دانشکده فنی و حرفه ای انقلاب اسلامی

فیزیک جوش

ساعت ۲،

امین عنبرزاده

فیزیک قوس الکتریکی

- جریان الکتریکی از جاری شدن الکترون ها بین دو هادی بوجود می آید.

- چنانچه فاصله هوا (گاز) باندازه کافی باریک باشد و شدت جریان بحد کافی بالا باشد، هوای بین کاتد و آند یونیزه شده و جریان الکتریکی برقرار می گردد.

- همراه با یونیزه شدن هوا، برخی از الکترون های اتم های تشکیل دهنده هوا (که برانگیخته شده اند) به لایه هایی با انرژی کمتر بر می گردند و انرژی آزاد می کنند.

- انرژی ناشی از بازگشت الکترون های گاز به مدار پایه خود که به صورت امواج الکترومغناطیس (نور) منتشر می شوند قوس الکتریکی نامیده می شود.

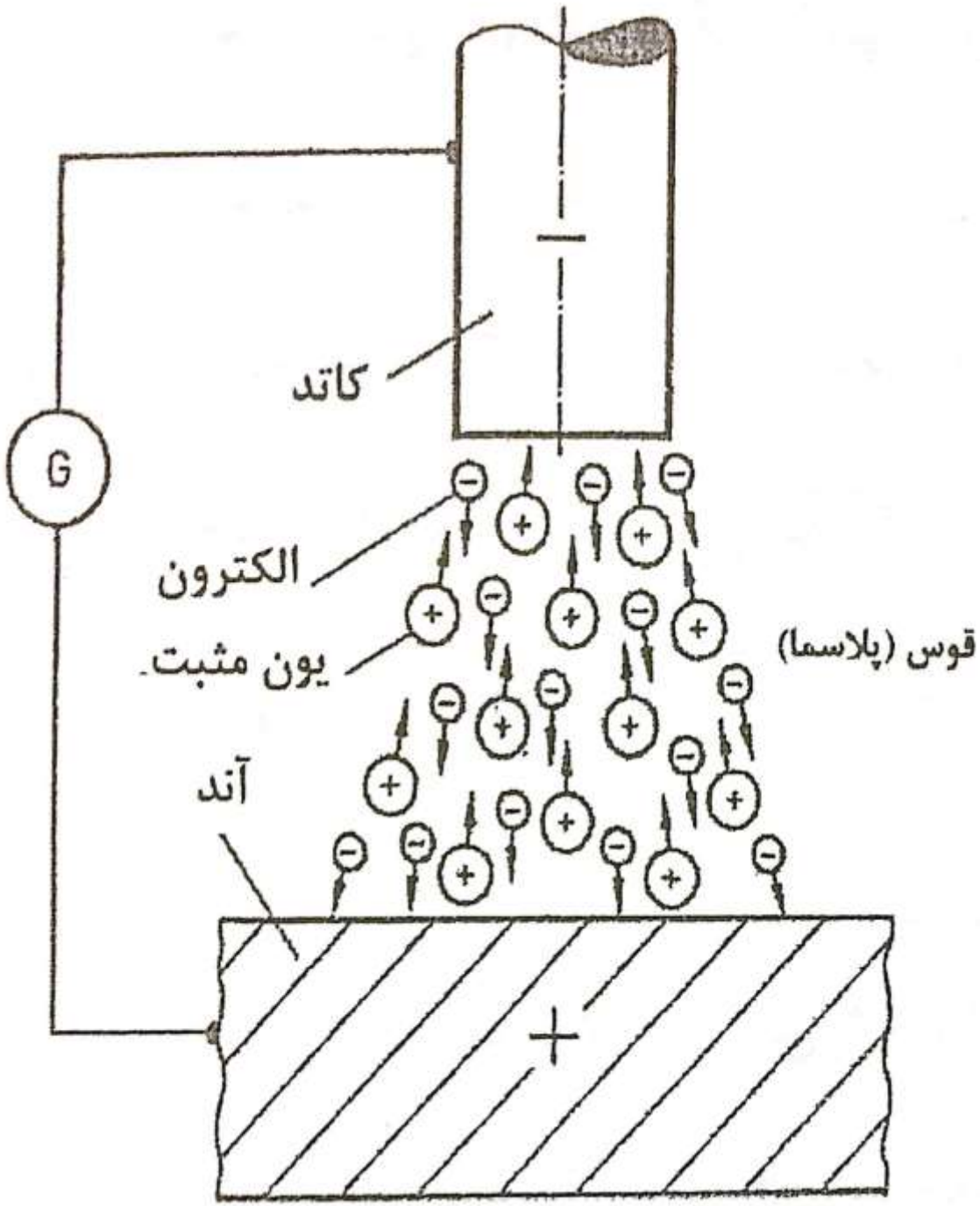
فیزیک قوس الکتریکی- تشکیل قوس

هنگامی که یک میله فلزی متصل به قطب منفی یک مدار الکتریکی (کاتد) گرم می شود، از خودش الکترون ساطع می کند. میزان این الکترون ها به جنس میله و درجه حرارت آن بستگی دارد.

