بسمه تعالی

تکنولوژی جوشکاری قوس الکتریکی

فصل دوم

جوشکاری

مقدمه:

اگر با کمی تأمل به اطراف خود بنگریم خواهیم دید که اغلب وسائل پیرامون زندگی و محل کارمان به گونه‌ای به هم متصل شده‌اند، برخی به وسیله میخ، پرچ، پین، خار و... تحت عنوان اتصالات مکانیکی، بعضی توسط انواع چسب‌های معدنی و آلی با عنوان اتصالات شیمیایی و برخی دیگر نیز بوسیله انواع فرآیندهای جوشکاری، لحیم‌کاری و... تحت عنوان اتصالات متالوژیکی.

لیکن چون در این‌جا بحث ما راجع به اتصال فلزات است، بیشتر به روش‌های اتصال آن‌ها می‌پردازیم که بطور کلی به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند:

۱- اتصالات موقت (مانند اتصال توسط پیچ و مهره، پین، خار و...)

۲- اتصالات نیمه دائم (مانند اتصال پرچ، لحیم‌کاری نرم و...)

۳- اتصالات دائم (مانند اتصال انواع فرآیندهای جوشکاری و لحیم‌کاری سخت)

چون بحث ما جوشکاری که از نوع اتصالات دائم می‌باشد به بررسی و تحلیل این نوع اتصال و نیز مسائل مرتبط با آن نظیر متالوژی، برشکاری، تست‌های جوش و... خواهیم پرداخت.

تاریخچه جوشکاری:

استفاده از این روش اتصال فلزات برمی‌گردد به زمانی که انسان‌های اولیه با زدن ضربات چکش بر روی قطعاتی که در کوره سرخ شده بود آن‌ها را به هم پیوند می‌دادند که این روش جوشکاری را «جوش آتشی» یا «جوشکاری پتکه‌ای» می‌گویند و امروزه علی‌رغم پیشرفت بسیار زیاد این تکنولوژی هنوز هم از این فرایند استفاده می‌شود و به آن جوشکاری آهنگری یا Forging می‌گویند.

روند تکامل جوشکاری تا قبل از سال ۱۸۰۰ میلادی به کندی صورت می‌گرفت و شروع جوشکاری به صورت یک فن‌آوری حرفه‌ای از اوایل قرن نوزدهم میلادی رقم خورد. در سال‌های ۱۸۸۵ - ۱۸۸۶ میلادی «برنادس روسی» جوشکاری قوس الکتریکی را اختراع کرد و چند سال بعد در سال ۱۸۹۰ میلادی شخصی به نام «اسلاویانوف» از میله فولادی جهت فلز پرکننده در جوشکاری استفاده نمود.

پس از آن بین سال‌های ۱۸۹۵ تا ۱۹۰۰ میلادی جوشکاری اکسی استیلن توسط اشخاصی همچون «لوشاتلیه» ابداع گردید و در همین سال‌ها بود که جوشکاری مقاومتی به صورت اصطکاکی هم شکل گرفت.

در اوایل قرن ۲۰ میلادی پیشرفت و تکامل این تکنولوژی بیش از پیش صورت گرفت و بالاخره در سال ۱۹۰۴ میلادی «اسکار کیلبرگ» بنیان‌گذار شرکت Esab الکترودهای پوشش‌دار را ابداع نمود.

سپس در سال ۱۹۳۰ میلادی روش استفاده از گاز محافظ و تکنیک جوش زیرپودری اختراع شد و در دهه ۴۰-۱۹۳۰ میلادی فرایندهای جوشکاری MIG/MAG در اروپا و آمریکا رواج یافت و حدود سال‌های ۱۹۶۰ بود که استفاده از تشعشع الکترونی و لیزری هم وارد تکنولوژی جوشکاری گردید و امروزه با گذشت زمان حدود ۲۰۰ سال از شروع روند تکاملی این تکنولوژی پیشرفت قابل ملاحظه‌ای صورت گرفته تا آن‌جا که نزدیک به ۱۰۰ نوع فرآیند مختلف جوشکاری، لحیم‌کاری و برش‌کاری ابداع گشته که جهت مقاصد گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکات ایمنی هنگام جوشکاری با قوس الکتریکی Safety in the Welding (SMAW)

همان‌گونه که قبلاً نیز ذکر شد مهم‌تر از هر کار و عملی رعایت ایمنی مربوط به آن می‌باشد، به همین دلیل قبل از این‌که جوشکاری را تعریف کنیم به نکات ایمنی مربوط به آن می‌پردازیم، باشد که با توجه به اهمیت این موضوع، دقت شایانی در این امر اعمال گردد.

