مشعل پلاسما با قوس برقی

نوشتهٔ :

مهندس قزوینیان

استاد دانشکدهٔ فنی

مقدمه : دستگاه جوشکاری برقی صنعتی

دستگاه جوشکاری برقی برای اجرای منظور خود یک قوس الکتریکی بین قطعه‌ای که باید جوشکاری شود و یک الکترود جوشکاری قابل ذوب و یا غیرقابل ذوب ایجاد مینماید . برق مصرفی جوشکاری از نوع جریان دائم بوده وقطعه‌ی جوشکاری شده عموماً کاتود (منفی) و الکترود بکار رفته آنود (مثبت) را تشکیل میدهد الکترونهای ساطعه از کاتود بعلت وجود میدان مغناطیسی شتاب بیشتری گرفته پس از برخورد با آنود انرژی حرکتی آنها تبدیل بحرارت شده و محل جوشکاری بدرجه‌ی حرارت ذوب فلز جوش دهنده میرسد بنابراین درنقطه‌ی جوشکاری یک فلز مذاب بوجود میآید این فلز مذاب بدوطریقه تأمین میشود :

۱) الکترود جوشکاری خودش ذوب میگردد ودراثر مجاورت قسمتی از فلز جوش دادنی را تانزدیک درجه‌ی حرارت ذوب گرم نموده واتصال دوقطعه را بوجود میآورد .

۲) اگر الکترود غیرقابل ذوب باشد قطعه جوشکاری شده باید آنود باشد (قطب های جوشکاری عکس حالت اول) تا خود قطعه دراثر انرژی حاصله از برخورد الکترونها ذوب شده واتصال دوقطعه با بهم دویدن فلز مذاب خود تأمین میگردد .

درهردوحالت بالا این (پلاسما) است که جریان برق قوس الکتریکی را بین الکترودها برقرارمینماید .

پلاسما یعنی گازهای یونیزه‌ی مجاور الکترودها ـ که الکترون های مثبت ومنفی و الکترولیت گازی را تشکیل داده ـ وجهش قوس جوشکاری را میسر میسازد .

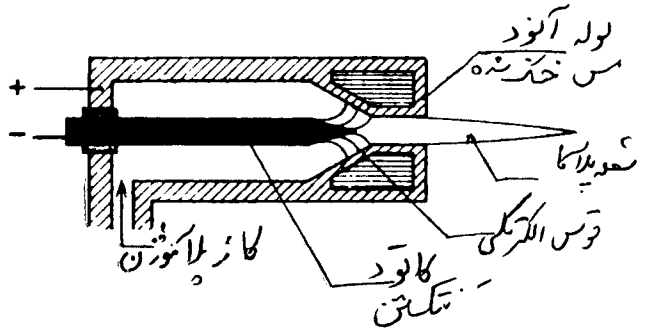
درحالت خاص الکترودهای غیرقابل ذوب TIG با تنگستن وگاز بی‌اثر از نوع ارگن یا هلیوم با آنکه نوع جوشکاری مرغوبیت بیشتری دارد بعلت پخش شعله در سطح بیشتر وکم شدن قدرت حرارتی ایجاد شده در واحد سطح ، گران تمام میشود وترجیح میدهند که از مشعل پلاسما استفاده نمایند .

مشعل پلاسما با قوس الکتریکی

منظور اصلی از مشعل پلاسما ایجاد درجه‌حرارت زیاد که‌شرط لازم برای‌تجزیه‌ی یک گاز وتبدیل آن به پلاسما (یعنی گاز یونیزه) میباشد دستگاهی که در زیر تشریح میشود این منظور را تأمین‌مینماید.

