کند. در بسیاری از جوش کاری‌ها لازم می‌شود که الکترو را قبل از استفاده کردن، به وسیله‌ی کوره‌های الکتریکی خشک کنند. علاوه بر این که در کارخانه‌ها، کوره‌ی الکتریکی ثابت وجود دارد، کوره‌های الکتریکی قابل حمل و نقل نیز موجود است مانند (شکل ۱-۲).

الکترو را ممکن است در جعبه‌های مقوایی و یا در قوطی‌های فلزی (برای جلوگیری از تماس الکترو با هوا) به بازار عرضه نمایند.

جنس فلز الکترو از آلیاژهای مختلف است و باید با شرایط فلز جوش‌دانی هم‌آهنگ باشد.

۱- کربن استیل؛

۲- فولادهای آلیاژی با درصد کم؛

۳- فولادهای مقاوم به خورده شدن و زنگ زدن؛

۴- چدن؛

۵- آلومینیوم و آلیاژهای آن؛

۶- مس و آلیاژهای آن؛

۷- نیکل و آلیاژهای آن؛

۸- فولادهای مقاوم به حرارت.



شکل ۱-۲- دو نوع الکترو خشک‌کن قابل حمل و نقل - شکل خاکستری رنگ وسط برای کارگاه می‌باشد که گنجایش ۱۶۰ کیلوگرم الکترو دارد. الکترو خشک‌کن‌های با رنگ زرد قابل حمل و نقل اند و جوش کار می‌تواند آن را به کمر ببندد.

۲-۲) یا کوره، به اندازه‌ی مصرف، باید دقت نمود. عدم توجه به حمل و نقل الکتروها، امکان ریختن پوسته‌ها یا ترک خوردن آن‌ها را افزایش می‌دهد. در بسیاری از «WPS» هایی که نوشته می‌شود، اجازه‌ی مصرف کردن الکترویی که پوسته‌ی آن کمی ریخته و یا ترک برداشته باشد، داده نمی‌شود.

زمانی که برای رطوبت‌زدایی الکترو لازم است، بین ۳۰ دقیقه تا ۴ ساعت است و به نوع پوشش بستگی دارد. در کارخانه‌های تولیدی، زمان رطوبت‌زدایی برای الکتروهای متفاوت، شناخته شده است و به همین دلیل جوش کاران به اندازه‌ی الکترو از کوره برمی‌دارند که مصرف کنند.

در حمل و نقل الکتروها و برداشتن آن‌ها از جعبه (شکل



دسته برای خارج شدن
الکتروود جدید از بالا

در شکل جوش کار با جعبه‌ی الکتروود که به کمر بسته می‌شود، نشان داده شده است.

عایق آتسفریک قابل ارتجاع



جعبه‌ی الکتروود قابل حمل و نقل با در عایق رطوبت

شکل ۲-۲- جعبه‌ی الکتروود

۲-۲- نقش فلاکس در جوش کاری

پوشش الکتروود نقش‌های بسیار ارزنده‌ای را هم در حین عمل جوش کاری و هم پس از اتمام آن ایفا می‌کند که به تعدادی از آن‌ها به‌طور خلاصه اشاره می‌شود.

الف - تولید گازهای محافظ مانند «CO₂» و «H₂» در اطراف هاله‌ی قوس؛

ب - تغییرات پی‌درپی عناصر فلاکس و هم‌آهنگ شدن با شرایط قوس؛

ج - اکسیژن‌زدایی و نیتريت‌زدایی؛

د - ایجاد سرباره در روی سطح جوش، که فلز جوش آهسته سرد گردد؛

ه - ایجاد سرباره در روی سطح جوش که فلز جوش با

اکسیژن و ازت هوا در تماس نباشد؛

و - جلوگیری از عدم ثبات قوس الکتریکی؛

ز - رساندن عناصر آلیاژی مورد نیاز فلز جوش؛

ح - ایجاد انرژی حرارتی علاوه بر انرژی حرارتی قوس؛

ط - ایجاد یون در زمانی که شدت جریان در ترانسفورماتورها

به صفر می‌رسد.

۲-۳- گروه‌بندی الکتروودها از لحاظ پوشش

شیمیایی

پوشش شیمیایی الکتروودها بسیار متنوع است اما می‌توان

آن‌ها را به پنج گروه اصلی تقسیم کرد. گروه‌بندی آن‌ها براساس

مواد شیمیایی و نوع سرباره‌ای است که شکل می‌گیرد.

۱-۳-۲ الکترودهای اکسیدی: مواد اصلی این نوع الکتروود از اختلاط اکسید آهن و سیلیکات‌های طبیعی است که می‌تواند همراه با مواد اکسیژن‌زدا و یا بدون آن باشد.

سربراه‌ای که از این نوع پوشش شیمیایی شکل می‌گیرد، سیستم آن «FeO – SiO₂» است. نقطه‌ی ذوب و انجماد سربراه یکی است (آتکتیک) و در حدود ۱۲۰۰°C می‌باشد. این الکترودها از نوع الکترودهای معمولی هستند با خواص مکانیکی کم؛ اما ظاهر بسیار خوبی را در جوش‌های ماهیچه‌ای دارند.

