

بخش اول

اصول جوشکاری

# فصل اول

## جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود

### روپوش دار SMAW

#### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. چگونگی جوشکاری با قوس و الکتروود روپوش دار را توضیح دهد.
۲. روش‌های مختلف تشکیل قوس را شرح دهد.
۳. جریان الکتریسیته مناسب برای جوشکاری‌های قوسی را معرفی کند.
۴. استفاده از قطب‌های جریان و خصوصیات آنها را شرح دهد.
۵. پارامترهای مؤثر در قوس و نقش آنها را بیان کند.
۶. رابطه پارامترهای قوس و تأثیر آنها بر هم را توضیح دهد.

## — تعریف جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار SMAN

این فرایند یک نوع جوشکاری ذوبی است که لبه‌های کار در اثر گرمای قوس الکتریکی ذوب شده و مذاب لبه‌ها به کمک مذاب حاصل از ذوب الکتروود با هم مخلوط شده و سپس منجمد شده و قطعات به هم جوش می‌خورند.

ابتدا به وسیله الکتروود ذغالی و سپس با الکتروود فلزی بدون روپوش فرایند جوشکاری قوس الکتریکی شکل گرفت و در سال ۱۹۰۵ میلادی الکتروود روپوش‌دار کشف شد که باعث سادگی شروع کار و بهبود پایداری قوس و کیفیت جوش گردید و کاربرد آن روز به روز گسترش یافت پژوهش‌های مختلف توسط انجمن‌های جوشکاری از جمله انجمن جوشکاری آمریکا AWS و انجمن مهندسين آمریکا ASME صورت گرفته و کماکان ادامه دارد و با عنوان استانداردهای مختلف ارائه می‌گردد.

در این روش به دلیل روپوش الکتروود امکان جوشکاری اتوماسیون وجود ندارد و همواره از روش دستی استفاده می‌شود.

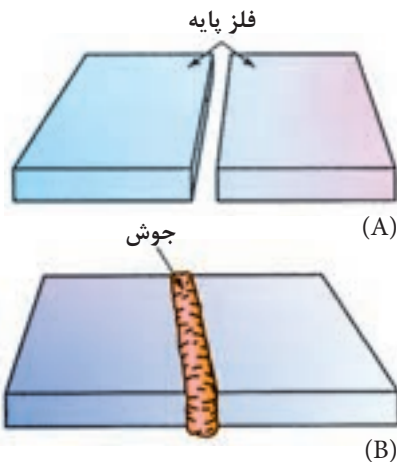
از طرفی به دلیل قابلیت‌های زیاد از جمله حمل و نقل راحت و امکان استفاده از کابل‌های بلندتر در صورت نیاز و استفاده از الکتروودهای متنوع از نظر آلیاژ در زمینه ساخت و تعمیرات به کار گرفته می‌شود. همچنین به دلیل پایداری قوس و امکان جوشکاری در هوای آزاد و در ارتفاع امروزه در ساخت ساختمان‌های فولادی، پل‌های فلزی، کشتی‌سازی، سازه‌های دریایی، قالب‌های بتن و دریچه‌های سدها، دکل مخابرات، مخازن تحت فشار، جوشکاری لوله گاز و نفت و سایر تأسیسات نفتی و ... کاربرد فراوان دارد.

### ● چگونگی جوشکاری قوس الکتریکی و الکتروود روپوش دار SMAW:

بیشترین اتصالات جوشی، با روش ذوب فلز مبنا در دو طرف خط اتصال ساخته می‌شود، فلز ذوب شده یک حوضچه مذاب بین دو قطعه ایجاد می‌کند<sup>۱</sup> حوضچه مذاب جامد شده، پل فلزی پیوسته‌ای تولید می‌کند که قادر به انتقال نیرو بوده و آب بندی نیز می‌باشد. شکل (۱-۱)

با استفاده از جریان برق الکتروود فلزی قوس را به وجود آورده و خود در گرمای قوس

۱ - در صورت لزوم برای پر کردن مقطع جوش فلز اضافی نیز به آن افزوده می‌شود.



شکل ۱-۱

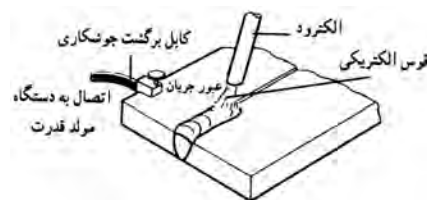
ذوب شده و روپوش الکتروود هم سوخته و ذوب شده و به دلیل کمتر بودن جرم حجمی روی مذاب را می پوشاند و پس از انجماد، گل جوش یا سرباره را تشکیل می دهد. پس می توان گفت عوامل لازم برای جوشکاری یعنی انرژی حرارتی برای ذوب و محافظت از مذاب هر دو از طریق الکتروود روپوش دار عملی می شود. (شکل ۱-۲) بر این اساس این فرایند را جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش دار گویند.<sup>۱</sup>



شکل ۱-۲

## ۱-۱ قوس الکتریکی و چگونگی تشکیل آن

قوس الکتریکی در اثر تخلیه بار الکتریکی در فاصله هوایی بین دو قطب جریان به وجود می آید که با نور و حرارت همراه است. در حقیقت اگر دو قطب جریان یا الکتروود و قطعه کار را به هم تماس داده و سپس در فاصله کمی از یکدیگر قرار گیرند، به خاطر فشار الکتریکی الکترون ها از قطب منفی به قطب مثبت پرش کرده و جرقه های اولیه ایجاد می شود. این جرقه ها موجب یونیزه شدن<sup>۲</sup> گاز بین دو قطب می شود. الکترون های جریان برق از فاصله هوایی بین آن دو قطب عبور می کنند. این عمل باعث گرم شدن نوک الکتروود می شود و الکترون های آزاد درون الکتروود میل به خروج پیدا کنند. همچنین با توجه به اینکه یون ها و الکترون ها سریعاً به طرف قطب های مخالف خود در قوس حرکت می کنند و با برخورد الکترون ها با اتم های گاز موجود بین دو قطب جریان، موجب افزایش یونیزاسیون و پایداری قوس می گردد. (شکل ۱-۳) البته برای ایجاد قوس ولتاژ بیشتری لازم است ولی ادامه قوس با ولتاژ کمتری عملی است.

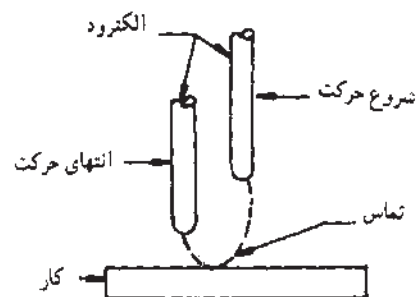


شکل ۱-۳

### ۱-۱-۱ روش های تشکیل قوس الکتریکی

برای ایجاد قوس از روش های زیر استفاده می شود:

- ♦ تماس دو قطب جریان به هم (شکل ۱-۴)
- ♦ با استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا
- ♦ روش دور کردن تورچ از کار (Lift Arc)
- ♦ با استفاده از واسطه بین الکتروود و کار
- در روش تماسی مانند جوشکاری با الکتروود روپوش دار ابتدا الکتروود را به کار



ایجاد قوس با پایین و بالا بردن الکتروود (نوک زدن)

شکل ۱-۴

۱ - از روزهای اولیه استفاده این روش، در ایران به نام جوشکاری برق شناخته شده و هنوز هم متداول است.

۲ - گازهای یونیزه دارای یون های مثبت و الکترون آزاد هستند و هادی جریان الکتریسیته می باشند.

تماس داده و به آرامی تا فاصله چند میلی متری کار دور می کنیم یا مانند نوک زدن پرندگان با الکتروود به کار ضربه زده و جدا می کنیم تا قوس شکل بگیرد. (شکل ۴-۱)

در این روش ولتاژ مدار باز (O.C.V)<sup>۱</sup> حدود ۸۰ تا ۹۰ ولت است و در اثر شروع قوس و یونیزه شدن گازهای بین دو قطب به نصف یا کمتر هم خواهد رسید.

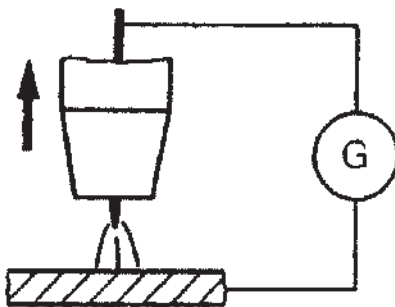
● شروع قوس در جوشکاری با گاز محافظ و الکتروود بدون روپوش (GMAW یا MIG/MAG) نیز با رسیدن نوک الکتروود به کار و ذوب شدن قسمتی از نوک سیم و ایجاد گرمای زیاد، یونیزاسیون گاز محافظ اتفاق می افتد و قوس شکل می گیرد.

● همچنین در روش SAW یا جوشکاری زیر پودری هم امروزه این روش متداول است. در این روش الکتروود به کار رسیده و کمی برگشت کرده تا قوس از طریق تماس الکتروود به کار شکل گیرد.

● روش استفاده از واسطه بین الکتروود و کار: در گذشته به ویژه در جوشکاری زیر پودری یا در روش سرباره الکتریکی<sup>۲</sup> متداول بوده در این روش با استفاده از پشم فولادی بین الکتروود و کار در لحظه شروع قوس به دلیل اتصال کوتاه، پشم فولادی بین دو قطب جریان ذوب و تبخیر و قوس پایدار تشکیل می گردد.

● ایجاد قوس با ولتاژ و فرکانس بالا: در جوشکاری با الکتروود تنگستن و گاز محافظ یعنی روش GTAW=TIG چون تماس الکتروود با کار موجب خراب شدن نوک الکتروود شده و از طرف دیگر امکان ورود فلز تنگستن به کار می رود، از روش فرکانس زیاد High Frequency استفاده می شود.

روش کار به این صورت است که انرژی الکتریکی در خازن ذخیره است و با فشار دکمه ای که روی مشعل - تورچ است بدون تماس در فاصله حدود ۲ سانتی متری یا بیشتر الکترون ها از الکتروود جدا شده و به سمت کار می روند این جهش موجب یونیزه شدن گاز محافظ شده و قوس پایدار شکل می گیرد. آنگاه ولتاژ و فرکانس اضافی حذف می شود. (شکل ۵-۱)



شکل ۵-۱

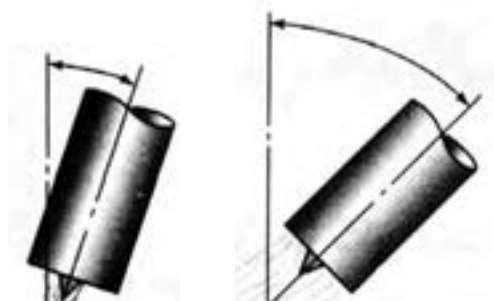
## ● روش دور کردن تورچ از کار Lift Arc

نحوه شروع قوس به این صورت است که الکتروود تنگستن به کار تماس داده و دکمه مخصوص قطع و وصل روی تورچ جوشکاری را فشار داده ولی هیچ اتفاقی نمی افتد. اگر

۱ - ولتاژ مدار باز (Open Circute Voltage): ولتاژ دو سر کابل های جوشکاری است زمانی که دستگاه روشن است ولی جوشکاری انجام نمی شود.

۲- روش سرباره الکتریکی یکی از روش های ذوبی برای جوشکاری قطعات ضخیم است.