۱- قبل از شروع به کار هرگونه مواد آتش‌زا و کبریت را از خودتان دور کنید.

۲- همیشه انگشتر خود را قبل از شروع به جوشکاری با قوس الکتریکی از دست بیرون آورید.

۳- برای برداشتن قطعات در کارگاه حتماً کنترل کنید داغ نباشند.

۴- هرگونه حادثه یا سانحه‌ای را چه بزرگ و چه کوچک می‌بایستی گزارش نمائید.

۵- هنگام کمک به جوشکار باید حتماً از عینک ایمنی استفاده کرد.

۶- از پاهای خود در مقابل جرقه‌ها و مواد مذاب در هنگام جوشکاری و برشکاری محافظت کنید. از پاپوش‌هایی که تا قوزک پا را بگیرد استفاده کنید.

۷- در هنگام جوشکاری یا برشکاری از لباس‌های مناسب استفاده کنید.

۸- هیچ‌وقت از دستگاه‌هایی که از نظر ایمنی نحوه کار با آن‌ها را آموزش ندیده‌اید، استفاده نکنید.

۹- هرگز در محیط‌هایی که دارای مواد منفجره است برشکاری و جوشکاری نکنید.

۱۰- هیچ‌گاه ظروفی که محتوای مواد آتش‌زا بوده است قبل از این که بطور کامل تمیز شود برشکاری یا جوشکاری نکنید.

۱۱- هر گز مستقیماً روی سیمان، جوشکاری یا برشکاری نکنید.

۱۲- بدون استفاده از ماسک جوشکاری هرگز جوشکاری نکنید و یا به جوشکاری نگاه نکنید.

۱۳- همیشه مطمئن شوید که دستگاه‌های جوشکاری اتصال زمین شده باشد، مراقب برق گرفتگی ناگهانی باشید.

نکاتی که باید قبل از گرده‌سازی (جوشکاری) رعایت شود:

قبل از انجام هرگونه عملیات جوشکاری به منظور بهترین نتیجه از این عمل بایستی نکاتی را مورد توجه قرار داد که در صورت عدم رعایت این نکات عمل جوشکاری به خوبی انجام نخواهد گرفت و اگر هم جوشکاری صورت پذیرد، نتیجه مطلوب نخواهد بود.

در این‌جا به بررسی این عوامل که به شش گروه تقسیم شده‌اند، می‌پردازیم:

۱- انتخاب صحیح الکترود از نظر جنس و قطر: که بایستی متناسب با قطعه کار باشد (قطر حدود ۱/۳ قطعه کار و هم‌جنس آن)

۲- تنظیم آمپراژ یا شدت جریان دستگاه: شدت جریان را باید با قطر الکترود مورد استفاده تنظیم کرد یعنی به ازای هر میلی‌متر قطر الکترود ۳۰ تا ۴۰ آمپر در نظر گرفته شود.

۳- تنظیم فاصله الکترود با قطعه کار(طول قوس): طول قوس بایستی تقریباً به اندازه قطر مغزی الکترود مصرفی انتخاب شود.

۴- تنظیم زاویه الکترود نسبت به قطعه کار: زاویه الکترود نسبت به قطعه کار در حالت‌های مختلف جوشکاری متغیر است. در حالت تخت زاویه الکترود نسبت به طرفین ۹۰ درجه و نسبت به خط جوش ۶۵ تا ۷۰ درجه می‌باشد.

۵- سرعت صحیح پیشروی الکترود: سرعت جوشکاری هم در حالت‌های مختلف متغیر است و بیشتر جنبه تجربی دارد.

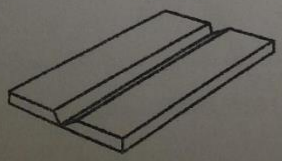
۶- نفوذ و اندازه مهره‌های جوش: نفوذ جوش و عرض ارتفاع گرده جوش باید متناسب با فلز مورد جوشکاری باشد.