۲-۳-۲ الکترودهای اسیدی: مواد اصلی این الکترودها شامل اکسید آهن، سیلیکات‌های طبیعی فرومگاز، فروسیلیکون و فروتیتانیوم است. سیستم سربراه FeO – MnO – SiO₂ است که دارای واکنش اسیدی است و می‌تواند اکسیدهای بازی را در خود حل کند.

به علت وجود منگاز در سربراه، ویسکوزیته‌ی آن کم است از این رو الکتروود را می‌توان در جوش کاری بالای سر، افقی و قائم به کار برد.

۳-۳-۲ الکترودهای روتایلی: ماده‌ی اصلی این پوشش شیمیایی درصد بالایی از اکسید تیتانیوم است همراه با سیلیکات‌های طبیعی و فرومگاز. سیستم سربراه «FeO – MnO – TiO₂» است. واکنش سربراه نیز اسیدی است. جوش حاصل از این نوع پوشش شیمیایی علاوه بر ظاهر بسیار خوب خواص مکانیکی بسیار مطلوبی نیز دارد.

۴-۳-۲ الکترودهای سلولزی: درصد عمده‌ی این نوع پوشش، «سلولز» است همراه با سیلیکات‌های طبیعی، فروسیلیکون و فرومگاز. سربراه‌ی این پوشش شیمیایی نسبت به انواع دیگر بسیار کم است. سلولز در قوس الکتریکی انرژی حرارتی ایجاد می‌کند که با انرژی حاصل از قوس، قدر مطلق انرژی را زیاد می‌کند. کاربرد این الکتروود در پاس اول لوله، برای نفوذ زیاد آن است. این الکتروود هم‌چنین در حالت‌های متفاوت جوش کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۳-۲ الکترودهای بازی Low hydrogen: درصد عمده‌ی این نوع پوشش، «کربنات کلسیم» یا «کربنات منیزیم»

است. نقطه‌ی ذوب پوشش، بسیار بالا و در حدود ۲۰۰۰°C است و برای پایین آوردن آن از فلورورها استفاده می‌کنند. سربراه دارای واکنش بازی است. کاربرد آن به‌خصوص در پاس اول جوش برای نفوذ خوب و زیاد آن است.

۴-۲- طبقه‌بندی الکترودهای فولاد و آلیاژهای فولادی

الکترودهای فولادی و نیز آلیاژهای فولاد در رنج بسیار وسیعی ساخته می‌شوند و برای شناسایی آن‌ها علایمی به‌صورت حرف و عدد استاندارد شده است. در حال حاضر معتبرترین استاندارد، استاندارد «AWS» است. برای مثال اگر یک کشور اروپایی سازنده‌ی الکتروود بخواهد صادرات داشته باشد، لازم است که علاوه بر استاندارد خاص کشور خود، الکتروود را با استاندارد «AWS» نیز معرفی کند. علت این امر در این است که سهولت شناسایی الکتروود با استاندارد «AWS» بیش‌تر است. در استاندارد «AWS» مفتول فلزی الکتروود که از جنس فولاد است در سری استانداردهای «E - 60XX» و «E - 70XX» معرفی می‌شود.

حرف E که قبل از ۴ یا ۵ عدد دیگر قرار می‌گیرد، معرف الکتروودی است که در قوس الکتریکی به کار می‌رود. دو عدد اول از سمت چپ و بعد از حرف E حداقل مقاومت کششی جوشی را که از این نوع الکتروود حاصل می‌شود، نشان می‌دهد. مقاومت کششی الکترودهای سری ۶۰ برابر است با: ۴۱۴ Mpa یا ۶۰ × ۱۰۰۰ = ۶۰۰۰۰ Psi

و حداقل مقاومت کششی سری ۷۰ مساوی است با: ۴۸۳ Mpa یا ۷۰ × ۱۰۰۰ = ۷۰۰۰۰ Psi

هر کارخانه‌ی سازنده‌ی الکتروود، برای ترکیب شیمیایی پوشش الکتروود، از فرمول خاص خود استفاده می‌کند و ممکن است ترکیب شیمیایی دو الکتروود از سری «E - 60XX» از دو کارخانه‌ی سازنده، یکسان نباشد ولی اثر آن‌ها در جوش، تقریباً مشابه است. (لازم به یادآوری است که بیش‌ترین درصد ترکیب شیمیایی پوشش الکتروود، سری است).

عدد چهارم از سمت چپ نوع جریان (DCSP و AC - DCRP) و نشان می‌دهد. و نوع ترکیب شیمیایی پوشش و نیز درصد پودر آهن را نشان می‌دهد. برای این منظور، لازم است که دو عدد آخر را با هم نگاه کرد. (به جدول ۲-۲ توجه شود)

جدول ۲-۲ - مشخصات الکترودهای مختلف

EXX10	درصد زیاد سلولز - سدیم
EXX11	درصد زیاد سلولز - پتاسیم
EXX12	درصد زیاد بی‌اکسید تیتانیوم - سدیم
EXX13	درصد زیاد بی‌اکسید تیتانیوم - پتاسیم
EXX14	پودر آهن - بی‌اکسید تیتانیوم
EXX15	Low - hydrogen - سدیم
EXX16	Low - hydrogen - پتاسیم
EXX18	پودر آهن - Low - hydrogen - پتاسیم
EXX20	درصد زیاد اکسید آهن
EXX48	پودر آهن - Low - hydrogen - پتاسیم

سومین عدد از سمت چپ «E-XX1X» معرف حالت‌های جوش کاری است؛ برای مثال عدد (۱) نشان می‌دهد که از این الکترود می‌توان برای تمام حالت‌های جوش کاری استفاده کرد. (سطحی - افقی - قائم - بالای سر)

عدد (۲) نشان می‌دهد که از الکترود می‌توان فقط در حالت سطحی یا افقی استفاده کرد؛ مثل الکترود E-XX2X.