به آرامی نوک الکتروود تنگستن را از کار جدا کنیم (بهتر است به طور مایل) قوس در همان لحظه شکل می گیرد، چون گازهای محافظ راحت یونیزه می شوند. (شکل ۱-۶)



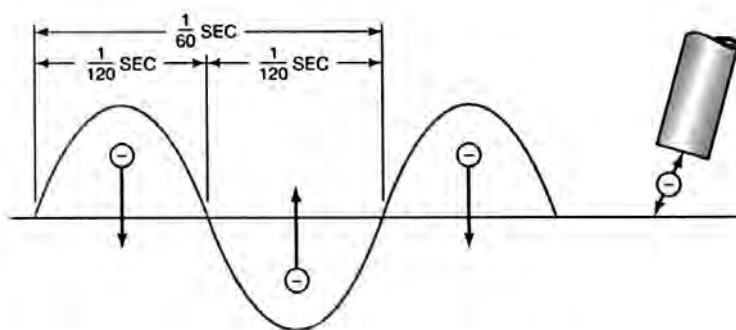
شکل ۱-۶

## ۱-۲ جریان مناسب در جوشکاری های قوسی

هر دو جریان AC و DC در جوشکاری های قوسی مورد استفاده واقع می شود و مواردی هم وجود دارد که فقط یکی از جریان AC یا DC جواب گوی نیاز جوشکاری است. آیا تفاوت این دو جریان را به خاطر دارید و می دانید که حرکت الکترون ها در یک هادی چگونه است.

جریان مستقیم (DC) یعنی این که الکترون ها در یک جهت حرکت می کنند (یک سو هستند) به عبارت دیگر یکی از قطب ها مثبت و دیگری قطب منفی است علامت جریان DC (=) است.

جریان متناوب (AC) یعنی جهت حرکت الکترون ها دو سویه یا رفت و برگشتی و جای قطب های جریان در هر ثانیه ۵۰ تا ۶۰ بار عوض می شود و علامت جریان (~) است. (شکل ۱-۷)



شکل ۱-۷

جریان الکتریسیته دارای دو عامل مؤثر است یعنی شدت جریان و فشار الکتریکی عامل سوم به مسیر عبور جریان بستگی دارد که مقاومت الکتریکی معروف است. این عامل‌ها را یادآوری کرده و تعریف کاربردی را شرح خواهیم داد.

### ۱-۲-۱ مزایا و معایب جریان AC

جریان AC مطابق آنچه که در شکل (۱-۷) مشاهده می‌کنید دارای یک موج سینوسی است و در هر ثانیه ۵۰ تا ۶۰ بار جای قطب‌ها عوض می‌شود و لحظه‌هایی هم به صفر می‌رسد در این لحظه قوس قطع می‌شود و دوباره شکل می‌گیرد در بعضی از دستگاه‌های جوشکاری ولتاژ به سمت ولتاژ مدار باز افزایش می‌یابد که باعث دوباره روشن شدن قوس می‌گردد.

#### ● مزایا

دستگاه‌های تولید کننده جریان AC یا ترانسفورماتورهای جوشکاری:

- ♦ ساده‌تر و ارزان‌تر هستند.
- ♦ هزینه نگهداری دستگاه‌ها کمتر است.
- ♦ گرما در کار و الکتروود به طور مساوی تقسیم می‌شود.
- ♦ راندمان اقتصادی بالاتری دارد.
- ♦ وزش قوس یا انحراف قوس ندارد.

#### ● محدودیت‌ها

- ♦ امکان تغییر قطب وجود ندارد.
- ♦ برای جوشکاری بعضی از فلزات مناسب نیست.
- ♦ استفاده از همه نوع الکتروود روپوش دار میسر نیست.
- ♦ پایداری قوس کمتر است.
- ♦ در جوشکاری با آمپرهای کمتر، قوس دچار قطع وصل می‌شود.

### ۱-۲-۲ مزایا و معایب جریان DC

#### الف) مزایا

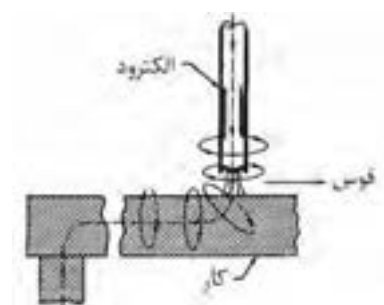
- ♦ قوس راحت‌تر تشکیل می‌شود و پایدارتر است.

- ♦ خطر شوک الکتریکی کمتر است.
- ♦ قوس آرام تر بوده و پاشش جرقه کمتر است.
- ♦ استفاده از همه نوع الکترودها امکان پذیر است.
- ♦ امکان استفاده از هر دو قطب جریان وجود دارد.
- ♦ دو سوم گرمای قوس الکتریکی در قطب مثبت متمرکز است.
- ♦ جوشکاری در وضعیت های مختلف راحت تر است.

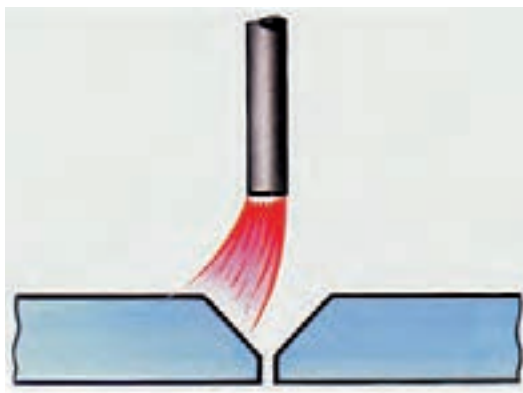
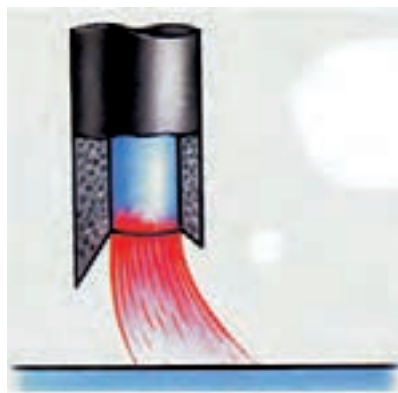
### ب) معایب

در جوشکاری با جریان DC گاهی پدیده ای به نام وزش قوس یا دمش قوس (Arc blow) وجود دارد که در جریان AC وجود ندارد.

وزش قوس یا انحراف قوس یعنی این که قوس الکتریکی به طرفی کشیده شود، این انحراف قوس به دلیل وجود حوزه مغناطیسی است که در اطراف مسیر عبور جریان و عمود بر آن شکل می گیرد به شکل (۸-۱) توجه کنید حوزه مغناطیسی عمود بر الکترود جوشکاری و مسیر عبور جریان از محل اتصال به کابل اتصال تا محل تشکیل قوس شکل می گیرد و باعث انحراف قوس می شود به شکل (۹-۱) توجه کنید.



شکل ۸-۱



شکل ۹-۱

انحراف قوس باعث عیوب زیر می شود:

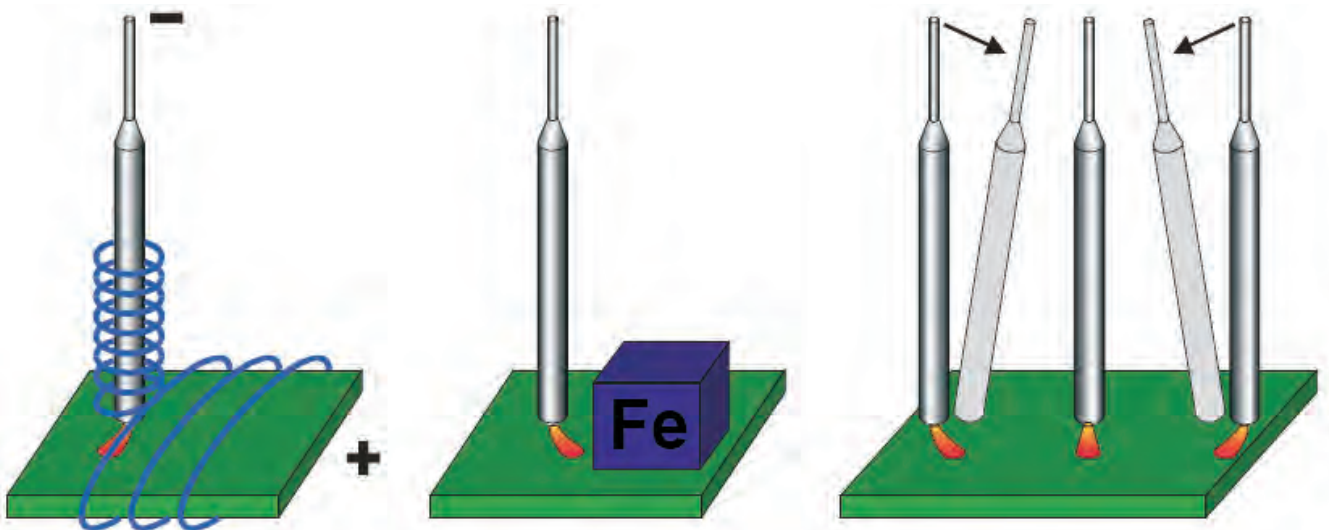
- ♦ حفره های گازی شکل
- ♦ ناموزون شدن گرده جوش
- ♦ پاشش زیادتر جرقه در انتهای جوش
- ♦ زیر برش یا سوختگی جوش



- ♦ ظاهر نامناسب جوش
- ♦ هزینه خرید، تعمیر و نگهداری نسبت به دستگاه‌های AC بالاتر است.

## ● راه‌های جلوگیری از وزش قوس

- ♦ به حداقل رساندن طول قوس
  - ♦ کاهش آمپر جوشکاری
  - ♦ انجام جوشکاری به طرف قسمتی که قبلاً جوشکاری شده (تغییر جهت جوشکاری)
  - ♦ دور کردن محل اتصال کابل به قطعه کار
  - ♦ قرار دادن قطعه کار در وسط حلقه‌ای که توسط کابل انبر یا کابل اتصال درست کرده‌ایم یعنی این که در صورت امکان کابل اتصال به دور قطعه کار پیچیده شود. به منظور ایجاد حوزه مغناطیسی جدید و خنثی کردن اثر وزش قوس
  - ♦ تغییر جریان از DC به AC
- در شکل (۱۰-۱) نحوه مقابله با وزش قوس توسط جوشکاری با تغییر زاویه الکترود مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰-۱- روش‌های جلوگیری از انحراف قوسی

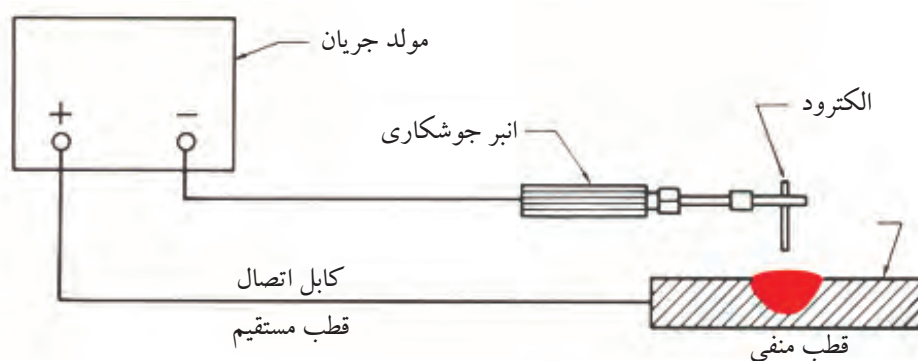
## ۳-۱ قطب‌های مستقیم و معکوس در جوشکاری

هر دو جریان AC و DC در جوشکاری با الکتروود روپوش‌دار مورد استفاده قرار

می‌گیرد با این تفاوت که وقتی با جریان متناوب AC جوشکاری می‌کنیم قطب مثبت و قطب منفی وجود ندارد و انبر جوشکاری به هر کدام از کابل‌های خروجی دستگاه جوش وصل شود نتیجه کار یکسان خواهد بود گرما در الکتروود و کار به طور مساوی توزیع می‌شود به دلیل این که در جریان متناوب AC در هر ثانیه ۵۰ بار جای قطب‌ها عوض می‌شود، قوس پایداری کمتری دارد و مواردی که ضرورت دارد با آمپر کمتر کار کنیم جوشکاری مشکل‌تر می‌شود مانند جوشکاری افقی عمودی و سقفی و جوشکاری ورق‌های نازک‌تر.