- زمانیکه پتانسیل الکتریکی بین میله (الکترود) و قطعه کار برقرار شود، الکترون ها شروع به ترک کاتد نموده و به سمت قطب مثبت (آند) حرکت خواهد کرد.

- فاصله بین نوک الکترود و قطعه کار را می توان به سه ناحیه: آند، کاتد و طول یا ستون قوس تقسیم نمود.

قوس الکتریکی در فرایند جوشکاری



فیزیک قوس الکتریکی- تشکیل قوس

- در فاصله ستون قوس اتم های هوا یا یونیزه شده و یا الکترون های آن ها تغییر لایه داده و انرژی ساطع می کنند.

- گاز یونیزه شده به این صورت را پلاسما می گویند.

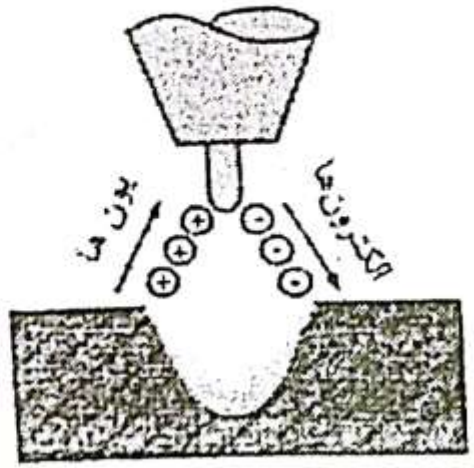
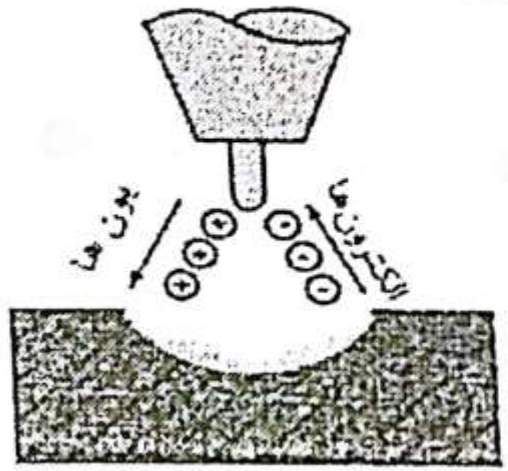
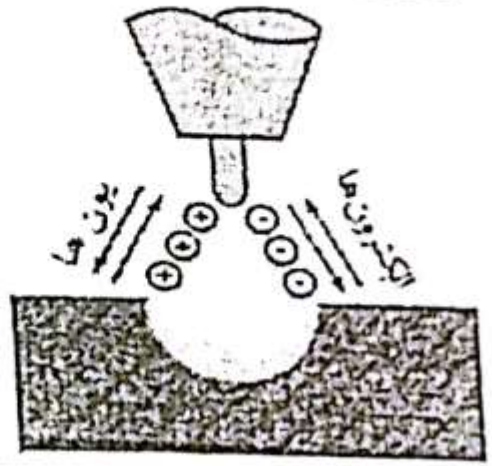
- الکترون ها به طرف آند رفته و در آنجا متوقف می شوند و انرژی جنبشی آنها به انرژی جنبشی حرارتی تبدیل می شود. این حرارت باعث افزایش درجه حرارت کاتد و در نتیجه ساطع شدن الکترون های بیشتر شده و فرایند تشدید می شود.