عدد (۴) یا «E-XX4X» نشان دهنده‌ی این است که می‌توان از الکترود در حالت‌های سطحی، افقی، بالای سر، از بالا به پایین (down hille welding) استفاده کرد. در شکل ۲-۳ چند نوع مختلف الکترود با اعداد مشخص‌کننده‌ی آن‌ها نشان داده شده است.

تذکره: در تولید و تعمیرات سعی می‌کنند که از روش جوش کاری قائم از بالا به پایین استفاده نکنند زیرا احتمال باقی ماندن سرباره در مقطع جوش زیاد است اما اگر الزام به وجود آید، الکترود سری «E-XX4X» مناسب‌تر است.



شکل ۲-۳ - چند نوع مختلف الکترود است که اعداد نشان داده شده، معرف آن‌ها است.

جدول ۲-۳ - مقدار آمپر لازم برای الکترودها یا پوشش مواد بازی

تنظیم جریان برای الکترودهای کم‌هیدروژن			
ولت	آمپر (قائم و بالاسری)	آمپر (تخت)	قطر الکترود
۲۲ - ۲۶	۱۲۰ - ۱۴۰	۱۴۰ - ۱۵۰	۱/۸"
۲۲ - ۲۶	۱۶۰ - ۱۸۰	۱۷۰ - ۱۹۰	۵/۳۲"
۲۲ - ۲۶	۲۰۰ - ۲۲۰	۱۹۰ - ۲۵۰	۳/۱۶"
۲۴ - ۲۷		۲۶۰ - ۳۲۰	۷/۳۲"
۲۴ - ۲۷		۲۸۰ - ۳۵۰	۱/۴"
۲۶ - ۲۹		۳۶۰ - ۴۵۰	۵/۱۶"

جدول ۲-۳ انتخاب آمپر جهت الکترودهای با قطر متفاوت است که نوع پوشش شیمیایی آن‌ها Low-hydrogen (کم هیدروژن) است.

جدول ۲-۴ مشخصات مکانیکی الکترودهای بازی

نقطه‌ی روانی	60000 psi (414 MPa)
کشش	70000 psi (480 MPa)
ازدیاد طول	22%
مقاومت ضربه	20 ft. lb. (27.1 Nm)

خصوصیات مکانیکی (مقاومت نقطه‌ی روانی جوش، مقاومت حداکثر جوش، ازدیاد طول به ازای ۲" و مقاومت به ضربه در منهای ۲۰°F) الکترودهای بازی در جدول ۲-۴ داده شده است.

در جدول ۲-۵ کاربرد چند نمونه الکترودهای بازی نشان داده شده است.

۲-۵ فولاد و آلیاژهای فولاد

اولین مرحله‌ای که برای تولید فولاد انجام می‌شود، خارج کردن ناخالصی‌ها و کربن است (البته همه‌ی کربن موجود را خارج نمی‌کنند) بنابراین اختلاط آهن و کربن را فولاد می‌نامند.

مقدار کربن در فولاد بسیار کم است ولی همین مقدار کم کربن می‌تواند خواص فولاد را کاملاً تغییر دهد و آن را به نام فولاد کربنی یا کاربن استیل معرفی کند. اگر مقدار کربن خیلی کم باشد، «mild steel» گفته می‌شود و تولید آن نسبت به سایر فولادها انبوه‌تر است.

فولادهایی که درصد کربن در آن‌ها کم باشد، چکش‌خور هستند و به سهولت جوش کاری و ماشین کاری می‌شوند. کربن استیل براساس درصد کربن گروه‌بندی می‌شود.

۱- فولاد کم کربن (mild steel) ۰/۳-۰/۰۸٪C

۲- فولاد با کربن متوسط ۰/۵۵-۰/۳۱٪C

۳- فولاد پرکربن High-Carbon steel ۰/۵۶-۱/۵٪C

۴- چدن بیش از ۲ درصد کربن

فولاد کم کربن را برای ساختن پل، کشتی، مخازن، لوله،

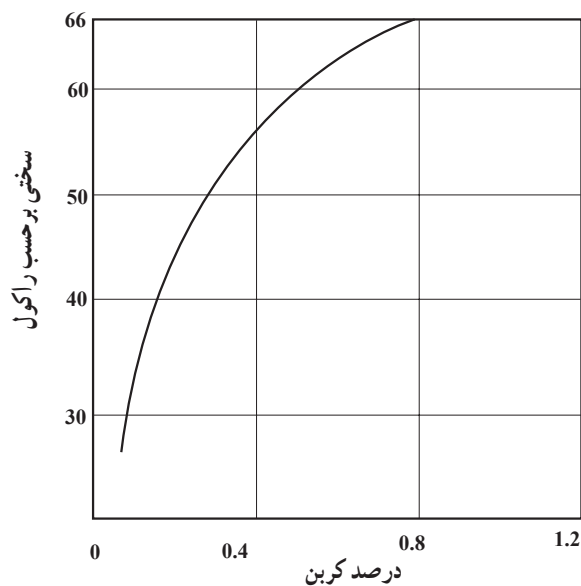
جدول ۲-۵ ترکیب و کاربرد چند الکترودهای بازی