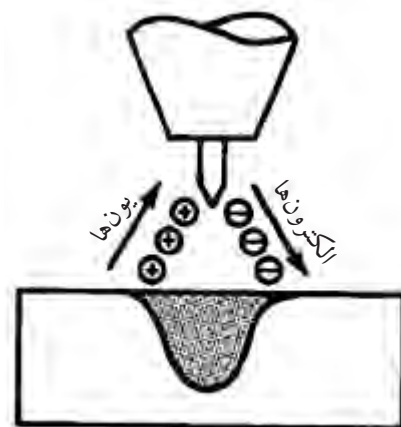
ولی در به کارگیری جریان مستقیم DC که توسط دستگاه رکتی‌فایر یا دینام جوشکاری تأمین می‌شود و انتخاب قطب در اختیار جوشکار است.

۱- کابل انبر الکتروود گیر را به قطب منفی دستگاه و کابل اتصال را به قطب مثبت دستگاه وصل کنیم. شکل (۱-۱۱)



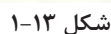
شکل ۱-۱۱

این حالت را جوشکاری با قطب مستقیم (DC SP) و یا (DC EN) گویند. همان‌طور که در شکل (۱-۱۱) مشاهده می‌کنید جهت حرکت الکترون‌ها از الکتروود به کار است و الکترون‌ها با سرعت زیاد به کار برخورد می‌کنند و به دلیل بمباران الکترونی گرمای زیادی در کار (قطب مثبت) به وجود می‌آید. در جوشکاری قوس با الکتروود تنگستن الکتروود تنگستن به قطب منفی دستگاه وصل است گرما بیشتر در کار یعنی  $\frac{2}{3}$  در کار و  $\frac{1}{3}$  در الکتروود توزیع می‌شود (شکل ۱-۱۲) و این امر از ذوب شدن الکتروود تنگستن جلوگیری می‌کند.



شکل ۱-۱۲

یعنی چون الکترون‌ها از کار جدا شده و یون‌ها از الکتروود به کار برخورد می‌کنند اکسیدهای فلزی در محل تشکیل قوس خرد شده و یا به صورت یک‌پارچه تشکیل نمی‌شوند و برای جوشکاری فلزاتی که اکسید دیر ذوب و یک‌پارچه تشکیل می‌دهند مثل آلومینیوم و منیزیم بسیار مناسب است. (شکل ۱۳-۱)



و با حرف (I) نشان می دهند.

چنانچه تعداد  $6/28 \times 10^{18}$  الکترون در یک ثانیه از یک نقطه از مدار عبور کند شدت جریان یک آمپر است که معادل یک کولن در ثانیه است شکل. (۱۴-۱)

## ۵-۱ فشار الکتریکی یا اختلاف پتانسیل

در جریان برق اختلاف سطح الکتریکی موجب جاری شدن الکترون‌ها در سیم شده و هرچه این اختلاف سطح بیشتر باشد فشار الکتریکی هم بیشتر است همان‌طور که می‌دانیم برق فشار قوی در شبکه بین شهرها جاری است برق شهر ۲۲۰ ولت و برق صنعتی بین دو فاز ۳۸۰ ولت اختلاف پتانسیل دارد برق باطری اتومبیل ۱۲ ولت مستقیم است که توسط پلاتین قطع و وصل شده به جریان متناوب تبدیل می‌شود و با عبور از کوئل ولتاژ افزایش یافته و از طریق چکش برق و وایر در سر شمع‌های اتومبیل جرقه ایجاد می‌شود همین‌طور در فندک اجاق گاز خانگی با استفاده از ولتاژ بالا جرقه ایجاد می‌شود. هرچه ولتاژ بین دو قطب جریان زیادتر باشد تخلیه الکتریکی (جهش الکترون‌ها) بین دو قطب از فاصله دورتر انجام می‌شود.

برای این که موقع جوشکاری گرما پخش نشود و حفاظت از حوضچه مذاب راحت‌تر باشد. همچنین الکتروود نزدیک به کار ذوب شده و انتقال مذاب به کار راحت‌تر و قابل کنترل باشد. در ضمن جوشکاری با ولتاژ پایین از نظر ایمنی مناسب‌تر است. از جریان الکتریسته با ولتاژ کم و شدت جریان زیاد<sup>۱</sup> استفاده می‌کنیم که هم طول قوس بلند نباشد و هم انرژی لازم برای قوس<sup>۲</sup> فراهم آید و سرعت جوشکاری کافی باشد انرژی مصرفی در جوشکاری از حاصل ضرب اختلاف پتانسیل در شدت جریان به دست می‌آید.

$$W = V.I \text{ توان الکتریکی}$$

توان الکتریکی (W) بر حسب وات (W)، اختلاف پتانسیل (V) بر حسب ولت (V) و شدت جریان (I) بر حسب آمپر (A).

## ۶-۱ مقاومت الکتریکی

چنانچه مسیر برای عبور الکترون‌ها در یک هادی (سیم مسی) باز باشد و یا در مقابل

۱ - شدت جریان ۲۵ تا ۳۰۰ آمپر

۲ - گرمای ورودی ۵/۰ تا ۱۵ کیلو ژول در ثانیه



شکل ۱-۱۵

عبور الکترون‌ها مانعی نباشد می‌گوییم مقاومت الکتریکی کم و هدایت الکتریکی زیاد است فلزات هادی خوبی برای جریان الکتریسیته هستند انبر الکتروود گیر و کابل‌های حامل جریان به راحتی شدت جریان‌های زیاد را از خود عبور می‌دهند بدون آن‌که گرم شوند ولی سیم اجاق و بخاری برقی مقاومت الکتریکی زیاد دارند و در اثر عبور جریان گرم می‌شوند. شکل (۱-۱۵)

در یک مدار الکتریکی رابطه زیر برقرار است:

$$V = I.R \text{ یا } I = \frac{V}{R} \text{ و } R = \frac{V}{I}$$

واحد مقاومت الکتریکی (R) اهم است، اگر شدت جریان یک آمپر از سیمی که مقاومت آن یک اهم است عبور کند اختلاف پتانسیل دو سر سیم یک ولت خواهد بود در فرایند نقطه جوش و سایر جوش‌های مقاومتی از مقاومت الکتریکی فلزات استفاده می‌شود.

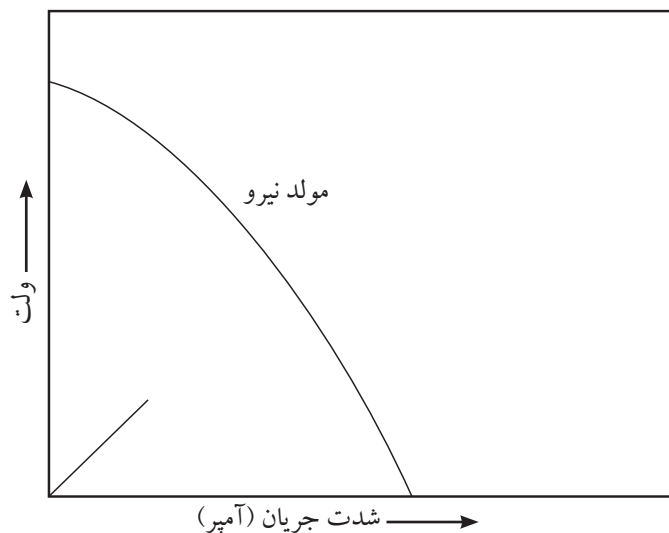
در جوشکاری SMAW با وجود یونیزه شدن قوس باز هم مقاومت زیادی جهت عبور جریان وجود دارد و گرمای زیادی بین  $600^{\circ}\text{C}$  –  $500^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود ولی در اتصالات کابل به دستگاه و کابل به انبر و به الکتروود نباید مقاومت الکتریکی زیادی وجود داشته باشد زیرا باعث افت ولتاژ در قوس می‌شود.

همچنین شدت جریان برای هر الکتروود روپوش‌دار محدوده مشخص دارد که توسط سازنده الکتروود تعیین می‌شود و باید رعایت شود تا از حد مجاز بیشتر نباشد در غیر این صورت الکتروود مصرف شدنی سرخ شده و روپوش آن آسیب می‌بیند.

### ● نمودار ولت آمپر قوس الکتریکی

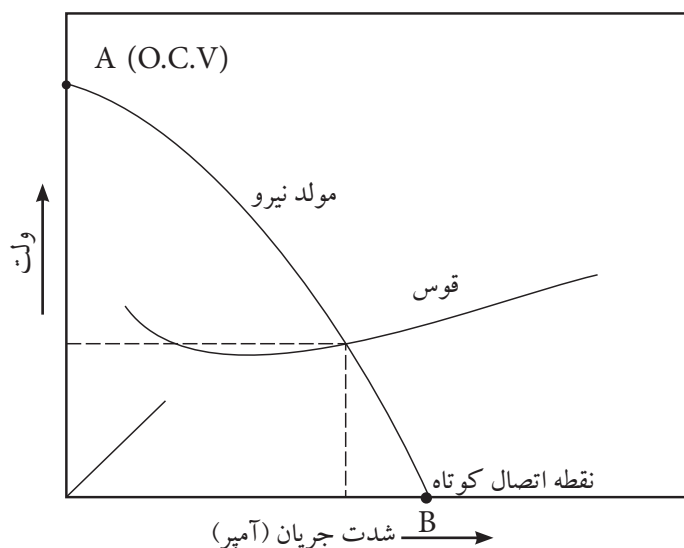
زمان استفاده از قوس، جوشکار سرعت پیشروی را برای ایجاد جوش یکنواخت تنظیم می‌کند و نیاز به قوس الکتریکی با ولتاژ و شدت جریان ثابت دارد چون ولتاژ و شدت جریان با هم ارتباط دارند، به ازای مقادیر مختلف جریان این رابطه به صورت یک منحنی شکل می‌گیرد که به منحنی قوس معروف است.

اگر منحنی ولت آمپر با توجه به قانون اهم  $V = IR$  ترسیم شود که در آن با افزایش جریان به صورت تابع خطی ولتاژ افزایش یابد منحنی به شکل خط صاف در می‌آید ولی شیب منحنی نمودار قوس الکتریکی تابعی از نوع فلز الکترود و آتمسفر موجود در فضای گازی قوس الکتریکی می‌باشد به شکل (۱-۱۶) توجه کنید.



شکل ۱-۱۶

اگر نمودار شدت جریان و ولتاژ خروجی دستگاه جوشکاری ترسیم شود مطابق شکل (۱-۱۷) یعنی روی ستون عمودی ولتاژ مدار باز و ستون افقی شدت جریان‌های جوشکاری علامت‌گذاری شود این منحنی با منحنی قوس در نقطه‌ای به هم می‌رسند که آن نقطه شدت جریان و ولتاژ جوشکاری را نشان می‌دهد.