قطبیت الکترود

- اصولاً انتقال فلز مذاب از الکترود به قطعه کار در استفاده از جریان مستقیم یکنواخت تر و بهتر صورت گرفته و قوس الکتریکی پایدار تری در مقایسه با استفاده از جریان متناوب ایجاد می کند.

- قطب مثبت بواسطه بمباران الکترونی گرمتر از قطب منفی می شود.

- بنابراین به کمک قطبیت الکترود در جوشکاری با جریان مستقیم می توان تعیین نمود که کدام قسمت (الکترود یا قطعه کار) بیشتر گرم شود.

نوع جریان	DC	DC	AC
قطبیت الکترودها	منفی	مثبت	
جهت جریان الکترودها و یونها			
مشخصات نفوذ			
تمیز کردن قوس	خیر	بلی	بلی در هر نیم سیکل
تعادل حرارت در قوس	٪۷۰ قطعه کار ٪۳۰ الکترود	٪۳۰ قطعه کار ٪۷۰ الکترود	٪۵۰ قطعه کار ٪۵۰ الکترود
نفوذ	عمیق	سطحی	متوسط
ظرفیت الکترود	عالی (e.g. 3.18 mm [1/8 in.] - 400 A)	ضعیف (e.g. 6.35mm [1/4 in.] - 120 A)	خوب (e.g. 3.18 mm [1/8 in.] - 225 A)

تأثیر نوع جریان جوشکاری بر پارامترهای مختلف در فرآیند TIG

قطبیت الکترود

- مقایسه جریان مصرفی AC و DC در جوشکاری:

۱- تمام الکترودهای جوشکاری را می توان برای جریان مستقیم DC بکار برد اما برای متناوب AC تعداد آن ها محدود است.

۲- در جریان مستقیم، قوس پایدار تر و انتقال قطرات مذاب به حوضچه جوش یکنواخت تر است.

۳- شروع قوس و نگهداری آن در جریان مستقیم آسانتر است.

۴- جوشکاری در حالت های مشکل (عمودی و ...) با جریان مستقیم سهل تر است.

قطبیت الکترود

۵- جوشکاری قطعات نازک با جریان متناوب مشکل تر است.

۶- ترانسفورماتورهای جوشکاری (AC) از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر از دستگاه های جوشکاری جریان مستقیم (DC) می باشند.

۷- امکان وزش یا انحراف قوی (Arc Blow) بواسطه تغییرات حوزه مغناطیسی در اطراف الکترود که منجر به جوش ناقص می شود، در جوشکاری جریان مستقیم (DC) وجود دارد. ولی در جریان تناوب (AC) این مشکل وجود ندارد.

پلاسما

- وقتی یک گاز در مقابل عبور جریان الکتریکی مقاومت کند، دمای آن به خوبی بالا رفته و اتم ها و مولکول های موجود در گاز به یون های مثبت و الکترون های منفی تفکیک می شوند و جریان الکتریکی را بهتر از حالت گاز عبور می دهند.

- هنگامی که یون های مثبت و الکترون ها مجدداً با هم ترکیب شوند انرژی فوق العاده ای به صورت گرما ظاهر می شود که دما را تا حدود ۲۵ هزار درجه سانتیگراد در محل ترکیب بالا می برد.