رقم سمت راست	ترکیب پوشش الکتروده	کاربرد
5 E - 7015	کم هیدروژن نوع سدیم	این الکتروده برای فولاد کربنی کم آلیاژ مانند ماشین‌های راه‌سازی است. نوع قطب به کار رفته باید DCRP باشد.
6 E-7016		پوشش این الکتروده مانند الکتروده فوق است به جز این که می‌توان آن را با قطب «DCRP» به کار برد و نیز می‌توان از جریان ac استفاده کرد.
8 E - 7028	بودر آهن (کم هیدروژن) فقط وضعیت افقی	این الکتروده از گروه «L.H.» است و در فولادهای کم کربن ضخامت زیاد الکتروده در سرعت زیادتر الکتروده مؤثر است
E - 7018	بودر آهن به علاوه کم هیدروژن پوشش سدیم	نوع قطب آن «DCRP» و «ac» است.

بدنه‌ی اتومبیل و غیره به کار می‌برند. با افزایش کربن به فولاد خواص آن به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند:

- ۱- نقطه‌ی ذوب فولاد کاهش می‌یابد؛
 - ۲- فولاد سخت‌تر می‌شود؛
 - ۳- مقاومت فولاد افزایش می‌یابد؛
 - ۴- ترد و شکننده‌تر می‌شود؛
 - ۵- مقاومت فولاد در برابر خورده‌شدگی افزایش می‌یابد؛
 - ۶- جوش کاری فولاد مشکل‌تر می‌شود؛
 - ۷- ماشین کاری فولاد سخت می‌شود؛
 - ۸- سهولت عملیات حرارتی فولاد افزایش می‌یابد؛
 - ۹- مدول الاستیسیته‌ی فولاد تغییر نمی‌کند؛
- ۱۰- قیمت و هزینه‌ی تولید بالا می‌رود.

هم‌چنان که اشاره شد، کربن در نقطه‌ی ذوب فولاد تأثیر زیادی دارد؛ برای مثال نقطه‌ی ذوب آهن خالص 1537°C است و اگر درصد کربن در فولاد به $4/3$ برسد نقطه‌ی ذوب آن به 1130°C می‌رسد و نیز با افزایش کربن سختی فولاد زیاد می‌شود. شکل ۲-۴ نشان می‌دهد که با افزایش کربن، سختی فولاد تا 0.8 درصد کربن زیاد می‌شود. فولاد را نیز می‌توان از طریق عملیات حرارتی سخت و یا نرم (چکش خور) کرد.



شکل ۲-۴- ارتباط درصد کربن و سختی فلز

شکل ۲-۴ نشان می‌دهد که سختی فولاد تا 0.8 درصد زیاد می‌شود بنابراین این سؤال به وجود می‌آید که چرا اندازه‌ی کربن در فولاد از این حدّ هم ممکن است بیش‌تر گردد؟ قبلاً اشاره شد که با افزایش کربن، مقاومت فولاد هم در برابر خورده‌شدگی زیاد می‌شود.

از این رو در خیلی از ابزار و ادوات، مقدار کربن از 0.8 درصد بیش‌تر است مانند تیغه‌ی چاقوی جیبی، تیغه‌های رنده و ماشین‌های درودگری، زنجیرها و غیره.

لازم است بدانیم که ترکیب کربن با آهن جسم جدیدی را به وجود می‌آورد که «کاربید آهن» یا «سمانتیت» نامیده می‌شود. (Fe_3C)

سمانتیت یا کاربید آهن در بین ذرات آهن خالص پراکنده می‌شوند (مانند دانه شن در بتون) و هرچه درصد سمانتیت در مقطع فولاد بیش‌تر باشد، سختی و مقاومت آن زیادتر می‌شود. در زیر به صورت فهرست‌وار، به اثرات مطلوب و یا نامطلوب افزایش کربن اشاره می‌شود:

- ۱- فولاد سخت‌تر می‌شود پارامتر مطلوب
 - ۲- مقاومت در برابر خورده‌شدگی افزایش می‌یابد پارامتر مطلوب
 - ۳- نقطه‌ی ذوب کاهش می‌یابد پارامتر مطلوب
 - ۴- مقاومت افزایش می‌یابد پارامتر مطلوب
 - ۵- فولاد ترد و شکننده‌تر می‌شود پارامتر نامطلوب
- مشاهده می‌شود که افزایش کربن در فولاد، بسیاری از پارامترهای مطلوب را به همراه دارد اما متأسفانه همیشه این پارامترهای خوب یک پارامتر بد را نیز با خود دارند (تردی و شکنندگی).

حال برای این که دامنه یا وسعت پارامترهای خوب، گسترش یابد و پارامتر نامطلوب محدود شود، از عناصر دیگر کمک می‌گیرند و آن‌ها را به فولاد اضافه می‌کنند. (آلیاژهای فولاد)

۱-۲-۵- آلیاژهای فولاد: قبل از وارد شدن به بحث آلیاژها، لازم است اشاره شود که دو عنصر دیگر همیشه در فولادها وجود دارند، یکی از این دو عنصر «گوگرد» و دیگری «فسفر» است و تأثیر هر دو ی آن‌ها در بیش‌تر مواقع، در جهت منفی است، به همین دلیل در تولید فولادها سعی می‌کنند که آن‌ها

برنده است. فولادهایی که در آن‌ها تنگستن وجود داشته باشد، سخت، تاف و مقاوم در برابر فرسایش خواهند بود.