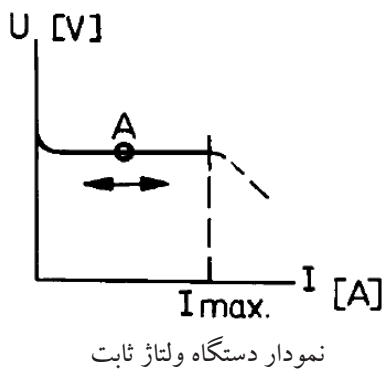
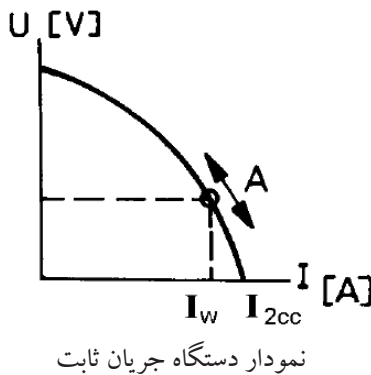
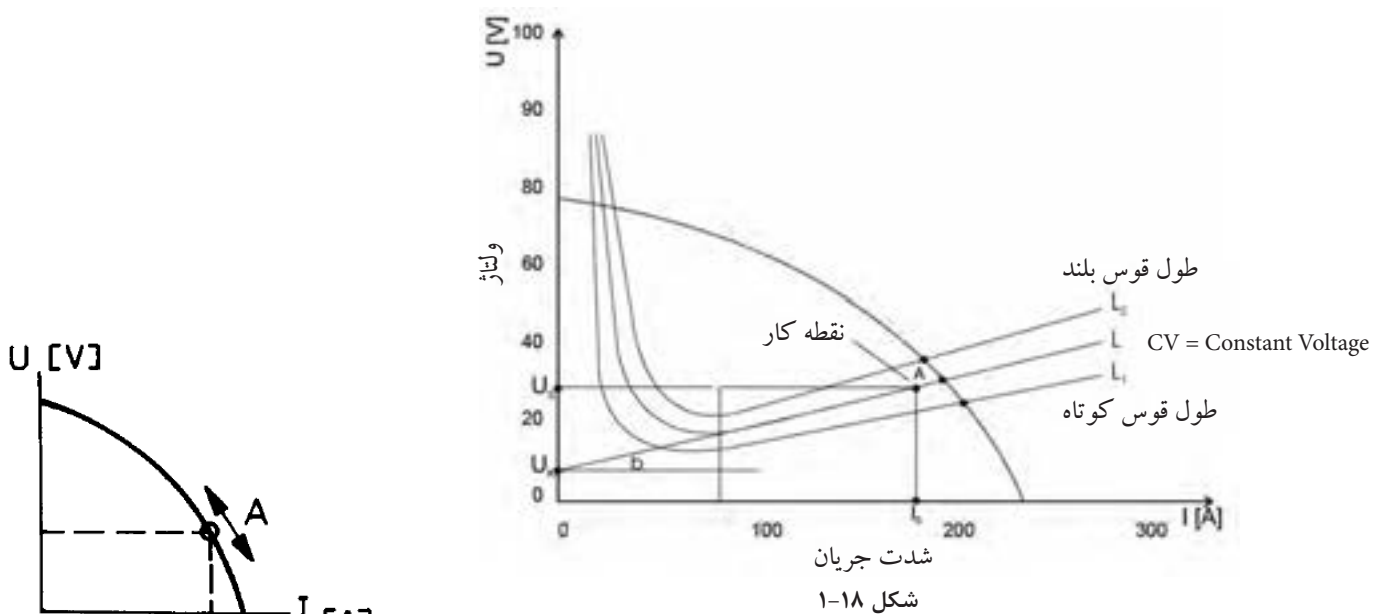


شکل ۱-۱۷

زمانی که شدت جریان حداکثر است یعنی اتصال کوتاه بین الکتروود و کار برقرار شده ولتاژ بین الکتروود و کار به صفر نزدیک است ادامه این اتصال کوتاه باعث سوختن دستگاه جوشکاری خواهد شد.

و زمانی که دستگاه روشن است و جوشکاری انجام نمی شود ولتاژ حداکثر است که به ولتاژ مدار باز یا (O.C.V) معروف است.

با افزایش طول قوس ولتاژ افزایش یافته و شدت جریان کاهش می یابد و بر عکس. (شکل ۱۸-۱)



ولتاژ قوس و شدت جریان مصرفی زمانی است که قوس الکتریکی برقرار است و در شکل ۱۸-۱ مشاهده می شود و ولت متر در حدود نصف ولتاژ مدار باز و آمپر متر میزان آمپر مصرفی را نشان می دهد.

دستگاه های مولد قدرت با این نوع خروجی به عنوان نمودار نزولی یا دستگاه های «جریان ثابت» می نامند ولی این نام گذاری کاملاً دقیق نیست زیرا جریان خروجی در اثر تغییر شدت جریان جزیی تغییر ولتاژ را نشان می دهد در جوشکاری SMAW و GTAW دستگاه مولد قدرت این گونه اند.

در فرایند زیر پودری SAW و جوشکاری با گاز محافظ و الکتروود مصرفی GMAW

شکل ۱۹-۱- منحنی ولت آمپر در جریان CV

دستگاه مولد قدرت دارای سیستم ولتاژ ثابت است و جوشکار با تغییرات ولتاژ توسط کلید گردان سرعت ذوب را کم و زیاد می کند و با تغییرات سرعت سیم شدت جریان به میزان لازم کاهش یا افزایش می یابد. (شکل ۱۹-۱)

## ۷-۱ اثر پارامترهای متفاوت در ولتاژ قوس فرایند SMAW

پارامترهای شدت جریان و ولتاژ قوس با توجه به نوع پوشش، ضخامت پوشش، جنس فلز الکترود و طول قوس در ارتباط است. مطابق قانون اهم شدت جریان و ولتاژ عکس یکدیگرند این موضوع در دستگاه جوشکاری صادق است ولی در قوس الکتریکی ممکن است در شدت جریان های پایین بر خلاف قانون اهم اتفاق افتد و طبق رابطه زیر خواهد بود.

$$ur = k + \frac{L \times d}{10 \times S} \times I$$

K = ضریب ثابت ماده

I = (آمپر) شدت جریان

S = (برحسب میلی متر مربع) سطح مقطع الکترود

ur = (ولت) ولتاژ قوس

L = (میلی متر) طول قوس

d = (میلی متر) قطر الکترود

ضریب K به جنس الکترود و میزان افت ولتاژ در کاتد (-) یا آند (+) بستگی دارد و برای فولادها در این روش عدد ۱۲ منظور می شود. ۱- در این فرمول چنانچه پارامترها ثابت باشد و فقط جریان افزایش پیدا کند ولتاژ هم افزایش می یابد.

۲- چنانچه فقط قطر الکترود افزایش یابد ولتاژ قوس کاهش می یابد.

۳- چنانچه طول قوس افزایش یابد ولتاژ قوس هم افزایش می یابد.

مثال: در جوشکاری با الکترود  $d = 4\text{mm}$  شدت جریان ۱۵۰ آمپر و طول قوس ۳/۰۰ میلی متری باشد. مطلوب است؟

الف. ولتاژ قوس را حساب کرده و با ولتاژ حاصل از فرض های (ب، ج و د) مقایسه کنید.

ب. شدت جریان را ۲۰۰ آمپر فرض کنید.

ج. قطر الکترود  $d = 5\text{mm}$  آمپر فرض شود.

د. طول قوس را ۴ میلی متر فرض کنید.





- ۱- یکی از مشکلاتی که روپوش الکتروود به وجود می آورد کدام است؟  
 الف) عایق بودن                      ب) سبک تر بودن از مذاب  
 ج) مانع اتوماسیون شدن              د) فاصله کم دست تا حوضچه مذاب
- ۲- در کدام روش شروع قوس، الکتروود با کار اتصال برقرار نمی کند؟  
 الف) تماس                      ب) استفاده از فرکانس بالا  
 ج) روش دور کردن تورچ از کار              د) با استفاده از واسطه بین الکتروود و کار
- ۳- ولتاژ مدار باز یعنی ولتاژ بین انبر الکتروود گیر و انبر اتصال وقتی که .....  
 الف) الکتروود به انبر اتصال وصل شده است .....  
 ب) دستگاه خاموش است .....  
 ج) در حال جوشکاری هستیم .....  
 د) وقتی دستگاه روشن و جوشکاری انجام نمی شود .....  
 ۴- به غیر از شدت جریان و فشار الکتریکی عامل سوم که در عبور جریان از هادی نقش دارد کدام است؟  
 الف) نوع جریان                      ب) فرکانس جریان  
 ج) مقاومت الکتریکی هادی              د) سیکل جریان
- ۵- جا به جا کردن کابل انبر و اتصال در کدام دستگاه تفاوتی ایجاد نمی کند؟  
 الف) رکتی فایر                      ب) ترانسفورماتور  
 ج) دینام کارگاهی                      د) دینام جوش سیار
- ۶- شدت جریان مناسب برای هر الکتروود توسط ..... تعیین می شود.  
 الف) کارخانه سازنده الکتروود              ب) فروشنده الکتروود  
 ج) جوشکار                      د) ضخامت قطعه جوش دادنی
- ۷- چرا استفاده از طول قوس بلند در جوشکاری مطلوب نیست؟

پاسخ:

.....

.....

.....

۸- در جوشکاری های قوسی بالاترین تغییر حالت فلز کدام است؟

الف) گرم شدن و افزایش حجم      ب) بخار شدن

ج) ذوب شدن      د) یونیزه شدن

۹- در جوشکاری آلومینیوم از کدام گزینه استفاده می شود؟

الف) AC/DC      ب) DCRP

ج) DCSP      د) AC

۱۰- دستگاه جوشکاری با الکتروود روپوش دار دارای کدام نوع منحنی است؟

الف) نزولی      ب) خطی با زاویه  $45^\circ$

ج) خطی و افقی      د) همه موارد



## فصل دوم

# ایمنی در جوشکاری

### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. مخاطرات اصلی در جوشکاری با قوس الکتریکی را نام ببرد.
۲. اشعه‌ها و تأثیرات زیان‌بار هر کدام را تشریح کند.
۳. گازها و بخاراتی که برای جوشکار زیان‌بار است نام ببرد.
۴. روش‌های مختلف تهویه گازهای حاصل از جوشکاری را نام ببرد.
۵. مزایای رعایت دستورالعمل‌های ایمنی را تشریح کند.

## — تعریف ایمنی در جوشکاری

در سال گذشته در خصوص ایمنی عمومی و ایمنی در خصوص جوشکاری با شعله گاز مطالبی یادآور شدیم در این بخش در مورد جوشکاری با قوس الکتریکی مطالبی فرا خواهید گرفت.

جوشکاری هم مانند سایر عملیات که در صنایع فلزی به کار گرفته می شود دارای مخاطراتی مربوط به خود است که اگر مورد مطالعه و توجه نباشد برای خود جوشکار و کارگرانی که در مجاورت او به کار اشتغال دارند تهدید جدی وجود دارد سرپیچی از تدابیر ایمنی و بی توجهی به مقررات خطرانی را در بر خواهد داشت و حتی ممکن است منجر به از دست دادن جان انسان ها شود.

حوادث حین کار موجب خسارات مادی یا جانی شده و عواقب و پیامدهای ناگواری را به همراه دارد، به طور کلی جوشکاری حرفه مخاطره آمیزی نیست به شرط اینکه همیشه اقدامات احتیاطی و ضروری معمول گردد مزایای توجه به مقررات ایمنی عبارتند از:

### ● برای کارگران

- ۱- کاهش فشار ناشی از کار
- ۲- کاهش جراحات و صدمات
- ۳- کاهش حوادث
- ۴- افزایش راحتی
- ۵- افزایش رفاه و تندرستی
- ۶- افزایش بهداشت کار
- ۷- افزایش روحیه

### ● برای کارفرما

- ۱- افزایش کیفیت محصول
- ۲- افزایش کارآیی کارکنان
- ۳- استفاده بهتر از نیروی انسانی
- ۴- کاهش حوادث

۵- کاهش خطاها

۶- کاهش مخارج درمانی

۷- کاهش مخارج تولید

۸- داشتن آرامش بیشتر

## ۲-۱ مخاطرات اصلی در جوشکاری با قوس الکتریکی عبارتند از:

۱- شوک الکتریکی

۲- تشعشع پرتوها

۳- استنشام دود و گاز

۴- پاشیدن جرقه از مذاب

### ۱-۲-۱ شوک الکتریکی

شوک الکتریکی زمانی حادث می شود که جریان الکتریسیته از مسیر قلب بگذرد و یک واکنش ماهیچه ای را باعث شود.