مشعل پلاسما از یک کاتود تنگستن و یک لوله‌ی مسی (آنود) که در آن جریان آب برقرار است تشکیل شده تا دراثر سرد نگاهداشته شدن دوام آن بیشتر بشود گاز پلاسموژن (ارگون Argon) از دهانهٔ لوله مسی بحالت پلاسما خارج میگردد. گازهای‌خیلی گرم پلاسما که از مشعل‌مذکور بیرون میآید میتواند مانند دستگاه جوش اکسیژن (جوش استیلنی) ویا دستگاه جوش الکتریکی (که با برخورد یونها کارمیکند) قطعه‌ی مورد نظر را برای جوشکاری یا برش فلز تا حرارت لازم گرم نماید. (شکل ۱)

این طرزکار با مشعل پلاسما از نظر حرارتی بهره‌ی کافی‌نمیدهد ولی اگر شکل‌مقطع لوله خروجی پلاسما از نظر شکل هندسی با مطالعه‌ی بیشتر ساخته‌شود بطوریکه‌شعله‌ای‌باریک (شعله‌ای تیغه‌ای)بوجود



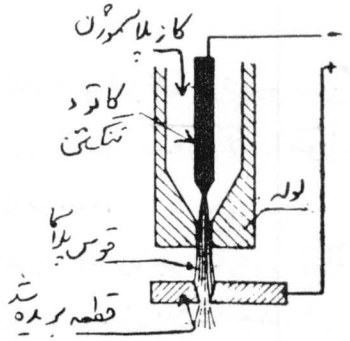
(شکل ۱) طرح مشعل پلاسما

بیاید شعله تا حدود چند سانتیمتر بعداز خروج از مشعل درجه‌ی حرارت زیاد خود را حفظ میکند ویک چنین شعله‌ای برای برش وجوشکاری و ذوب بسیاری از ماده‌های‌دیرگداز (مانند اکسیدهای فلزی کمیاب) قابل استفاده است عملاً برای بهبود بهره‌ی حرارتی دستگاه باین شعله پلاسما شعله قوس الکتریکی که حرکت الکترونها را تسریع مینماید اضافه میکنند. وبا شعله‌ی‌باریک ومقطع بسیارکم خروجی‌لوله های‌آنود میتوانیم جوشکاریهای خیلی مشکل را با درجه حرارتهای زیاد انجام دهیم.

استفاده از مشعل پلاسما برای برش فلز

اگر جریان گاز شدید ومقدار پلاسمای ایجاد شده کافی باشد اثرحرارتی‌ومکانیکی شعله (فشارشعله روی فلز مذاب) باعث رانده شدن قسمت مذاب از فلز مورد نظر شده و از این خاصیت برای بریدن فلزها استفاده میشود. (شکل ۲)

شعله‌ی استیلنی درحین بریدن فلز مذاب را سوزانیده وخارج مینماید ولی شعله‌ی پلاسما آنرا ذوب و دراثر فشار وارده بوسیله‌ی گاز آنرا جدا میکند این طریقه برای برش فولادهای کرم‌دارکه با مشعل های معمولی نمیتوان آنها را برید بکار برده میشود درجه‌ی حرارت ایجاد شده میتواند تا ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد برسد.