مقایسه قوس الکتریک و قوس پلاسما

- قوس الکتریکی آزادانه می تواند درون گاز حرکت کند و به شکل یک زنگ (مخروط) می باشد که راس آن در نوک الکترود و قاعده اش روی حوضچه جوش قرار دارد.

- اما قوس پلاسما به صورت یک ستون تقریباً استوانه ای شکل، متمرکز و با تراکم بیشتر است و دمایی تقریباً دو برابر قوس الکتریکی معمولدر جوشکاری دارد.

خط جوش با قوس

- در جوشکاری با قوس الکتریکی، انجماد از مرز ذوب به سوی مرکز جوش پیش می رود و تولید دانه های درشت می کند. پس در جوشهای عمیق، امکان وجود عیب در ناحیه جوش بسیار زیاد است.

- اما با ایجاد سوراخ کلید، هر لحظه فقط یک لایه نازک از فلز مذاب در فرایند انجماد شرکت دارد و به همین دلیل دانه های ایجاد شده ریز می باشند و استحکام جوش بالاتر خواهد رفت.

- در روش سوراخ کلید، ایجاد عمق یکنواخت جوش آسانتر و انقباض دو طرف خط جوش یکنواخت است و تغییر شکل فلزات پایه بسیار کم است.

- روش سوراخ کلید فقط برای حالت تخت در محدوده ضخامت فلز پایه ۲.۳ تا ۹ میلیمتر است.

گازهای پلاسما

- گاز پلاسما، گازی است که برای تشکیل قوس پلاسما بکار رفته و با گاز محافظ که برای محافظت از قوس پلاسما و حوضچه جوش بکار می رود متفاوت است.

- نکته مهم: پلاسما، گاز نیست و گاز پلاسما اصطلاحی با تعریف فوق است.

- گاز پلاسما در جوشکاری از بین گازهای بی اثر انتخاب می شود تا با فلز جوش واکنش ندهد.

- پر مصرف ترین گازها برای ایجاد پلاسما در جوشکاری، Ar خالص، He خالص و مخلوط این دو گاز است.

گازهای پلاسما

- قیمت هلیم بالاتر بوده و ایجاد قوس تولید پلاسما نیز با آن مشکل تر است اما حرارت بیشتری ایجاد کرده و سرعت جوشکاری با آن بیشتر است.

- با افزایش ضخامت قطعه کار، نیاز به ایجاد حرارت و تولید مذاب، بیشتر است و لذا باید سرعت و دبی گاز پلاسما افزایش یابد.

- هرچه هدایت حرارتی فلز بیشتر باشد سرعت بیشتری از گاز پلاسما مورد نیاز خواهد بود.

گازهای محافظ

- محافظت از ستون پلاسمای باریک و حوضچه جوش از اتمسفر محیط با گازهای محافظ که در اطراف آن ها دمیده می شود صورت می گیرد.

- عموماً گازهای آرگون، هلیم و مخلوطی از این دو گاز برای حفاظت استفاده می شود، گاهی هم از مخلوط آرگون و ۱ تا ۵ درصد هیدروژن استفاده می شود.

- مقدار کمی از گاز محافظ، تحت تاثیر ستون قوس پلاسمای موجود یونیزه می شود اما قسمت عمده گاز، بی تغییر می ماند.

گازهای محافظ

- هیدروژن باعث بالاتر رفتن دما در محل جوش می شود و برای برخی آلیاژها مانند فولادهای زنگ نزن آستنیتی، آلیاژهای نیکل و آلیاژهای مس بکار می رود.

- گاز آرگون محافظ نتایج خوبی در جوشکاری فولادهای کربنی، فولادهای استحکام بالا و فلزات فعال مثل آلومینیم، تیتانیم و زیرکونیم می دهد.

- گاز هلیم خالص برای فلزات با ضریب هدایت حرارتی بالا مثل مس و آلومینیم مناسب است.