به طور کلی عبور جریان بیشتر از یک میلی آمپر از بدن، باعث احساس یک شوک می شود.

عبور جریان های بالاتر از ۲۵ میلی آمپر از بدن باعث از کار افتادن قلب می شود. جوشکار نباید با ولتاژی که بتواند جریانی بیشتر از یک میلی آمپر را از بدن عبور دهد کار کند.

برق جوشکاری دارای ولتاژ پایین است و از نظر برق گرفتگی هم کم خطر است ولی کابل های ورودی به دستگاه دارای ولتاژ بالا حداکثر تا ۴۱۵ ولت هستند که بسیار خطرناک بوده و باید کاملاً محافظت شوند تا در تماس با اجسام داغ، تیز و بُرنده نباشند. ولتاژ مدار باز دستگاه های جوشکاری به طور معمول باید زیر ۹۰ ولت باشند. دستگاه های جوشکاری امروزی طوری طراحی شده اند که وقتی روشن می شوند ابتدا ولتاژ کمی در دو سر کابل وجود دارد و موقع تماس الکتروود به کار ولتاژ مدار باز مناسب به طور اتومات جریان می یابد.



## به نکات زیر توجه و در اجرا به آن عمل کنید:

- ۱- اتصال کابل تغذیه دستگاه و تابلو برق باید توسط کلید و فیوز مناسب انجام شده باشد.
  - ۲- اطمینان حاصل کنید که کابل ورودی به دستگاه دارای عایق‌بندی خوب بوده و برای ولتاژ تا ۴۱۵ ولت مناسب باشد.
  - ۳- مطمئن شوید که دستگاه به سیستم ارت و اتصال به زمین مجهز باشد.
  - ۴- هنگام کار با دست کش خشک کار کنید.
  - ۵- هنگام جوشکاری از کفش‌های مناسب که دارای کف عایق بوده و یا از یک عایق زیر پا مانند تخته چوب استفاده کنید.
  - ۶- توجه داشته باشید تجهیزات برق‌رسانی و سیم‌کشی برق قادر به عبور جریان لازم برای کار مورد نظر باشد.
  - ۷- هنگام برق‌گرفتگی به شخص برق‌گرفته دست نزنید و کلید اصلی برق ورودی را قطع کنید.
  - ۸- وصل کابل‌های جوشکاری باید زمان خاموش بودن دستگاه صورت گیرد.
  - ۹- تعویض الکتروود خصوصاً در ارتفاع باید با دست کش انجام شود.
- در جداول (۱-۲) و (۲-۲) مخاطرات جریان برق در کارگاه جوشکاری را ملاحظه کنید.

**جدول ۱-۲ مخاطرات جریان برق در جوشکاری مدارهای ولتاژ بالا  
(کابل برق ورودی و مدارهای مربوط به آن)**

خطا یا اشتباه	مخاطرات
۱- نصب و راه‌اندازی غلط	آتش‌سوزی، شوک الکتریکی، خط مرگ، آسیب دیدن تجهیزات
۲- استفاده از فیوز با ظرفیت بالا	بالا رفتن دمای وسایل و تجهیزات، آسیب رسیدن به تجهیزات و آتش‌سوزی
۳- نداشتن اتصال زمین دستگاه جوشکاری و سیستم مربوط	شوک الکتریکی، در شرایط حاد سوختگی یا مرگ

جدول ۲-۲ مدارهای ولتاژ کم جریان خروجی دستگاه با شدت جریان زیاد

خطا یا اشتباه	مخاطرات
۱- نبودن اتصال زمین	شوک الکتریکی و در شرایط حاد سوختگی و خطر مرگ
۲- مخدوش بودن کابل و لقی اتصالات کابلی	برقراری قوس کوچک بین کابل و یا اتصال کابل به قطعات فلزی که به زمین وصل باشند موجب آتش سوزی می شود.
۳- کابل جوشکاری ضعیف با ظرفیت کم	گرم شدن کابل و بوجود آمدن یک مقاومت بین اتصالات و گرم شدن و صدمه زدن به اتصالات خواهد شد در نتیجه احتمال آتش سوزی و آسیب رسیدن به تجهیزات و سوختن دستگاه خواهد شد.
۴- نامناسب بودن اتصالات برقی	گرم شدن اضافی، سوختگی و آتش سوزی
۵- نامناسب بودن مسیر جریان برگشت یا کابل اتصال	هدر رفتن جریان، افت ولتاژ جریان جوشکاری، گرم شدن اضافی در اتصالات لق و آتش سوزی

## ۲-۱-۲ تشعشع پرتوها

قوس الکتریک دارای سه نوع اشعه است:

۱- اشعه قابل رؤیت (روشنایی) (VL) Visible Light

۲- اشعه ماوراء بنفش (UV) Ultra Light

۳- اشعه مادون قرمز (IR) Infrared Light

نور مرئی قوس الکتریک بسیار شدید بوده و برای چشم مضر و برای دید مناسب نیست و مانند نور شدید خورشید در روزهای برفی باید از عینک دودی استفاده کرد تا درصد کمتری از آن به چشم برسد. اشعه ماوراء بنفش غیر قابل رؤیت بوده چون دارای طول موج کمتر از  $4000 \text{ \AA}$  است. برای چشم و پوست و مو و مخاط تنفسی خطر دارد. عدسی چشم انسان در معرض اشعه ماوراء بنفش باعث برق زدن می شود که دردناک بوده و باعث جاری شدن اشک چشم و عدم تحمل نور می گردد. اشعه مادون قرمز هم دارای طول موج بیشتر از  $7000 \text{ \AA}$  می باشد موجب آسیب رسیدن به پوست (مثل سوختگی صورت و گردن در کنار دریا) شده و خطر آب مروارید در چشم را به دنبال دارد

و علاوه بر جوشکاران بی توجه افرادی هم که در مجاورت عملیات جوشکاری کار می‌کنند دچار مشکلات برق زدگی در چشم می‌شوند. لذا باید به افرادی که در محدوده قوس جوشکاری کار می‌کنند آگاهی داده شود تا با چشم غیر مسلح به قوس الکتریکی نگاه نکنند. انعکاس قوس از سطوح صیقلی و براق هم مخاطره‌آمیز است جوشکاران باید از ماسک جوشکاری که دارای شیشه تار مناسب است استفاده کنند و اطراف کار جوشکاری هم باید توسط پرده‌های برزنتی نسوز حفاظدار شود. در جدول (۲-۳) شماره شیشه‌های ماسک و عینک برای جوشکاری‌های مختلف معین گردیده است.

جدول ۲-۳ شماره شیشه‌های ماسک در شرایط مختلف جوشکاری

شماره شیشه	موارد استفاده	درصد اشعه‌های عبوری از شیشه		
		نور غیر مضر	مادون قرمز	ماوراء بنفش
شماره ۲	انعکاس نور شدید و گرمکاری قطعات	۲۸٪	۰/۸۷٪	۱/۰۷۵٪
شماره ۳	لحیم نرم با شعله	۱۶٪	۰/۴۳٪	۱/۰۳۵٪
شماره ۴	لحیم سخت با شعله استیلین	۶/۵٪	هیچ	۱/۰۹۷٪
شماره ۵	جوشکاری و برشکاری سبک استیلین	۲٪	هیچ	۰/۰۴۶٪
شماره ۶	استاندارد جوشکاری اکسی استیلین	۰/۸٪	هیچ	هیچ
شماره ۸	جوشکاری سنگین گاز، برشکاری و جوشکاری برق تا ۷۵ آمپر	۰/۲۵٪	هیچ	هیچ
شماره ۱۰	جوشکاری و برشکاری برق بین ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر	۰/۰۱۴٪	هیچ	هیچ
شماره ۱۲	جوشکاری و برشکاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	۰/۰۰۲٪	هیچ	هیچ
شماره ۱۴	جوشکاری و برشکاری با الکتروود کربنی	۰/۰۰۰۳٪	هیچ	هیچ

### ۲-۱-۳ تولید دود و گاز

دمای زیاد قوس «که از سوختن پوشش فلزات و پوشش الکتروود و کثیفی سطح قطعه کار» یا درجه حرارت زیاد قوس باعث سوختن روپوش الکتروود شده که موجب دود، گازهای مختلف، گرد و غبار و... می‌شود که موجب تولید دود، گازهای مختلف و گرد و غبار و بخارات فلزی در قوس و اطراف آن می‌شود.

این ذرات معلق و گازها برای مجاری تنفسی جوشکاران زیان‌بخش بوده که به ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد البته حداکثر غلظت مجاز که جوشکار می‌تواند در معرض آن



قرار گیرد توسط سازمان‌های ذی ربط تعیین و اعلام می‌شود عمده گازهایی که تولید می‌شوند عبارتند از:



• **منواکسید کربن ( $\text{CO}$ )** = که از سوختن ناقص کربن و تجزیه ترکیب کربنی شکل می‌گیرد گازی است بی رنگ و بی بو، که از هوا سبک تر است و حداکثر میزان مجاز آن ۵۵-۵۰ میلی گرم در یک متر مکعب هوا است. در جوشکاری با الکتروود روپوش دار و از تجزیه گاز در جوشکاری با گاز محافظ  $\text{CO}_2$  و همچنین موقع جوشکاری قطعات رنگ شده به وجود می‌آید.

تنفس این گاز موجب سرگیجه، تهوع و استفراغ شده و تاری دید را موجب می‌شود.

• **گاز کربنیک ( $\text{CO}_2$ )**: در جوشکاری SMAW و GMAW روی فولادها با الکتروودهای روپوش دار از سوختن سلولز، گرافیت و از تجزیه کربنات کلسیم موجود در روپوش مقدار زیادی گاز  $\text{CO}_2$  به عنوان گاز محافظ به وجود می‌آید در جوشکاری با گاز  $\text{CO}_2$  ناحیه قوس و اطراف آن را پوشش می‌دهد و باعث می‌شود که فضای تنفسی جوشکار را اشغال نموده موجب کاهش شدید اکسیژن شود تراکم بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم در متر مکعب باعث مسمومیت می‌شود.

• **گازهای  $\text{N}_2\text{O}$  و  $\text{N}_2\text{O}_2$  و  $\text{NO}$**  = از ترکیب اکسیژن با ازت هوا که در گرمای قوس به وجود می‌آید به ویژه زمانی که با برشکاری پلاسمای هوا کار می‌کنیم به مقدار زیاد تولید می‌شود و حداکثر مجاز این گازها ۹ میلی گرم در متر مکعب است و عملیات جوشکاری و برشکاری در فضاهای محدود بدون تهویه مناسب مخاطره آمیز است.

• **گاز اوزن  $\text{O}_3$**  = گازی فعال است و باعث صدمه زدن به مجاری تنفسی می‌شود و اکسیژن هوا در مجاورت اشعه ماورای بنفش تبدیل به اوزون می‌شود.  $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$  ناگفته نماند که از برخورد گاز اوزن به جسم جامد واکنش فوق برگشت پذیر خواهد بود و خطر رفع می‌شود.

## • بخارات فلزی

دمای قوس از دمای غلیان و جوشیدن فلزات بالاتر است لذا در مرکز قوس، فلزات تبخیر شده و بخارات فلزی تولید می‌شود مغز فلزی الکتروودها می‌توانند بخارات منگنز، مولیبدن، کروم، نیکل، آلومینیوم، مس، قلع و غیره تولید کنند.

استنشاق بخارات تازه تولید شده در قوس ممکن است منجر به عارضه‌ای به نام تب بخارات فلزی شود بخارات فلز روی که موقع جوشکاری لوله‌ها و ورق‌های گالوانیزه تولید می‌شود یکی از شایع‌ترین موارد ابتلا به تب بخارات فلزی است. نوشیدن شیر و آب‌میوه پس از عملیات جوشکاری برای رفع مشکلات تنفسی توصیه شده است.