وضعیت‌ها (حالات) جوشکاری Welding Positions

به طورکلی قطعات پلیت مورد جوشکاری در چهار وضعیت (حالت) مختلف قرار دارند که شامل حالت تخت (سطحی)، حالت عمودی، حالت افقی و حالت سقفی می‌باشد. از آنجا که جوشکاری قطعات در وضعیت تخت آسان‌تر از بقیه است، حتی‌الامکان بایستی سعی شود قطعات را در این وضعیت جوشکاری نمود ولیکن جوشکار خوب، شخصی است که بتواند در تمام وضعیت‌ها، کار خوب ارائه دهد.

وضعیت‌های مختلف جوشکاری عبارتند از:

صفحات افقی



۱- حالت تخت Flat: در این حالت قطعه کار به صورت افقی بوده و جهت حرکت الکترود از چپ به راست یا از بالا به پایین و برعکس انجام می‌گیرد.

شدت جریان (آمپراژ) (I)

تعداد الکترون‌های عبوری در یک ثانیه از یک سطح مقطع مدار را شدت جریان می‌گویند و یک آمپر برابر است با ۶۲۴×۱۰^{۱۶} الکترون عبوری در یک ثانیه از مدار. آمپراژ را با «I» نمایش داده و با آمپر «A» اندازه‌گیری می‌کنند.

مقاومت (R)

هر عاملی که در مقابل عبور شدت جریان از خود مخالفت نشان می‌دهد را مقاومت گویند و اثر مقاومت در جریان الکتریکی بصورت نور و گرما دیده می‌شود. مقاومت را با واحد «Ω» می‌سنجند. مقاومت در جوشکاری به میزان کم در کابل‌ها و انبرها و الکترود وجود دارد اما بیشترین مقاومت مربوط به فاصله بین الکترود و قطعه کار است. طول قوس کوتاه دارای مقاومت کم و طول قوس بلند دارای مقاومت بیشتری می‌باشد.

روابط بین ولتاژ، آمپراژ، مقاومت (قانون اهم):

حال که پارامترهای جریان الکتریسته را شناختیم به تجزیه و تحلیل روابط بین آن‌ها می‌پردازیم. همیشه شدت جریان با ولتاژ رابطه عکس و با مقاومت رابطه مستقیم دارد یعنی با افزایش شدت جریان ولتاژ کاهش یافته و مقاومت افزایش می‌یابد و بلعکس.

روابطی که بین این پارامترها برقرار است بدین صورت می‌باشند:

$V=I.R$

$I=V/R$

$R=V/I$

انواع جریان‌های الکتریکی:

بطور کلی جریان‌های الکتریکی به دو دسته به شرح تقسیم شده‌اند:

۱- جریان متناوب «A.C» Alternative Current

۲-جریان مستقیم «D.C» Direct Current

جریان متناوب AC

به جریانی گفته می‌شود که مسیر الکترون‌ها در مدار همیشه در حال تغییر است. یعنی الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت مخالف آن حرکت می‌کنند و این تغییر جهت دائماً تکرار می‌شود.

۱- ترانسفورماتورها Transformator

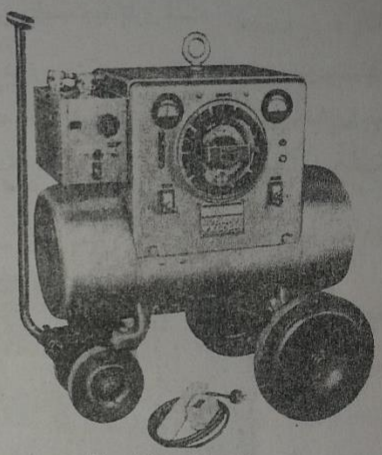
بطور کلی ترانسفورماتورها دو نوع مختلف دارند: ترانس‌های کاهنده و ترانس‌های افزاینده که دستگاه‌هایی که جهت جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند از نوع کاهنده هستند. ترانس‌های کاهنده دارای دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه هستند که سیم‌پیچ اولیه با تعداد دور زیاد و قطر کم و سیم‌پیچ ثانویه با تعداد دور کم و قطر زیاد جریان برق متناوب را به جریان با ولتاژ کم و آمپراژ زیاد تبدیل می‌کنند که این نوع از جریان مناسب جوشکاری است.