کبالت: تأثیر کبالت در فولاد، حفظ کردن مقاومت فولاد در دماهای پایین است و اگر کبالت همراه با تنگستن باشد، فولاد در درجه حرارت‌های بالا (حرارت قرمز) مقاوم خواهد بود.

آلیاژهای فولاد به گروه‌های متفاوتی، مانند فولاد آلیاژی با درصد کم، تقسیم می‌شوند (فولاد کم آلیاژ). این فولادها فولادهایی هستند که مقدار درصد عنصر آلیاژی در آن‌ها از ۵٪ بیش تر نشود و یا این که حاصل جمع عناصر آلیاژی از ۵٪ چندان زیادتر نشود.

۲-۵-۲ کُد یا رمزشناسایی فولادهای آلیاژی:

دو سیستم اصلی برای طبقه‌بندی فولاد آلیاژی به کار می‌رود: این دو سیستم کُد «SAE»^۲ و کُد «AISI»^۳ هستند. (جدول ۶-۲ و ۶-۷) حروف و شماره‌ها، روش تولید و نیز ترکیب شیمیایی فولاد را نشان می‌دهند، مانند 1XXX عدد (۱) معرف فولادهای کربنی است و در «2XXX»، عدد (۲) معرف نیکل است و در «3XXX» عدد (۳) معرف نیکل - کُرْم است.

جدول ۶-۲ روش کدبندی فولادهای آلیاژی

10XX	فولاد کربن‌دار
2XXX	فولاد نیکل دار با درصد کم نیکل
3XXX	فولاد نیکل - کُرْم
40XX	فولاد مولیبدنیم
41XX	فولاد کُرْم - مولیبدنیم
43XX	فولاد نیکل - کُرْم - مولیبدنیم
5XXX	فولاد کُرْم دار
6XXX	فولاد کُرْم - وانادیوم
7XXX	فولاد تنگستن دار
8XXX	فولاد نیکل - کُرْم - مولیبدنیم
9XXX	فولاد منگازن- سیلیکون - نیکل - کُرْم - مولیبدنیم

را در حداقل اندازه، نگه دارند.

از طرف دیگر اگر بخواهید که این دو عنصر نام برده شده اصلاً در فولادها وجود نداشته باشند، قیمت و هزینه‌ی تولید بسیار بالا می‌رود و به اجبار درصد آن‌ها را در حد بسیار کم نگه می‌دارند.

فولاد آلیاژی فولادی است که غیر از کربن، یک یا چند عنصر دیگر را به همراه داشته باشد مانند: آلومینیوم، سیلیکون، کُرْم، نیکل، منگازن، مولیبدنیم، تیتانیوم، کبالت، تنگستن، وانادیوم و ...

با افزایش عناصر نام برده شده در فولاد، خصوصیات آلیاژ تغییر می‌کند.

کُرْم: اگر کُرْم به فولاد اضافه گردد فولاد سخت‌تر شده، مقاومت آن در برابر فرسایش زیاد می‌شود، علاوه بر این ظرفیت تر کردن در اندازه‌ی ذرات فولاد، مؤثر است. کُرْم ممکن است به تنهایی یا همراه با عناصر دیگر، مانند «نیکل» به فولاد اضافه شود (فولاد ضدزنگ)

منگازن: افزایش منگازن به فولاد، باعث ریزدانه شدن فولاد می‌شود که این حالت در چکش خوردن و تافنس اثر دارد.

مولیبدن: مولیبدن عنصری است که در سختی فولاد (بعد از کربن) مؤثر است و از طرفی جلوی بزرگ شدن دانه بندی فلز را می‌گیرد. این عنصر بیش‌تر همراه فلزات دیگر مانند کُرْم یا نیکل و یا هردوی آن‌ها در آلیاژها وجود دارد.

نیکل: نیکل در فولاد باعث افزایش مقاومت آلیاژ شده، بدون این که تافنس کم‌شود. اگر مقدار درصد نیکل در فولاد زیاد باشد، (۳۵ - ۲۵٪) علاوه بر این که تافنس^۱ کاهش می‌یابد، باعث می‌شود که فولاد در برابر خورده شدگی و ضربه مقاوم گردد.

وانادیوم: افزایش وانادیوم به فولاد، از رشد دانه‌ها در حرارت‌های بحرانی، مانند عملیات حرارتی و جوش‌کاری، جلوگیری می‌کند علاوه بر این باعث افزایش مقاومت فولاد می‌شود.

تنگستن: افزایش تنگستن به فولاد اغلب برای ابزارهای

۱- تافنس toughness خاصیتی است که فلز قادر باشد در برابر فشارهای ناگهانی ایستادگی کند بدون این که شکسته شود یا ترک بخورد، به عبارت دیگر، ظرفیت یک فلز که

بتواند تنش‌های سخت و ناگهانی را جذب کند.