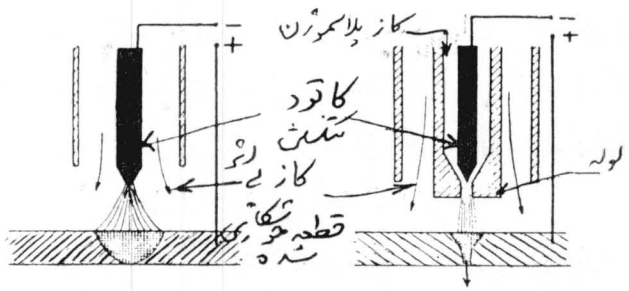
(شکل ۲) برش با مشعل پلاسما

(شکل ۳) برش با مشعل پلاسما

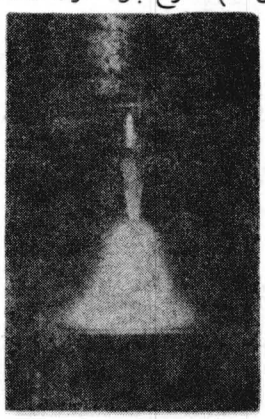
گاز پلاسموژن مصرفی ارگون است که عمل بریدن را با سرعت خطی زیاد انجام میدهد سرعت خطی برش با مشعل پلاسما درمورد فلزهای‌سبک وآلیاژهای آنان بسیار زیاد ودرحدود چندسانتیمتر درثانیه است مشعل پلاسما برای برش قطعه‌های فولادی عادی نیز بکار برده میشود دراین‌مشعل‌ها بجای گازارگن ازگازهای ارزانتر مانند اکسیژن ـ ازت ـ هوا استفاده میشود وسرعت خطی برش نسبت بمشعل استیلنی یک برده بیشتر است ولی تجربه‌های بسیار نشان میدهد که گازهای ارزان قیمت‌مذکور باعث مصرف بیشتر انرژی الکتریکی‌شده وضمناً لبه‌ی قطعه‌های بریده شده کاملاً صاف‌ازکار درنیامده واحیاناً ظاهری‌بدونیتروره nitruré دارندکه صافکاری بعدی را ایجاب مینماید . از نظر اقتصادی برش فولادهای معمولی با مشعل پلاسما مقرون بصرفه نیست .

جوشکاری با مشعل پلاسما

اگر بخواهند از مشعل پلاسما برای‌جوشکاری استفاده‌شود باید میزان عبور گاز کم باشد تامشعل، فلز مورد نظر را ذوب کرده ولی آنرا از جای خود بیرون نراند فلز ذوب شده بلافاصله پس از دور شدن شعله منعقد واتصال دوقطعه‌ی مجاور را تامین نماید. شکل (٤ و ٥) و (٦ و ٧)



(شکل ٥) طرح جوشکاری‌باپلاسما (شکل ٤) طرح جوشکاری TIG



(شکل ٦)

(شکل ٧)

اختلاف میان جوشکاری‌فلز با مشعل پلاسما و دستگاه برش فلز فقط درتنظیم عبورگاز وشدت‌جریان الکتریکی مورد استفاده است نه دراصل‌ساختمانی آن . بی‌دقتی درتنظیم مشعل پلاسما سوراخهائی درمنطقه‌ی جوشکاری شده بوجود میآورد که نقص تنظیم دستگاه را نشان میدهد .

جوشکاری با مشعل پلاسما از نظر اقتصادی مخصوصاً رقیب جوشکاری با (TIG) یعنی مشعل با الکترود غیرقابل ذوب است زیرا بهره‌ی حرارتی جوشکاری با مشعل پلاسما چند برابر بهره‌ی جوشکاری با الکترودهای‌ذوب‌نشدنی است وبعلاوه شکل منطقه‌ی جوشکاری (درز جوشکاری) خیلی بهتر وظریفتر است جوشکاری بامشعل پلاسما مخصوصاً درموردهائی‌بکارمیرود که‌تغییرترکیب آلیاژ جوشکاری شده زیانهائی در منطقه‌ی مورد نظرایجاد می‌نماید درصورتیکه جوشکاری‌های دیگر بعلت تغییرهائیکه در ترکیب آلیاژ دراثر اضافه کردن‌الکترودها یاعلتهای‌دیگر بوجود میآورند اغلب مشگلهائی از نظر مقاومت‌مکانیکی وشیمیائی فلز درمنطقه‌ی جوشکاری ایجاد میکند .

جوشکاری با مشعل پلاسما درحال حاضر بیشتر برای فولادهای زنگ نزن وآلیاژهای نیکل وتیتان و زیرکونیوم ومس ومانندهای آنان بکاربرده میشود .

گاز پلاسموژن ارگون ـ هلیوم ویا ئیدروژن است .

یکی از مورد استعمال‌های مشعل پلاسما جوشکاریهای لوله‌های فولادی در زدار و بضخامت (۳ میلیمتر) است که‌میتوان با آن جوشکاری را با سرعتی درحدود متر در دقیقه انجام داد . درموردآلیاژهای سبک موضوع استفاده از مشعل پلاسما تحت مطالعه است و بنظر میرسد که برای این منظورها نوع گاز پلاسموژن اهمیت زیاد داد .