ترانس‌های کاهنده در دو نوع خشک و روغنی ساخته می‌شود که در نوع خشک، سیم‌پیچ‌های ترانس به وسیله هوا خنک می‌شوند و در نوع روغنی سیم‌پیچ‌ها توسط نوعی روغن مخصوص (غیرالکترولیت) (یعنی روغن نارسانای جریان برق) پوشانده می‌شوند که این خاصیت سبب می‌شود تا دستگاه خنک مانده و ساعات متوالی بتوان با آن جوشکاری نمود.

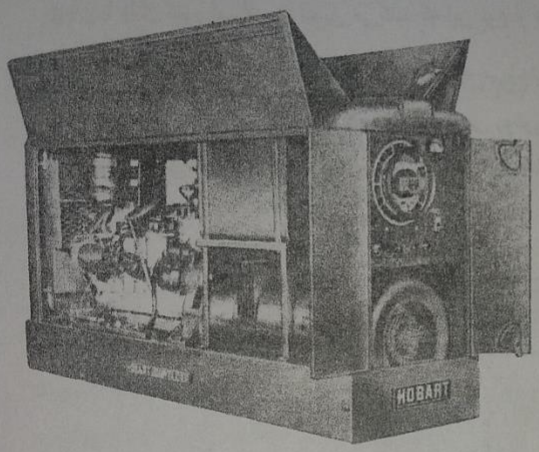
۲-دینام‌ها (موتور ژنراتورها) Dynamo(Motor-Generator)

این دستگاه‌ها تشکیل شده‌اند از یک موتور که ممکن است الکتریکی، بنزینی، گازوئیلی یا نفتی باشد و یک ژنراتور.

ژنراتور دستگاهی است که نیروی برق «DC» را با آمپر زیاد تولید می‌کند و توسط موتور الکتریکی یا احتراقی به حرکت درمی‌آید.



دینام جوشکاری کارگاهی B



دینام جوشکاری سیار C

این نوع از دستگاه‌ها امروزه کمتر کاربرد دارند و در کارگاه‌های جوشکاری از آن‌ها استفاده نمی‌شود و بیشتر از نوع موتورهای بنزینی، گازوئیلی و نفتی که به دستگاه‌های جوشکاری سیار معروفند در جاهایی که جریان برق وجود ندارد استفاده می‌شود.

۳- ترانس رکتی فایردار Rectifier

با پیشرفت صنعت جوشکاری چون این کار با جریان مستقیم «DC» بهتر انجام می‌پذیرد. دستگاه‌هایی اختراع گردید که از دو قسمت تشکیل شده‌اند: ترانس و یکسوکننده‌ها (دیودها) که به آن‌ها ترانس رکتی‌فایردار می‌گویند.

کار ترانس همان‌گونه که قبلاً به آن اشاره شد تبدیل جریان با ولتاژ زیاد و آمپراژ کم به جریان با ولتاژ کم و آمپراژ زیاد بوده و کار دیود تبدیل جریان «AC» به «DC» می‌باشد.

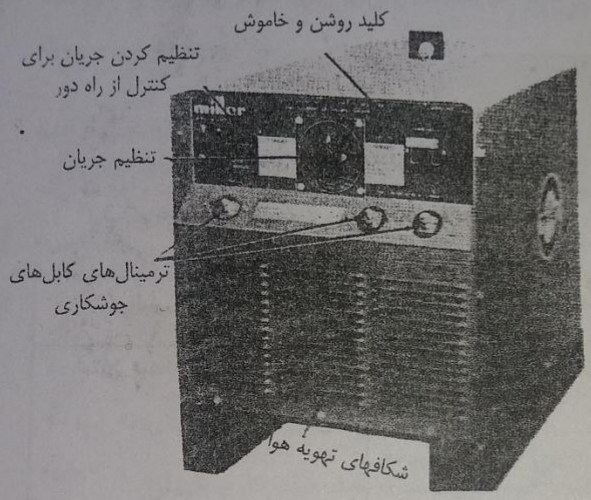
پس برق ورودی این دستگاه‌ها از نوع «AC» بوده و خروجی آن‌ها «DC» می‌باشد.