## ● کنترل و کاهش میزان آلودگی‌های گازی

سه روش برای این منظور به کار گرفته می‌شود:

اول تهویه عمومی کارگاه با تهویه مناسب، تا همه کسانی را که در کارگاه جوشکاری کار می‌کنند از آن بهره‌مند شوند. (شکل ۲-۱)

دوم می‌توان به وسیله قرار دادن یک لوله از محل تشکیل (قوس الکتریکی) دود و گازها را انتقال داد. (تهویه موضعی)

سوم می‌توان هوای داخل ماسک جوشکاری را جا به جا نمود یعنی هوای تازه از طریق لوله‌ها که به ماسک وصل است جهت تنفس جوشکار به ماسک هدایت کرد. (شکل ۲-۲)

## ۴-۱-۲ پاشش جرقه از مذاب

جرقه‌هایی که از قوس پرتاب می‌شوند و همچنین جرقه‌های ناشی از سنگ سنباده دستی که زمان سنگ‌زنی تولید می‌شود می‌تواند موجب سوختگی بدن جوشکار و آسیب رسیدن به چشم افراد شده و یا آتش‌سوزی را موجب شود لذا رعایت نکات ایمنی زیر ضروری است:

(۱) از لباس کار نخی با جیب‌های در بسته و شلوار کار با دمپای مناسب و پابند چرمی نسوز استفاده می‌شود.

(۲) از پوشیدن لباس کار چرب و کار در فضای آغشته به چربی و روغن و سایر مواد اشتعال‌زا خودداری کنید.

(۳) جوشکاری و برشکاری و سنگ‌زنی در جوار مخازن و انبار مواد سوختنی و محیط‌هایی که امکان نشت گاز سوختنی وجود دارد باید تحت نظارت مسئول بهداشت و ایمنی کارگاه انجام شود.

(۴) از پرتاب ته‌الکتروود به اطراف خودداری کنید و آنها را در ظرف مخصوص بریزید.



شکل ۲-۱



شکل ۲-۲



(۵) موقع پاک کردن شلاکه (گل جوش) از روی جوش (خط جوش) از عینک محافظ شیشه سفید استفاده کنید.

(۶) موقع جوشکاری غیر از حالت سطحی از کلاه و شانه بند نسوز یا سربند چرمی نسوز مناسب استفاده کنید. شکل (۲-۳)

شکل ۲-۳



الف) حتی با رعایت مقررات و دستورات ایمنی باز هم جوشکاری حرفه مخاطره آمیزی است.

۲- کدام گزینه خطرناکتر است؟

الف) کابل اتصال و کابل انبر جوشکاری اگر زخمی شده باشد.  
ب) کابل های ورودی اگر عایق کافی نداشته باشند.  
ج) دستگاه جوشکاری خاموش باشد و کلید اصلی برق قطع باشد.  
د) جوشکاری در کابین جوشکاری انجام شود.

۳- کدام اشعه موجب تولید گاز اوزن می شود؟

الف) نور شدید  
ب) مادون قرمز  
ج) ماوراء بنفش  
د) گزینه ب و ج

۴- بخارات کدام فلزات موجب تب بخارات فلزی می شود؟

الف) منگنز  
ب) مولیبدن  
ج) روی  
د) آلومینیوم

۵- تنفس کدام گاز موجب سرگیجه، تهوع و تاری دیده می‌شود؟

الف)  $\text{CO}_2$       ب)  $\text{N}_2$   
ج)  $\text{CO}$       د)  $\text{O}_2$

۶- جوشکاری در کدام محل باید تحت نظارت مسئول ایمنی باشد؟

(الف) محیط‌های سرباز و هوای آزاد  
(ب) مکان‌هایی که تعدادی مشغول به کار هستند.  
(ج) حوالی خطوط لوله گاز و مواد قابل اشتعال.  
(د) ارتفاع و روی داربست.

۷- آیا گاز اوزون یک گاز پدیدار است؟

الف) بلی

(ب) خیر

۸- در کدام گزینه گازهای اکسید ازت فراوان تولید می‌شود؟

الف) برشکاری اکسی استیلن

(ب) جوشکاری SMAW

(ج) برشکاری پلاسما

(د) برشکاری لیزری

# فصل سوم

## تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری SMAW

### هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری را نام ببرد.
۲. دستگاه‌های مختلف تأمین قدرت در جوشکاری را تشریح کند.
۳. نحوه تغییر آمپر در رکتی فایرها را معرفی کند.
۴. سیکل کاری دستگاه‌ها را به طور کامل شرح دهد.
۵. علت استفاده از وضعیت دهنده‌ها را شرح دهد.
۶. نحوه تغییر آمپر در ترانسفورماتورها را توضیح دهد.

## — تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری SMAN

ترانسفورماتور، رکتی فایر و دینام جوشکاری برای تأمین قدرت در جوشکاری قوسی مورد استفاده قرار می گیرند.

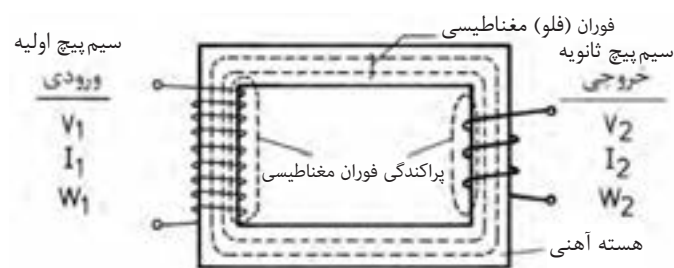
وظیفه این دستگاه ها تأمین جریان الکتریسته مناسب برای جوشکاری است که امکان تنظیم آمپر در آنها فراهم باشد.

### ۳-۱ ترانسفورماتورهای جوشکاری

مبدل جریان هستند یعنی ولتاژ برق ورودی که ۲۲۰ و ۳۸۰ ولت است را به برق ولتاژ پایین برای جوشکاری تبدیل می کنند و به آنها ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ گویند و دارای قسمت های زیر می باشد. شکل (۳-۱)

**هسته آهنی:** که از ورقه های نازک فولادی که درصد سیلیسم آنها بیشتر از فولادهای معمولی است استفاده شده است تا خاصیت آهن ربایی را در خود ذخیره نکند. همچنین به دلیل لایه های نازک عایق که بین ورقه ها وجود دارد از گرم شدن بیش از حد آنها جلوگیری می کند.

**سیم پیچ ها:** یکی سیم پیچ اولیه که از سیم عایق دار نازک با تعداد حلقه های زیاد روی هسته پیچیده شده است مطابق شکل (۳-۲) به برق ورودی وصل می شود و حوزه مغناطیس متغیر (یا میدان مغناطیسی) در هسته ایجاد می کند.



شکل ۳-۲

و دیگر سیم پیچ ثانویه است که دارای تعداد حلقه های کمتر و با قطر بیشتر بوده و میدان مغناطیسی از وسط آن عبور می کند، میدان مغناطیسی باعث می شود الکترون های آزاد سیم تحریک شده و جریان الکتریکی در سیم پیچ ثانویه به وجود آید که جریان القایی نام دارد که ولتاژ کمتری از ولتاژ اولیه دارد (ترانسفورماتور کاهنده) ولتاژ ثانویه



شکل ۳-۱

با نسبت تعداد دورهای سیم پیچ اولیه به تعداد دور سیم پیچ ثانویه (ضریب تبدیل) بستگی دارد و روابط زیر برقرار است:

$$N_1 = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$N_2 = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

که در آن  $I_1$  و  $V_1$  شدت جریان و ولتاژ ورودی دستگاه و  $I_2$  و  $V_2$  شدت جریان و ولتاژ خروجی جوشکاری است.

کلید اصلی قطع و وصل دستگاه سر راه جریان ورودی قرار دارد به علاوه دارای یک فن برای خنک شدن هسته سیم پیچ ها در آن تعبیه شده است.

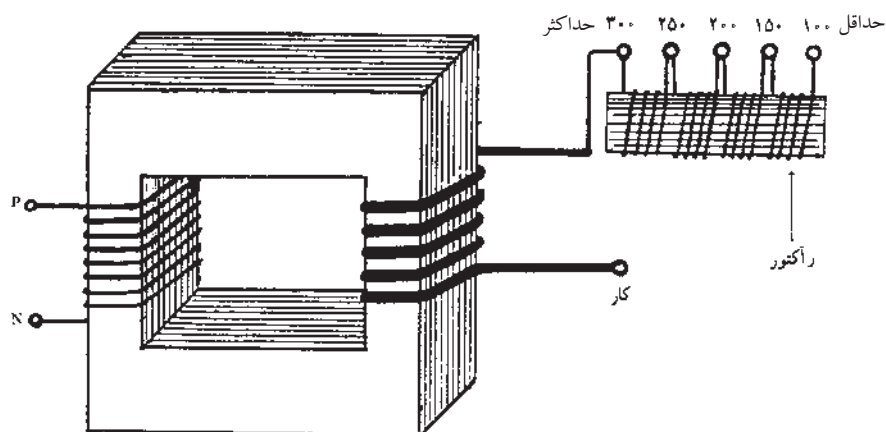
### ۱-۱-۳ تغییر آمپر در ترانسفورماتور جوشکاری

برای جوشکاری فلزات مختلف و اتصالات گوناگون با ضخامت های متفاوت، ضرورت دارد که الکترودهای روپوش دار با جنس مغز فلزی و جنس روپوش و همچنین قطره های متفاوت به راحتی قابل استفاده باشد، لذا باید آمپر جوشکاری قابل تنظیم باشد، پس لازم است روشی برای کم و زیاد کردن آمپر در دستگاه های جوشکاری تدارک شده باشد. در ترانسفورماتورهای جوشکاری به چند طریق تغییر آمپر عملی می شود.

#### ● تغییر آمپر پله ای

در این روش مطابق شکل (۳-۳) یک سر سیم پیچ ثانویه از طریق یک راکتور عبور داده می شود، در این راکتور همانطور که در شکل ملاحظه می شود ترمینال های متعدد برای دریافت جریان جوشکاری وجود دارد و هر چه تعداد دورهای سیم پیچ راکتور بیشتر در مدار باشد تأثیر متقابل هسته بر عبور جریان بیشتر بوده و شدت جریان کاهش می یابد و بر عکس، مثلاً در ترمینال حداکثر چون جریان القایی (ثانویه) از سیم پیچ راکتور عبور نمی کند شدت جریان بیشتری در اختیار جوشکار قرار می دهد.





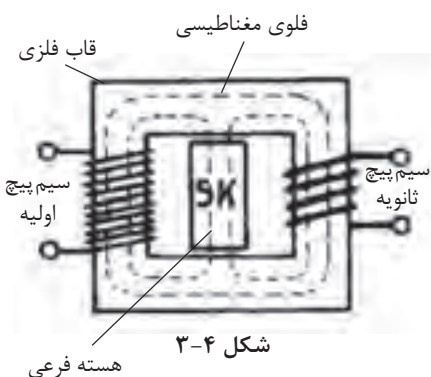
شکل ۳-۳

### ● تغییر آمپر پیوسته

در این روش از راه‌های مختلف تغییر در میزان میدان مغناطیسی که از وسط سیم‌پیچ ثانویه عبور می‌کند به وجود می‌آورند.

(الف) با قرار دادن هسته فرعی درون هسته اصلی، درصدی از خطوط حوزه مغناطیسی از هسته فرعی عبور می‌کند و از شدت میدان مغناطیسی در هسته اصلی کاسته می‌شود.

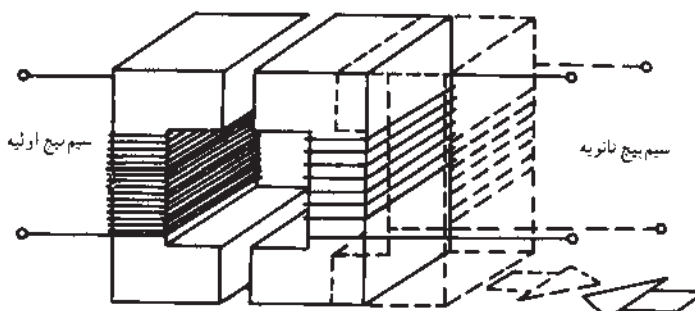
(شکل ۳-۴)



شکل ۳-۴

(ب) کم و زیاد کردن دسته سیم‌پیچ‌های مدار ثانویه. همراه با جا به جایی هسته فرعی.