استفاده از مشعل پلاسما برای روکش‌کاری با ماده‌های نسوز یا دیرذوب

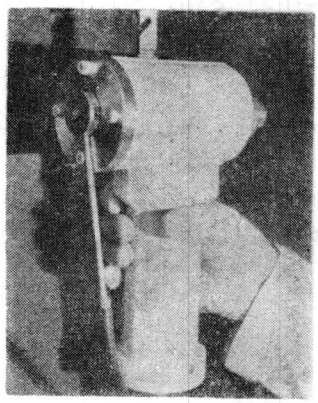
منظور از روکش کاری آنستکه روی‌یک فلز یا یک‌قطعه‌ای زنگ‌پذیر وقابل‌سوختن یا آسیب‌پذیر بنحو دیگر روکشی از فلز دیگر و یا ماده‌ی نسوز برای حفاظت آن از زنگ زدگی یا ذوب یا اثرگازها ویا پدیده‌های دیگر نصب شود . مثلاً فلز روکش میتواند از تنگستن یا تیتان باشد که قطعه‌های مسی را با آن میپوشانند تا آنها را از اثر بمباردمان الکترونیکی محفوظ بدارند .

مشعل‌های پلاسمائی که دراین موردها بکار میروند با قدرتی درحدود ۳۰ کیلووات ومجهز بلوله مسی خروج پلاسمائی‌بدهانه‌ی ۳ تا ۸ میلیمتر وگاز پلاسموژن ارگون ـ هلیوم ـ ازت یا ئیدروژن ویامخلوط آنها میباشد شدت عبورگاز در هرمورد کاملاً قابل تنظیم بوده و درجه‌ی حرارت ایجاد شده میتواند بین $7000^{\circ}K$ تا $15000^{\circ}K$ باشد . فلز یا ماده‌ی روکش بصورت پودر بسیار نرم (باندازه‌های کمتر از یکصد میکرون) همراه گاز پلاسموژن بروی قطعه موردنظر میرسد که دراثر حرارت‌زیاد ـ ذوب‌شده و روکش‌لازم را ایجاد مینماید . مشعل پلاسما برای ایجاد روکش نسوز از خاکهای نسوز یا بعضی‌فلزهای‌دیر ذوب (مانند آلومین ـ زیرکون ـ اکسید کروم ـ BeO) درساختمان بسیاری از قطعه‌های‌هواپیمائی باسرعت ماوراء صوت ویا موشکها وسفینه‌های فضائی بکار برده میشود (دماغه‌ی سفینه‌های فضائی یا موشکها در حین برخورد با

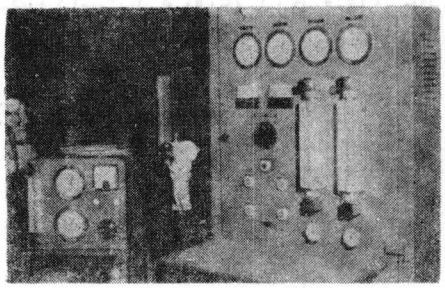
جو زمین آنچنان حرارتی ایجاد مینماید که اغلب فلزهای معمولی ذوب میگردند) .

ضخامت قشر روکش خیلی کم ودرحدود چند دهم میلیمتر است این ضخامت نمیتواند زیاد باشد زیرا اختلاف ضریب انبساط حرارتی ترک و شیارهائی در روکش بوجود میآورد که اثر استحفاظی آن از بین میرود .