2

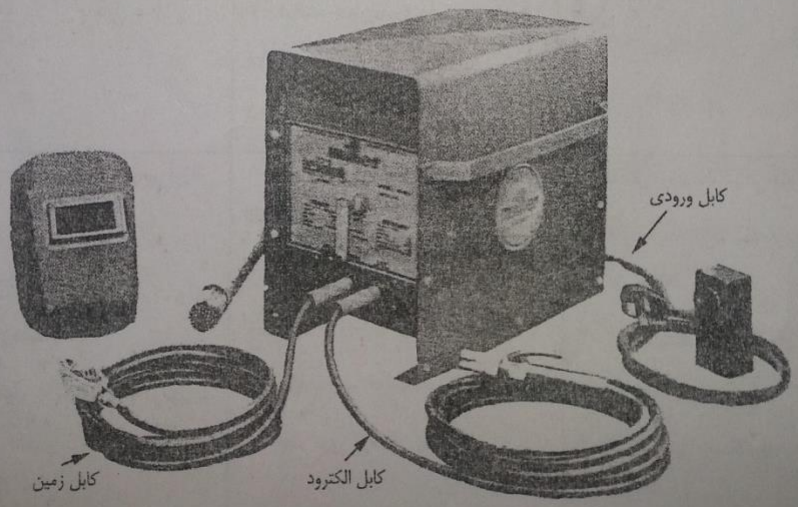
۴- اینورتر Inverter

این نوع دستگاه‌ها نسل جدید دستگاه‌های جوشکاری هستند که در مقایسه با سایر دستگاه‌ها دارای حجم کمتر و وزن کمتر و بازدهی بهتر و البته قیمت گرانتری می‌باشد.

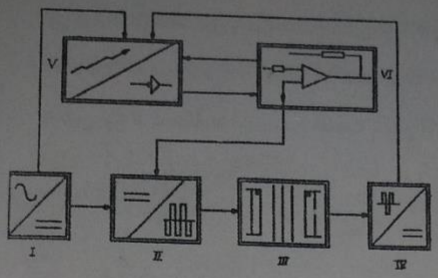
در این نوع از دستگاه‌ها مهم‌ترین قسمت همان اینورتر است که جریان مستقیم را به متناوب با فرکانس بالا (حدود ۱۰۰۰- ۶۰۰۰۰ سیکل بر ثانیه) تبدیل می‌کند. این فرکانس استفاده از ترانسفورماتورهای کوچک‌تری را ممکن می‌سازد که به همین دلیل حجم این نوع نسبت به سایر دستگاه‌ها کمتر است و همچنین قابلیت تنظیم بسیار دقیق آمپراژ جوشکاری از ویژگی‌های فرکانس بالا می‌باشد. یکی دیگر از خصوصیات سیستم اینورتر این است که از آن می‌توان در ساخت دستگاه‌های چندکاره «Multi system» استفاده نمود دستگاه‌هایی که قابلیت استفاده از فرآیندهای «TIG – MIG/MA» و «SMAW» را دارند.



این دستگاه‌ها با جریان متناوب (برق شهر) راه‌اندازی می‌شوند.



نمودار روبرو طرح شماتیکی از سیستم اینورتر می‌باشد بدین شرح که: جریان ورودی AC توسط واحد ۱ به جریان DC تبدیل شده و این جریان در واحد۲ که همان قسمت اینورتر است به جریان AC البته با فرکانس بالا تبدیل می‌شود و سپس در واحد ۳ ولتاژ کاهش یافته و توسط واحد ۴ مجدداً جریان متناوب به مستقیم تبدیل شده و واحد شماره ۵ نیز مسئولیت کنترل خاموش کردن اتوماتیک دستگاه را بر اثر پایین یا بالا بودن بیش از حد ولتاژ به عهده دارد.