(ج) ایجاد فاصله هوایی بین دو قسمت هسته به وسیله دور و نزدیک کردن یک قسمت هسته از قسمت دیگر آن (شکل ۳-۵). که با دور کردن دو قسمت هسته از هم، شدت جریان کاهش و برعکس با نزدیک کردن آنها به هم شدت جریان افزایش می‌یابد.



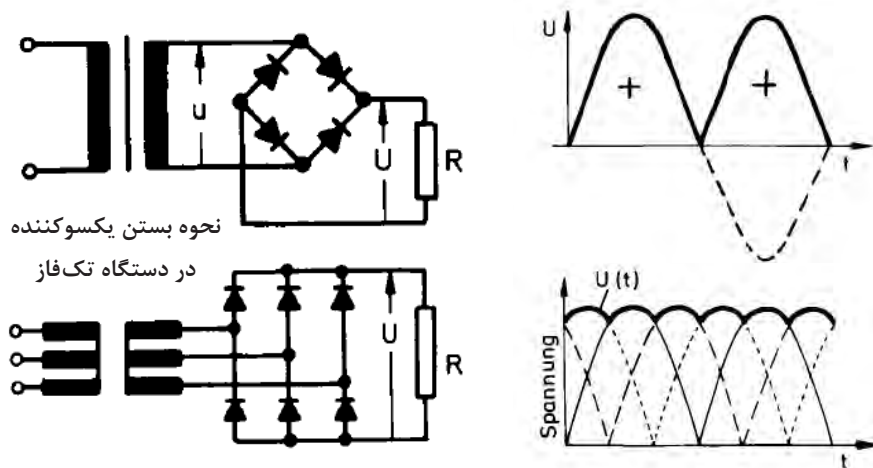
شکل ۳-۵

## ۲-۳ رکتی فایر جوشکاری

یک مبدل جریان است که جریان DC برای جوشکاری تأمین می‌کند و علاوه بر قسمت‌های مختلف یک ترانسفورماتور معمولی دارای یک قسمت یک‌سو ساز هم می‌باشد. (شکل ۶-۳)

یکسو کننده را می‌توان به شیر یک طرفه در جوشکاری با شعله گاز تشبیه کرد. جریان فقط در یک جهت می‌تواند از یکسو کننده عبور کند اگر جریان ورودی تک‌فاز AC باشد خروجی یکسو کننده جریان مستقیم بسیار موجی شکل خواهد بود اما اگر جریان ورودی سه‌فاز به یکسو کننده وارد شود چون هر فاز با فاز دیگر ۱۲۰ درجه اختلاف دارند جریان خروجی بسیار هموارتر خواهد بود.

یکسو کننده‌ها چند نوع هستند سیلیکونی و سیلینیومی و لامپی که اجازه می‌دهند الکترون‌ها از یک جهت عبور کنند ولی برگشت از این مسیر امکان‌پذیر نیست. (شکل ۷-۳)



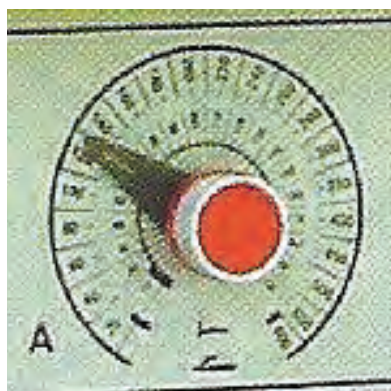
شکل ۷-۳- نحوه بستن یکسوکننده در دستگاه‌های سه‌فاز (~)



شکل ۶-۳

## ۱-۲-۳ تغییر آمپر در رکتی فایرها

در رکتی فایرهای امروزی به جای یکسو کننده معمولی از تریستور استفاده می‌شود، تریستور یک وسیله حالت جامد است که فقط اجازه عبور جریان در یک جهت را می‌دهد یعنی مانند یکسو کننده معمولی عمل می‌کند به علاوه می‌توان شدت جریان برق را با استفاده از سیگنال کنترل شونده از راه دور تغییر داد.



شکل ۳-۸

نقطه ضعف اساسی ترისტور وجود موج‌های چشمگیر در جریان خروجی است این عیب توسط یک سلف در مدار کاهش می‌یابد پس تغییر آمپر در رکتی‌فایرها به وسیله یک کلید گردشی است که در شکل (۳-۸) مشاهده می‌کنیم.

در دستگاه‌های جوشکاری که در سیستم‌های جوشکاری اتومات یا رباط کار می‌کند از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود و مقدار عبور جریان به عنوان عکس العمل با یک سیگنال تنظیم می‌شود و دیگر موج‌های مزاحم در جریان خروجی کاهش می‌یابد در این دستگاه‌ها برای بالا بردن ظرفیت خروجی جریان تعداد زیادی مثلاً ۱۰۰ تا ۱۵۰ عدد ترانزیستور به صورت موازی به هم بسته می‌شود.

ناگفته نماند دستگاه‌های امروزی با استفاده از افزایش فرکانس جریان (از ۵۰ بر ۲۵۰۰۰ هرتز) با فرکانس بالا ساخته شده‌اند که سبک وزن و کوچک هستند و به آنها اینورتر گویند.



علامت اختصاری اینورتر

### ۳-۳ ژنراتورها - مولدهای جریان جوشکاری

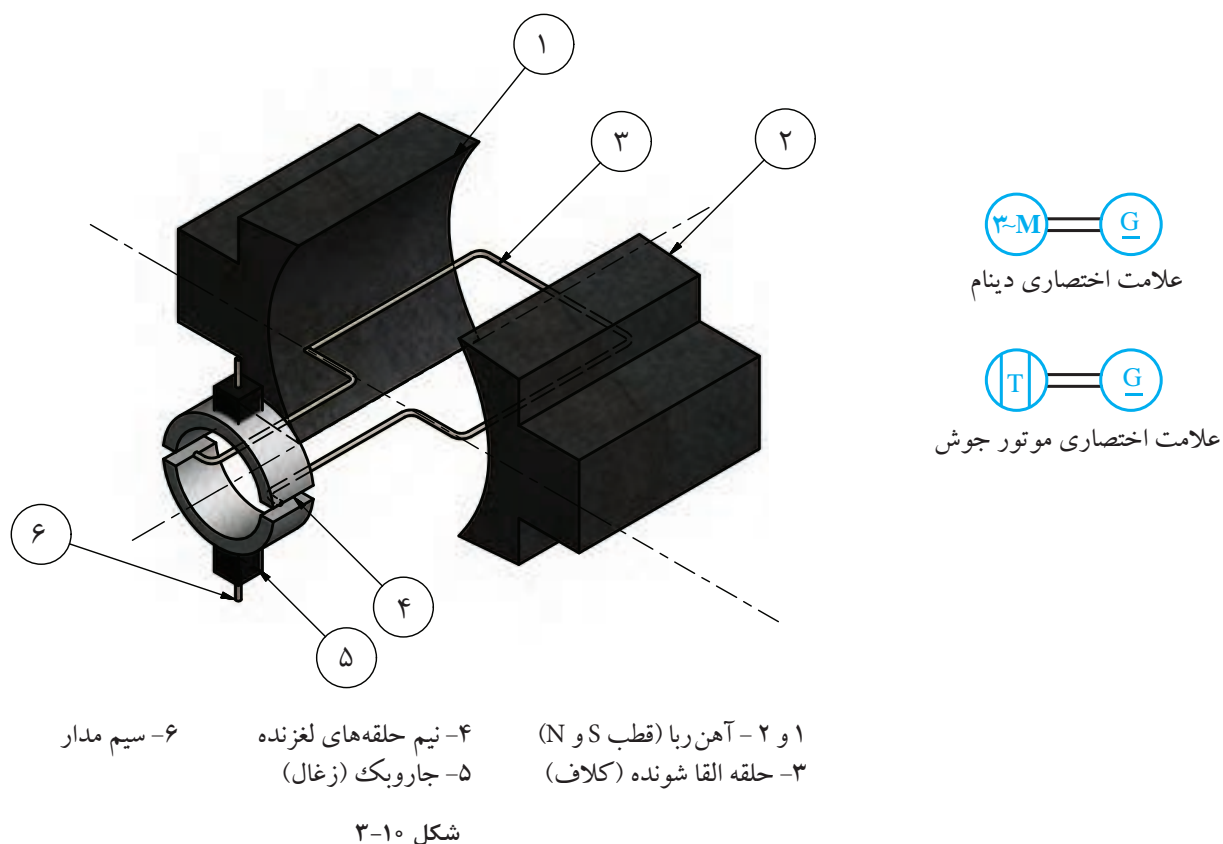
همانطور که می‌دانیم اگر یک حلقه سیم خطوط مغناطیسی موجود بین دو قطب آهن‌ربا را قطع کند در آن حلقه جریان الکتریکی برقرار می‌شود. شکل (۳-۹) یک دینام جوشکاری را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۹

اگر دو سر سیم مذکور به کلکتور (جمع کننده) وصل شود از طریق جاروبک یا ذغال می توان جریان الکتریکی را دریافت کرد.

حال چنانچه هر سر سیم به یک حلقه کلکتور مجزا وصل شود جریان متناوب به وجود می آید و بر عکس در صورت استفاده از کلکتورهای دو تکه جریان ایجاد شده جریان مستقیم می شود. (شکل ۱۰-۳)



در صورت افزایش تعداد حلقه های کلایف و استفاده از ۴ آهن ربا و کلکتورهای چند پارچه می توان جریان مستقیم هموارتری را داشته باشیم.

چنانچه حرکت دورانی، توسط یک الکتروموتور که با برق شهر کار می کند تأمین شود، دستگاه را دینام جوش کارگاهی گویند و اگر حرکت دورانی توسط یک موتور احتراقی بنزین یا گازوئیل سوز تدارک شود، دستگاه را دینام جوش سیار گویند. دستگاه های دینام جوش امروزی، جریان بسیار هموار و پایدار دارند و هیچ گونه نوسان در جریان قوس نداریم در نتیجه پایداری قوس الکتریکی کاملاً رضایت بخش است.

### ۳-۳-۱ تغییر آمپر در دینام‌های جوشکاری



شکل ۳-۱۱

در دستگاه‌های تولید جریان برق جوشکاری (دینام جوشکاری) با تغییر در جریان تحریک بالشتک‌های ایجاد حوزه مغناطیسی، (ایجاد کننده خطوط قوا یا فلوی مغناطیسی) شدت جریان را افزایش یا کاهش می‌دهند که در شکل (۳-۱۱) نحوه تغییر آمپر نشان داده شده است.

در این دستگاه‌ها برای تغییر قطب کلیدی روی دینام جوش تعبیه شده که الکتروود را منفی یا الکتروود را مثبت می‌کند و به آن کلید تعیین قطب می‌گویند. (شکل ۳-۱۲)

دینام‌های جوشکاری کارگاهی با کلید ستاره، مثلث راه‌اندازی می‌شوند. با ستاره شروع به کار می‌کند وقتی که دور دینام به ۷۵٪ رسید آنگاه کلید در حالت مثلث قرار می‌گیرد. هیچ‌گاه نباید در حالت ستاره عمل جوشکاری انجام شود.