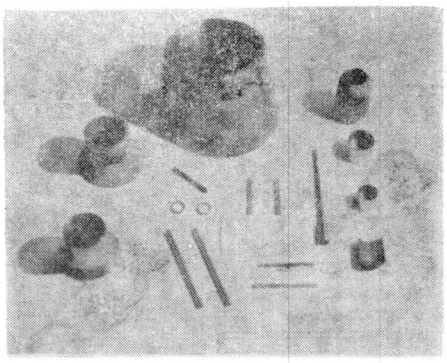
روکشها گاهی نیز بمنظور ازدیاد مقاومت قطعه های فلزی در مقابل سائیدگی نیز مصرف میشود مثلاً روکش سطح داخلی یاتاقانهای ماشینهای بسیار دقیق یا محور ماشینها، که اغلب از نوع کربورهائی مثل HfC و TiC و ZrC میباشد ضمناً بعضی از مفتولهای فلزی را که در صنعت الکترونیک مصرف میشود بوسیله‌ی این کربورها روکش مینمایند تا از اثر حرارت یا عاملهای مختلف فیزیکی محفوظ باشد دهانه راکتورها Reacteurs وبسیاری از قسمتهای بال هواپیماهای جت از ماده‌های نسوز وبوسیلهٔ مشعل پلاسما روکش میشود .



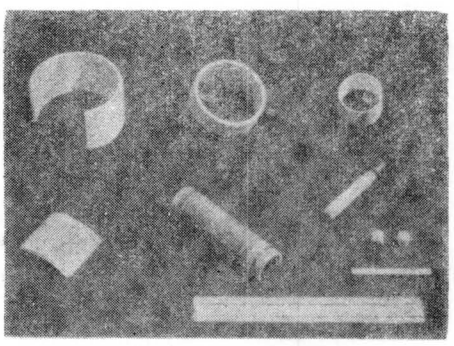
(شکل ۸) مشعل پلاسمای کیلوواتی



(شکل ۹) دستگاه فرمان برقی مشعل پلاسما



(شکل ۱۰) قطعات ساخته‌شده ازتنگستن بامشعل پلاسما



(شکل ۱۱) قطعات روکش شده

استفاده از مشعل پلاسما برای تهیه بعضی قطعه‌های مشکل و پیچیده

ریخته گری وشکل دادن بعضی از ماده‌ها مخصوصاً خاکهای نسوز یا فلزها وفولادهای مخصوص کار بسیار مشکلی است مثل قطعه هائی از تنگستن بشکل لوله و الکترودهای کوره‌ها باندازه‌های مختلف وهمچنین لوله و بوته‌های مخصوص از خاکهای نسوز Al_2O_3 و SiO_2 و BeO و بورورها (املاح B) و

نیتورورها مانند TiN و BN وامثال آنها که مخصوصاً در کوره‌ها وصنعت اتمی مصرف میشود. مشعل پلاسما تهیه این قطعه‌ها را بمقیاس زیادی آسان میکند.

طرز عمل : از شکل مورد نظر یک قالب بوسیله تراشکاری یا کارهای مکانیکی وآهنگری تهیه‌نموده وماده مورد استفاده را که قبلاً بصورت پودر تهیه شده روی این قالب بوسیله مشعل پلاسما پخش مینمایند وپس از انجام کار و ذوب پودر شکل منظور بدست میآید. با این طریقه میتوان بعضی قطعه‌های مشکل را که تهیهٔ آن به طریقه‌های دیگر میسر نیست ساخت. شکل ساخته‌شده از نظر مشخصه‌های مکانیکی ومقاومت کاملاً قابل قبول بوده وخلل وفرجی که اضطراراً ایجاد میشود ناچیز و درحدود ۳ تا ۱۰ درصد است با این طریقه میتوان شکلهائی نیز ساخت که دارای ترکیبهای مختلف ومتنوع باشد.

نتیجه :

با مطالعه‌ی موردهای بالا میتوان پیش‌بینی کرد که مشعل پلاسما دارای مصارف زیادی است که روز بروز بعلت درجه‌ی حرارتهای زیادی که ایجاد مینماید برشمارش آنها افزوده وانجام کارهائی را که جز با استفاده از مشعل پلاسما میسر نبوده ممکن میسازد با آنکه در حال حاضر مشعل پلاسما گرانقیمت است درنتیجه‌ی بررسیهائی که در این زمینه میشود میتوان انتظار داشت که روزی در صنعتهای عادی نیز بکار برده شود.

اقتباس از مجله صنایع و کارخانجات R. Des Arts et Manufactures