مقایسه روش جوشکاری پلاسما و TIG

- جوشکاری با قوس پلاسما PAW تا اندازه ای شبیه به جوشکاری به روش TIG بوده و با آن قابل مقایسه است.

- کیفیت کار در جوش پلاسما بالاتر است اما قیمت تمام شده برای کار بیشتر است.

- بنابراین فقط در مواردی که کیفیت خیلی بالای جوش مورد نیاز باشد بکار می رود.

مزایای جوشکاری پلاسما نسبت به روش TIG

- ۱- با استفاده از پلاسمای تحت کنترل، ایجاد و تنظیم گرما در اطراف ناحیه جوش امکان پذیر است.

- ۲- این روش در وضعیت های مختلف جوشکاری از تخت تا بالای سر قابل استفاده است.

- ۳- امکان آسیب دیدن الکترود تنگستن بدلیل قرار گرفتن درون نازل خیلی کم است و لذا آلودگی جوش به تنگستن از بین می رود.

- ۴- در جوشکاری با قوس پلاسما، استفاده از سیم جوش راحت تراست چرا که فاصله سر مشعل تا قطعه کار به ۶ تا ۱۶ میلیمتر می رسد.

مزایای جوشکاری پلاسما نسبت به روش TIG

- ۵- در این روش بعلت دانسیته انرژی بالا می توان از سیم جوش ضخیم تر استفاده کرد که سرعت جوشکاری را افزایش می دهد و ضمناً شدت جریان کمتری لازم دارد.

- ۶- حوضچه جوش پلاسما حساسیت کمتری به طول قوس و شدت جریان کم دارد و لذا تغییرات و لرزش دست، چندان تاثیری در کیفیت جوش نخواهد داشت و مهارت کمتری لازم دارد.

- ۷- بعلت باریک و بسیار داغ بودن ستون پلاسما، حوضچه جوش باریک تر بوده و سریع تر تشکیل می شود لذا HAZ بسیار باریک یا ناپدید می شودو امکان اعوجاج در قطعه پایین می آید.

محدودیت های جوشکاری با قوس پلاسما

- با توجه به تجهیزات گران قیمت (۲ تا ۵ برابر TIG) مورد نیاز در این روش، هزینه های جوشکاری بسیار بالا بوده و باعث می شود روش PAW بطور گسترده در صنعت مورد بهره برداری قرار نگیرد.

- ابعاد دستگاه جوش PAW از دستگاه TIG بزرگتر است و به فضای بیشتری نیاز دارد.

الکترودها

- جنس متداول الکترودهای پلاسما EWTh-2 است،

- اما انواع EWTh-1 و EWTH-3 هم استفاده می شود.

نکته: جوشکاری پلاسما می تواند به دو صورت دستی و اتوماتیک انجام شود.

نکته: هنگامی از از جوشکاری پلاسما استفاده می شود که سایر روش ها جوابگو نیستند و یا کیفیت خیلی بالایی برای جوش مورد نیاز است.

جوشکاری مرطوب با قوس پلاسما

- ۱۹۷۰ به بعد در ژاپن مورد بررسی قرار گرفت

- در این آزمایش ها که قوس پلاسما تحت حفاظت گاز آرگون، بدون گاز و با محافظت مایع تتراسیلیکات سدیم تشکیل شد.

- استحکام اتصالات معادل با فلز اصلی بود ولی چکش خواری جوش ها زیاد مناسب نبود.

جوشکاری مرطوب با قوس پلاسما

در روش پلاسما از جت آب اضافی برای قوس پلاسما استفاده شد و آزمایش ها تا عمق ۳۰۰ متری شبیه سازی شد. نتیجه:

- با استفاده از قوس پلاسما ولتاژ بسیار کمتری برای جوشکاری لازم است.
- اکسیداسون عناصر Mn، Si و C بسیار کمتر است.
- خواص مکانیکی جوش بهتر از GMAW است.

- اما سرعت جوشکاری کمتر بوده است.

با تشکر از توجه شما