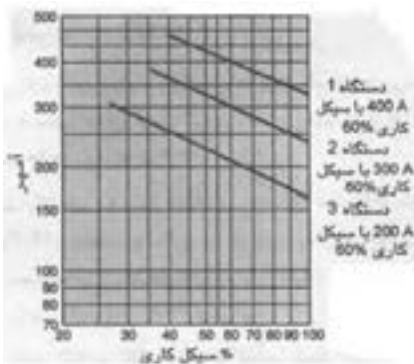
شکل ۳-۱۲

### ۳-۴ سیکل کاری (Duty Cycle)

در دستگاه‌های تأمین قدرت (ترانسفورماتورها، رکتی‌فایرها و دینام‌های جوشکاری) موقع کار داخل دستگاه گرما ایجاد می‌شود و علاوه بر این که توسط فن‌های خود دستگاه خنک می‌شوند، باز هم زمان استراحت برای خنک شدن سیم‌پیچ‌های داخل دستگاه لازم است و زمان‌های تعویض الکتروود و تغییر قطب و تغییر قطعات فرصت استراحت دستگاه محسوب می‌شود.

سیکل کاری درصد زمانی است که یک دستگاه جوشکاری به طور پیوسته کار می‌کند و بر اساس زمان ۱۰ دقیقه‌ای محاسبه می‌شود یعنی سیکل کاری ۶۰ درصد به این معنی است که در هر ۱۰ دقیقه دستگاه در کل می‌تواند ۶ دقیقه با تمام ظرفیت کار کند و به مدت ۴ دقیقه از هر ۱۰ دقیقه کار خنک شود.

در جداول روی دستگاه سیکل کاری بر اساس میزان آمپر دریافتی درج شده است. (شکل ۳-۱۳)



شکل ۳-۱۳

ناگفته نماند که یکی از پارامترهای مؤثر در قیمت دستگاه‌های جوشکاری خروجی اسمی و سیکل کاری آنها است.

بعضی از دستگاه‌ها به طور اتومات موقع گرم شدن از مدار سرویس‌دهی خارج شده و پس از سرد شدن آماده به کار می‌شوند به طور اصولی دستگاه‌های جوشکاری باید



مطابق سیکل کاری مورد بهره‌برداری قرار گیرند تا به عایق‌های منبع قدرت آسیب نرسد.

### ۳-۵ کابل‌های جوشکاری

کابل‌های جوشکاری مدار جریان الکتریکی بین انبر الکتروود گیر و اتصال به قطعه کار را تشکیل می‌دهند به علت بالا بودن شدت جریان جوشکاری سطح مقطع کابل باید در حدی باشد تا بتواند به راحتی شدت جریان‌های زیاد را از خود عبور دهد انتخاب سیم مسی و یا آلومینیومی در کابل‌ها به دلیل هدایت الکتریکی خوب این دو فلز است. کابل‌ها باید انعطاف‌پذیر بوده و وقتی به انبر جوشکاری وصل می‌شوند مانع حرکت‌های دست نشوند تا کار کردن با انبر راحت‌تر باشد به همین منظور کابل‌ها را از سیم‌های رشته‌ای افشان انتخاب کرده و روی آن یک لایه کاغذ کتان و سپس پلاستیک نرم می‌پوشانند و چند دسته از این گروه را با هم در پوشش مناسب و ضد سایش قرار می‌گیرد تا آمپر زیادی از آن عبور کند و گرم نشود. شکل (۳-۱۴)

قطر کابل‌ها با توجه به میزان آمپر و طول مسیر عبور جریان انتخاب می‌شود جدول (۳-۱) را ملاحظه کنید.



شکل ۳-۱۴

جدول ۳-۱ نمره سیم‌های جوشکاری آلومینیومی و مسی

		۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰
ft	m									
۵۰	۱۵	۲	۲	۲	۲	۱	۱/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰
۷۵	۲۳	۲	۲	۱	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۳/۰	۴/۰
۱۰۰	۳۰	۲	۱	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۴/۰		
۱۲۵	۳۸	۲	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰				
۱۵۰	۴۶	۱	۲/۰	۳/۰	۴/۰					
۱۷۵	۵۳	۱/۰	۳/۰	۴/۰						
۲۰۰	۶۱	۱/۰	۳/۰	۴/۰						
۲۵۰	۷۶	۲/۰	۴/۰							
۳۰۰	۹۱	۳/۰								
۳۵۰	۱۰۷	۳/۰								
۴۰۰	۱۲۲	۴/۰								

		۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰
ft	m									
۵۰	۱۵	۲	۲	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰		
۷۵	۲۳	۲	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰				
۱۰۰	۳۰	۱/۰	۲/۰	۴/۰						
۱۲۵	۳۸	۲/۰	۳/۰							
۱۵۰	۴۶	۲/۰	۳/۰							
۱۷۵	۵۳	۳/۰								
۲۰۰	۶۱	۴/۰								
۲۲۵	۶۹	۴/۰								

### ۳-۶ انبر جوشکاری یا الکتروود گیر

قسمت خارجی انبر جوشکاری از جنس عایق و مقاوم به گرما ساخته می شود قسمت فلزی انبر را از آلیاژ مس با درصد بالای مس می سازند تا هادی خوبی برای جریان برق بوده و گرم نشود. (شکل ۳-۱۵)



شکل ۳-۱۵

الکتروود بین فک های انبر توسط فنری که در انبر تعبیه شده در شیار مخصوص جای الکتروود محکم گرفته می شود. (شکل ۳-۱۶)

انبرهای جوشکاری با ظرفیت های مختلف مثلاً ۲۰۰ آمپر، ۳۰۰ آمپر و ۵۰۰ آمپر تولید

می شوند.

### ۳-۷ ماسک جوشکاری

برای نگاه کردن به قوس هنگام جوشکاری استفاده از فیلتر شیشه ای که شدت اشعه های مرئی را کاهش داده و از عبور اشعه های ماوراء بنفش و مادون قرمز جلوگیری کند ضروری است از طرف دیگر پوست و موی سر و صورت و گردن جوشکار باید از اشعه ها در امان باشد لذا استفاده از ماسک جوشکاری برای محافظت ضروری است.



شکل ۳-۱۶

ماسک های جوشکاری دارای دریچه ای است که شیشه تیره در آن قرار دارد و یک شیشه شفاف روی شیشه تیره قرار می گیرد و بقیه قسمت های ماسک را از مواد نسوز و سبک در دو نوع دستی و کلاه می سازند نوع دستی برای کارهای ساده و خال جوش زدن استفاده می شود و ماسک کلاه می در جوشکاری های غیر سطحی و یا درزهای جوشکاری طویل و زمانی که هر دو دست جوشکار باید به منظور ایمنی بیشتر و برای

تسلط بیشتر بر روی کار آزاد باشد استفاده می‌شود. (شکل ۳-۱۷)



شکل ۳-۱۷

علاوه بر ماسک وسایل دیگری به عنوان وسائل ایمنی فردی مورد استفاده واقع می‌شوند که عبارتند از: دست‌کش، پیش‌بند، ساق‌بند، آستین، سربند نسوز و بالشتک که در شکل (۳-۱۸) مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۱۸

### ۳-۸ میز کار جوشکاری

همان‌طور که در شکل (۳-۱۹) مشاهده می‌شود میز کار و کابین جوشکاری برای انجام





شکل ۳-۱۹

جوشکاری‌های تعمیراتی و قطعات کوچک و مکان‌های آموزشی به کار گرفته می‌شود و دارای سطوح مشبک بوده و از زیر یا کنار توسط مکنده‌های مخصوص دودهای حاصل از جوشکاری به خارج هدایت می‌شود این روش تهویه به طور عموم پس از عبور از فیلتر و جذب دود و گازهای مختلف هوای تصفیه شده را دوباره به فضای آزاد بر می‌گرداند. برای کار در محیط‌های عمومی کارگاه از پاراون (دیوارهای جداکننده) متحرک برای محصور کردن فضای جوشکاری استفاده می‌شود.

### ۳-۹ وضعیت دهنده‌ها (Positioner)



شکل ۳-۲۰

بهترین حالت جوشکاری اجرای عملیات جوشکاری سطحی است در این وضعیت مذاب با کمک نیروی جاذبه زمین راحت به کار منتقل می‌شود و انجام جوشکاری ساده بوده و با اشکال کمتر اجرا می‌شود و از طرف دیگر الکترودهای متنوعی می‌توان به کار برد و به طور عموم سعی بر این است که جوشکاری در این وضعیت انجام شود. به همین دلیل برای جوشکاری تمام قسمت‌های یک مصنوع از وسیله‌ای استفاده می‌شود به نام وضعیت دهنده که با توجه به نوع مصنوع دارای شکل‌های متفاوت است. (شکل ۲۰-۳) کار روی این وضعیت دهنده قرار می‌گیرد و با بست‌های ساده محکم شده و تحت هر زاویه‌ای به گردش در می‌آید تا اجرای جوشکاری زیر دست و با دقت و راحتی کافی انجام پذیرد. وضعیت دهنده‌های خیلی بزرگ هم وجود دارد که حتی یک واگن راه آهن روی دو محور آن بسته شده و با چرخش واگن همه جهات را در حالت زیر دستی یا سطحی جوشکاری می‌کنند. (شکل ۲۱-۳)



شکل ۳-۲۱



## سؤالات پایانی فصل سوم

۱- جنس هسته ترانسفورماتور جوش در کدام گزینه معرفی شده است؟

(الف) ورقه‌های فولادی که درصد سیلیس کمی دارد.

(ب) ورقه‌های نازک فولادی با درصد سیلیس بیشتر از فولاد.

(ج) بین ورق‌ها که از جنس آلومینیوم است عایق حرارت وجود دارد.

(د) هسته ترانسفورماتور باید به راحتی خاصیت آهن‌ربایی پیدا کند.

۲- قرار گرفتن هسته فرعی داخل هسته اصلی ترانسفورماتور برای ..... .

(الف) زیاد کردن حوزه مغناطیس هسته وسط سیم‌پیچ ثانویه است.

(ب) حذف کردن خاصیت آهن‌ربایی هسته.

(ج) کاهش شدت جریان در سیم‌پیچ اولیه.

(د) کاهش حوزه مغناطیس متغیر که وسط سیم‌پیچ ثانویه وجود دارد.

۳- یکسو کننده در رکتی‌فایر مانند ..... در جوشکاری گاز است.

(الف) شیلنگ‌ها (ب) سوپاپ اطمینان

(ج) شیر یک طرفه گاز (د) شیر فلکه کپسول‌ها

۴- دستگاه‌های اینورتر جوشکاری چه حسن ویژه‌ای دارند؟

(الف) دو کاره و ساده (ب) AC/DC

(ج) سبک و کم مصرف (د) زیبا و قابل حمل و نقل

۵- قطع خطوط مغناطیس در دینام‌های جوشکاری موجب ..... می‌شود.

(الف) خاموش شدن دستگاه (ب) به وجود آمدن جریان الکتریکی

(ج) کم شدن آمپر (د) زیاد شدن آمپر

۶- کدام یک از دستگاه‌های جوشکاری قوس پایدارتری دارند؟

(الف) ترانسفورماتور تک‌فاز (ب) رکتی‌فایر

(ج) دینام جوش (د) ترانسفورماتور دو فاز

۷- چرا از وضعیت‌دهنده استفاده می‌کنیم؟

(الف) تمام جوشکاری‌ها با دست انجام شود.



ب) انجام جوشکاری در حالت سطحی عملی شود.

ج) کار در یک مکان جوشکاری شود.

د) تمام جوشکاری‌های زیر نظر بازرس انجام گیرد.

۸- کار کردن با ماسک کلاهی موجب چه مزیتی می‌شود؟

الف) ایمنی بیشتر      ب) آزاد بودن یک دست جوشکار

ج) راحتی کار      د) دوام بیشتر ماسک‌های کلاهی

۹- تغییر آمپر در دستگاه‌های رکتی فایر جوشکاری با ..... عملی می‌شود.

الف) گردش دسته      ب) جا به جا کردن ترمینال انبر

ج) جا به جا کردن هسته      د) تریستور