۲- SAE = Society of Automotive Engineers

۳- AISI = American Iron and Steel Institute

مثال: فولاد ۲۵۱۲

فولاد آلیاژی فوق محتوی ۵٪ نیکل است و کربن آن در حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. (توجه شود که اعداد معرف کربن، باید بر ۱۰۰ تقسیم شوند)

درصد کربن ۱۲
درصد نیکل ۵
فولاد نیکل دار ۲

جدول ۷-۲- کدبندی فولادهای آلیاژی

مقدار عناصر موجود در فولادهای آلیاژی در استانداردهای آمریکایی SAE و AISI					
SAE	AISI	حدود کربن	حدود منگنز	فسفر (حداکثر)	گوگرد (حداکثر)
۱۰۱۰	C ۱۰۱۰	۰/۰۸-۰/۱۸	۰/۳۰-۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۱۵	C ۱۰۱۵	۰/۱۳-۰/۱۸	۰/۳۰-۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۲۰	C ۱۰۲۰	۰/۱۸-۰/۲۳	۰/۳۰-۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۲۵	C ۱۰۲۵	۰/۲۲-۰/۲۸	۰/۳۰-۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۳۰	C ۱۰۳۰	۰/۲۸-۰/۳۴	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۳۵	C ۱۰۳۵	۰/۳۲-۰/۳۸	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۴۰	C ۱۰۴۰	۰/۳۷-۰/۴۴	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۴۵	C ۱۰۴۵	۰/۴۳-۰/۵۰	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۵۰	C ۱۰۵۰	۰/۴۸-۰/۵۵	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۵۵	C ۱۰۵۵	۰/۵۰-۰/۶۰	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۶۰	C ۱۰۶۰	۰/۵۵-۰/۶۵	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۶۵	C ۱۰۶۵	۰/۶۰-۰/۷۰	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۷۰	C ۱۰۷۰	۰/۶۵-۰/۷۵	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۷۵	C ۱۰۷۵	۰/۷۰-۰/۸۰	۰/۴۰-۰/۷۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۸۰	C ۱۰۸۰	۰/۷۵-۰/۸۸	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۸۵	C ۱۰۸۵	۰/۸۰-۰/۹۳	۰/۷۰-۱/۰۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۹۰	C ۱۰۹۰	۰/۸۵-۰/۹۸	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۹۵	C ۱۰۹۵	۰/۹۰-۱/۰۳	۰/۳۰-۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰

کربن آلیاژی گوگردار

SAE	AISI	حدود کربن	حدود منگنز	فسفر (حداکثر)	گوگرد (حداکثر)
۱۱۱۵	C ۱۱۱۵	۰/۱۳-۰/۱۸	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸-۰/۱۳
۱۱۲۰	C ۱۱۲۰	۰/۱۸-۰/۲۳	۰/۷۰-۱/۰۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸-۰/۱۳
۱۱۲۵	C ۱۱۲۵	۰/۲۲-۰/۲۸	۰/۶۰-۰/۹۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸-۰/۱۳
۱۱۴۰	C ۱۱۴۰	۰/۳۷-۰/۴۴	۰/۷۰-۱/۰۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸-۰/۱۳

۳-۵-۲- شناسایی فولادها: لازم است که هر جوش کار ماهر بتواند با یک یا چند روش تست‌های عملی ترکیب شیمیایی فولاد را به دست آورد.

گاهی اوقات آنالیز فولاد یا در دسترس نمی‌باشد و یا وصول به آن مشکل و وقت‌گیر است. در کارخانه و یا کارگاه و یا در سایت‌های متفاوت لازم است که نوع فولاد به سرعت مشخص شود؛ از این رو می‌توان آزمایش را با روش‌های زیر انجام داد:

۱- آزمایش جرقه به وسیله سنگ سمباده؛

۲- آزمایش با شعله‌ی اکسی استیلن؛

۳- آزمایش از طریق انفصال فلز؛

۴- آزمایش رنگ؛

۵- آزمایش صدا؛

۶- آزمایش از طریق وزن مخصوص؛

۷- آزمایش از طریق آهنربا.

آزمایش جرقه: یکی از طرق تعیین ترکیب شیمیایی فولاد، آزمایش جرقه است. برای این منظور می‌توان از یک سنگ سمباده استفاده کرد. (قبل از آزمایش باید سنگ سمباده را بررسی کرد تا در شرایط مناسبی باشد و از وسیله‌های ایمنی مانند عینک نیز باید استفاده شود)

برای آزمایش فولاد مورد نظر، کافی است که آن را به سنگ یا چرخ سمباده تماس دهیم، در اثر تماس و اصطکاک بین فلز و سنگ سمباده، جرقه‌هایی تولید و پرتاب خواهد شد.

با نحوه‌ی پرتاب شدن، رنگ جرقه، طول جرقه و تعداد انفجار در جرقه، می‌توان نوع فولاد را تشخیص داد. هرچه فشار بین فلز و سنگ سمباده کم‌تر باشد، تعیین هویت فولاد بهتر انجام می‌شود. (شکل ۵-۲).

تئوری این نوع آزمایش بر مبنای این است که:

هنگامی که فولاد گرم می‌شود، تمایل زیادی برای جذب اکسیژن دارد و قسمت‌های مختلف از فلز با نرخ‌های متفاوتی اکسید می‌شوند که رنگ اکسید هر ماده متفاوت است؛ برای مثال اگر آهن خالص را با سنگ سمباده تماس دهیم، در اثر گرما، آهن به سرعت اکسید نمی‌شود، از این رو جرقه‌هایی که از آهن خالص پرتاب می‌شود کم‌رنگ یا سفیدرنگ بوده، طول آن‌ها زیاد است و به سرعت از بین می‌روند.