مزایا و معایب دستگاه‌های جوشکاری:

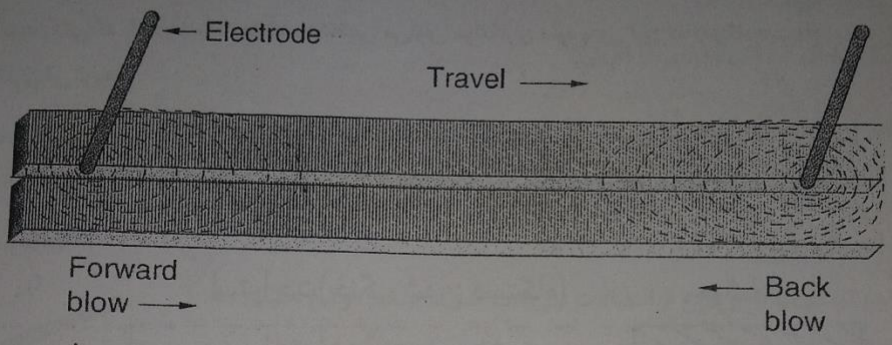
حال که انواع دستگاه‌های جوشکاری را شناختیم به بررسی معایب و مزایای این دستگاه‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌پردازیم:

	دینام‌ها	ترانسفورماتورها	ترانس رکتی فایردار
مزایا	۱- امکان استفاده از هر نوع الکترود حتی مفتول بدون روپوش. ۲- خطر برق گرفتگی کمتر است. ۳- امکان تغییر قطب وجود دارد. ۴- امکان جوشکاری با آمپراژهای پایین.	۱- انحراف قوس (وزش قوس) بسیارکم است. ۲- هزینه تعمیرات آن‌ها کمتر است. ۳- صدای اضافی به جز صدای فن از آن‌ها شنیده نمی‌شود. ۴- درصد جریان برق خروجی آن‌ها زیاد است. ۵- ارزانتر بودن دستگاه‌ها.	۱- امکان جوشکاری انواع الکترودها. ۲- قوس الکتریکی نرم و به آسانی ایجاد می‌شود. ۳- امکان تغییر قطب در آن وجود دارد. ۴- امکان جوشکاری با آمپرهای پایین.
معایب	۱- امکان وجود انحراف قوس (وزش قوس). ۲- هزینه تعمیرات بالا. ۳- دستگاه‌ها دارای صدای بیشتری هستند. ۴- گران بودن دستگاه‌ها.	۱- عدم امکان جوشکاری همه نوع الکترودها. ۲- قوس به سختی ایجاد شده و در نتیجه جرقه زیادی تولید می‌گردد. ۳- امکان تغییر قطب وجود ندارد. ۴- خطر برق گرفتگی بیشتر است.	۱- امکان وجود انحراف قوس (وزش قوس). ۲- هزینه تعمیرات و نگهداری بالا. ۳- گران بودن دستگاه‌ها. ۴- دستگاه‌ها نیاز به نگهداری و مواظبت زیادی دارند.

وزش قوس چیست؟ Arc Blow

وزش قوس (انحراف قوس) یکی از عیوبی است که در جریان «DC» رخ می‌دهد.

اطراف هر هادی جریان الکتریسته میدان‌های مغناطیسی بصورت دوایر متحدالمرکز وجود دارد که در صورت به هم خوردن این میدان وزش قوس اتفاق می‌افتد یعنی قوس به جهت دیگری کشیده می‌شود. (منحرف می‌گردد)



محل‌های ایجاد وزش قوس:

۱- ابتدا و انتهای قطعه کار. (به سمت قطعه کار)

۲- در جوش‌های سپری وقتی که ضخامت قطعات با هم برابر نباشد. (به طرف قطعه کار ضخیم‌تر)

۳- در پاس اول جوش‌های جناغی عمیق و همچنین پاس اول جوش‌های سپری.

مشکلات ناشی از وزش قوس:

۱- پاشش بیش از حد جرقه. (Spatter)

۲- عدم ذوب یک طرف از قطعه کار.(LOF)

۳- حبس سرباره. (Slag Inclusion)

راه‌های کاهش وزش قوس

۱- استفاده از جریان «AC» در صورت امکان.

۲- کم کردن آمپر و طول قوس تا حد ممکن.

۳- استفاده از دو ورق کمکی در ابتدا و انتهای قطعه کار.