دمای جهش جرقه برای فولاد با ترکیب‌های متفاوت فرق می‌کند. چهار فاکتور در جرقه وجود دارد که از روی آن‌ها می‌توان به ترکیب شیمیایی فلز پی برد:

۱- رنگ جرقه؛

۲- طول جرقه؛

۳- تعداد انفجار در طول جرقه؛

۴- شکل انفجار.

برای مثال، اگر یک فولاد با ۰/۲ درصد کربن را با سنگ سمباده تماس دهیم، طول جهش جرقه‌های آن در حدود ۱/۸ متر است و رنگ آن روشن و سفیدرنگ است. تعدادی از این جرقه‌ها به‌طور ناگهانی منفجر می‌شوند و تشکیل جرقه‌های کوچک‌تری می‌دهند این جرقه‌های کوچک، نسبت به جرقه‌های اولیه، یک زاویه‌ی ۴۵° می‌سازند.

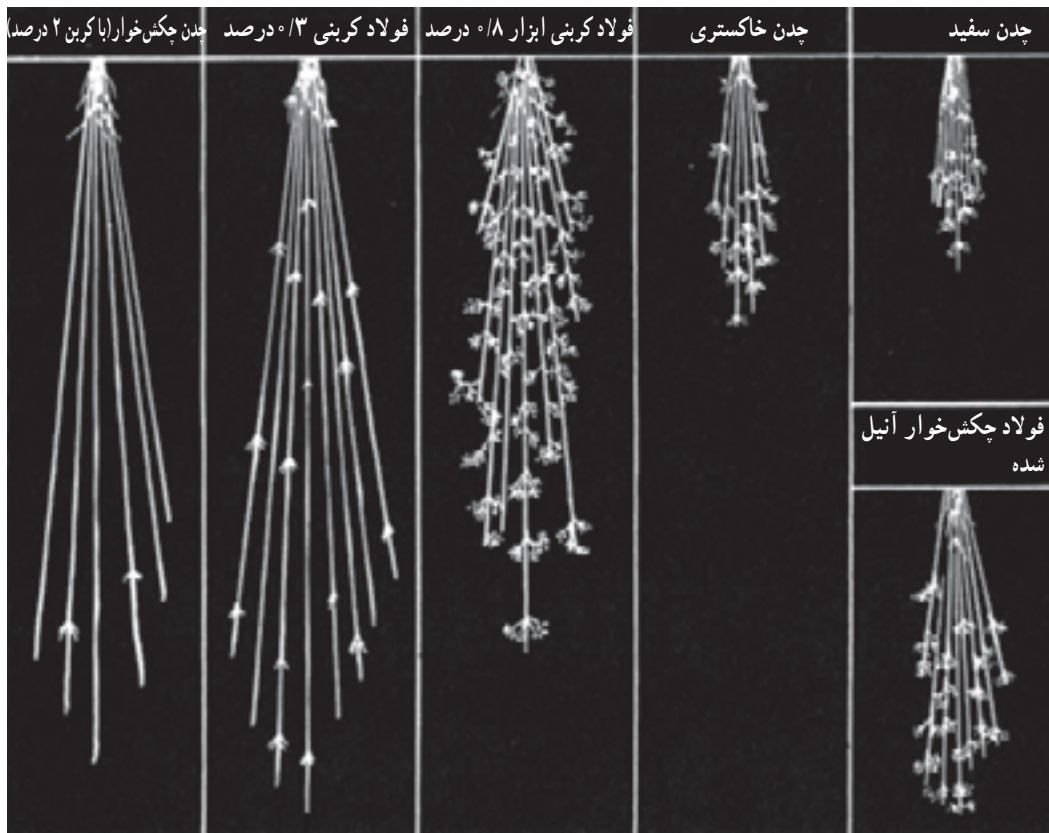
اگر بخواهیم یک فولاد ساده‌ی کربنی را با ۰/۳ درصد کربن آزمایش کنیم، فوران جرقه مانند فولاد قبل است با این تفاوت که در امتداد جرقه‌ها تعداد انفجار بیش‌تر می‌شود و طول پرتاب جرقه کمی کوتاه‌تر می‌گردد.

اگر یک فولاد با ۰/۸ درصد کربن را با سنگ سمباده تماس دهیم، مشاهده خواهد شد که طول فوران جرقه‌ها کوتاه و تعداد انفجار در مسیر هر جرقه زیادتر می‌شود.

عملیات حرارتی که بر روی فولاد انجام می‌شود، در آزمایش جرقه‌ی فولاد اثر می‌گذارد؛ برای مثال در جرقه‌های چدن خاکستری که از محل تماس با چرخ سمباده فوران می‌کنند، رنگ آن‌ها قرمز تیره و طول جرقه‌های پرتاب شده کوتاه و در حدود ۶۴-۵۰ سانتی‌متر است. در مقایسه با این حالت، رنگ جرقه‌های یک فولاد با ۱/۳ درصد کربن در هنگام فوران از سنگ، سفید و طول جرقه‌های آن کمی بلندتر از چدن خاکستری است.

آزمایش با شعله‌ی اکسی استیلن: به‌عنوان مقدمه باید گفت، حتی اگر در مورد ترکیب شیمیایی یک فولاد آگاهی داشته باشیم، باز لازم است بدانیم که آیا فلز خاصیت جوش‌پذیری خوبی دارد یا خیر.

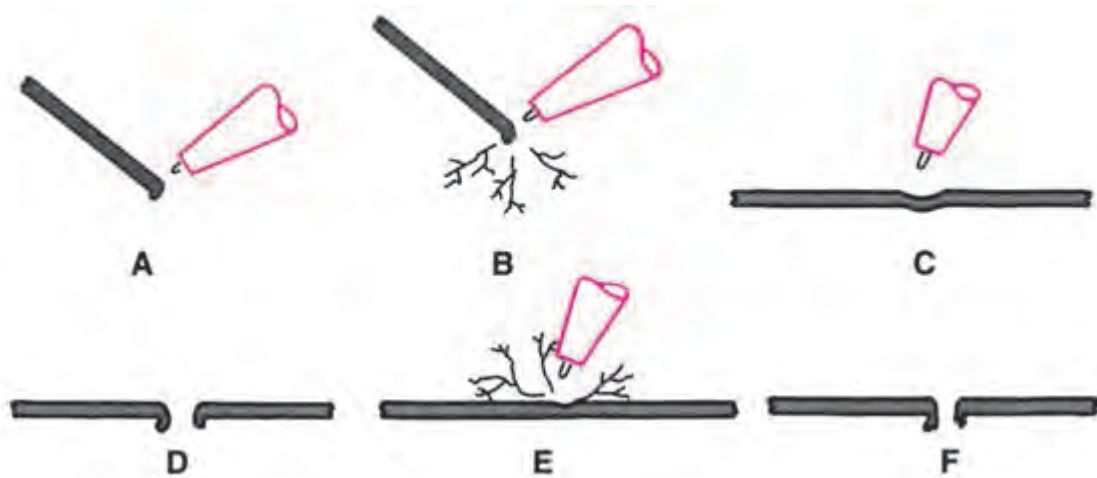
برای مثال ورق‌های آهنی که نورد می‌شوند ممکن است خواص شیمیایی و فیزیکی خوبی را برای جوش‌کاری داشته



شکل ۲-۵- جرقه‌های ایجاد شده به وسیله فولادهای مختلف

فسفر و گوگرد آن‌ها زیاد شود؛ به این جهت برای فرد جوش کار لازم است شرایط جوش‌پذیری فولاد را تشخیص دهد.

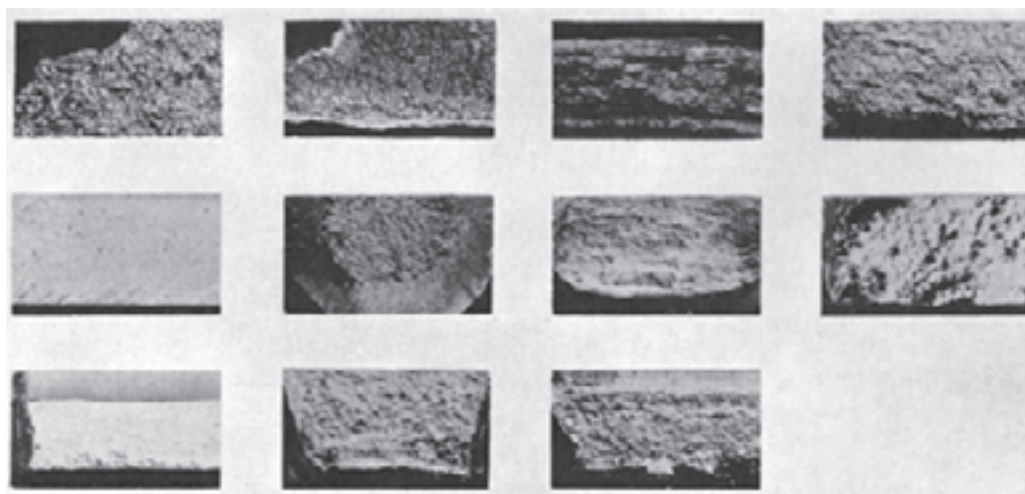
باشند اما ممکن است تعدادی از این ورق‌ها در حین نورد، اجزایی را که در روی سطح غلطک وجود دارد (سرباره‌ی جرم و کثافت روی غلطک) در اثر فشار، جذب خود کنند و یا این که درصد



شکل ۲-۶- آزمایش با شعله اکسی استیلن

داشته باشد. لبه‌ی حوضچه پس از انجماد، مضرّس نباشد و در حین منجمد شدن رنگ حوضچه، درخشان باشد در این صورت خاصیت جوش‌پذیری فولاد، بسیار خوب است. اگر رنگ مذاب در حین انجماد تیره باشد و لبه‌ی حوضچه پس از انجماد مضرّس باشد، جوش‌پذیری فولاد خوب نیست.

برای انجام آزمایش، فقط کافی است که یک حوضچه‌ی مذاب با شعله‌ی اکسی‌استیلن و شعله‌ی خنثی در سطح فلز ایجاد کنیم، در صورت نازک بودن، فرصت دهیم که فلز سوراخ شود. از حوضچه‌ی مذاب نباید جرقه‌ی زیادی خارج شود و یا جوشش داشته باشد. مذاب باید روانی و کشش سطحی خوبی



شکل ۲-۷- نداشتن خاصیت جوش‌پذیری