## تاریخچه جوشکاری

چون احتیاجات بشر اتصال و جوش در همه موارد را خواستار بوده لذا مثلاً از رومیهای قدیم فردی به نام پلینی از لحیم به نام آرژانتاریم وترناریم استفاده می کرد که دارای مقداری مساوی قلع و سرب بوده است و ترنایم دارای دو قسمت سرب و یک قسمت قلع می باشد. که هنوز هم با پرکنندگی مورد استفاده قرار می گیرند .
دقت و ترکیبات شیمیایی و دستگاههای متداول طلاسازی از قدیم الایام در جواهرات با چسباندن ذرات ریز طلا بر روی سطح آن با استفاده از مخلوط نمک و مس و صمغ آلی که با حرارت صمغ را کربونیزه نموده و نمک مس را به مس احیاء می کنند. و با آلیاژ طلا درست کردن ذرات ریز طلا را جوش می دهند و تاریخچه ای به شرح زیر دارند :

برناندوز روسی در ۱۸۸۶ قوس جوشکاری را مورد استفاده قرار داد .

موسیان در ۱۸۸۱ قوس کربنی را برای ذوب فلزات مورد استفاده قرار داد .

اسلاویانوف الکترودهای قابل مصرف را در جوشکاری به کار گرفت .

ژول در ۱۸۵۶ به فکر جوشکاری مقاومتی افتاد

لوشاتلیه در ۱۸۹۵ لوله اکسی استیلن را کشف و معرفی کرد .

الیهوتامسون آمریکائی از جوشکاری مقاومتی در سال ۷-۱۸۷۶ استفاده کرد .

چون علم جوشکاری همراه با گنج تخصصی است یعنی هر جوشکار ماهر در طی تاریخ درآمد زیادی داشته سبب شد که اسرار خود را از یکدیگر مخفی نمایند مثلاً هنوز هم در مورد لحیم آلومینیوم و آلیاژ آن از یکدیگر مخفی نگه می دارند و در جریان جنگهای جهانی اول و دوم جوشکاری پیشرفت زیادی کرد. احتیاجات بشر به اتصالات مدرن – سبک – محکم و مقاوم در سالهای اخیر و مخصوصاً بیست سال اخیر سبب توسعه سریع این فن گردید و سرمایه گذاری های عظیم چه از طرف دولت ها و چه صنایع نظامی و تخصصی در این مورد اعمال گردید و مخصوصاً رقابت های انسان ها در علوم هسته ای ( که فقط برای صلح باید باشد (یکی دیگر از علل پیشرفت فوق سریع این فن در چند دهسال اخیر شد که به علم جوشکاری تبدیل گردید .

## انواع جوشکاری عبارت است از :

- جوش قوس الکتریکی
- نقطه جوش
- جوشکاری فلزات رنگین
- لحیم کاری
- جوشکاری به طریقه برق و گاز
- جوشکاری و یرشکاری در زیر آب
- انواع جوشکاری مدرن در صنایع نظامی
- جوشکاری پلاستیک

## جوشکاری فلزات رنگین

### جوشکاری فلزات رنگین با گاز استیلن یا کاربید ( یا فلزات غیر آهنی)

فلزات غیر آهنی یا فلزات رنگی به فلزاتی گفته می شود که فاقد آهن و یا آلیاژهای آن باشند مانند مس – برنج – برنز -آلومینیوم - منگنز -روی و سرب
تمام فلزات رنگین را با کمی دقت و مهارت و آشنائی با اصول جوشکاری می توان جوش داد و برای جوشکاری این نوع فلزات بایستی خواص فلز را در نظر گرفت .

### جوشکاری مس با گاز

بهترین طریقه برای جوشکاری مس جوشکاری با اکسیژن است( جوش اکسیژن = اتوگن= استیلن= کاربید اصطلاحات مختلف متداول می باشند) ضمناً می توان جوشکاری مس را با قوس الکتریک یا جوش برق نیز انجام داد .

ورقه های مس را مانند ورقه های آهنی برای جوشکاری آماده می کنند یعنی سطح بالائی را تمیز نموده و از کثافات و روغن پاک نموده و در صورت لزوم سوهان می زنند. ولی چون خاصیت هدایت حرارت مس زیادتر است باید مقدار آمپر را قدری بیشتر گرفت. بهتر است همیشه با قطب مستقیم جوشکاری را انجام داد ( با جریان مستقیم و الکترود مثبت) زاویه الکترود نسبت به کار مانند جوشکاری فولاد است. طول قوس حداقل باید ۱۰ تا ۱۵ میلی متر باشد، برای جوشکاری مس می توان از الکترودهای ذغالی استفاده کرد. الکترودهای جوشکاری مس بیشتراز آلیاژ مس و قلع و فسفر ساخته شده اند و گاهی نیز از الکترودهای که دارای فسفر - برنز -سیلکان یا آلومینیوم هستند استفاده می کنند چون انبساط مس در اثر گرم شدن زیاد است فاصله درز جوش را در هر ۳۰ سانتیمتر در حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر زیادتر در نظر می گیرند .خمیر روانساز مس معمولاً در حرارت ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه ذوب می شود و به صورت تفاله (گل جوش) سبکی روی کار قرار می گیرد و از تنه کار به علت کف کردن در روی کار نباید استفاده شود. بدون روانساز هم می توان مس را جوش داد و معمولاً از براکس استفاده می گردد. مس را به وسیله شعله خنثی جوش دهیم تا تولید اکسید مس نکند چون ضریب هدایت حرارت مس زیاد است باید پستانک جوشکاری مشعل ۱ تا ۲ نمره بیشتر از فولاد انتخاب شود. بهتر است مس را قبل از جوشکاری گرم نمائیم و با سیم جوشکاری مخصوص جوش داد برای جوشکاری صفحه ۵ میلیمتری سیم جوش ۴ میلیمتری کافی است و از وسط ورق شروع به جوشکاری می نمائیم و وقتی فلز هنوز گرم است روی آن چکش کاری می شود تا استحکام درز جوش زیاد شود .

### جوشکاری سرب

در این نوع جوشکاری بیشتر از گاز هیدروژن و اکسیژن استفاده می گردد. در جوشکاری سرب احتیاج به گرد مخصوص نیست ولی باید قطعات کار را قبل از جوشکاری کاملاً صیقلی نموده سیم جوش سرب باید کاملاً خالص باشد چون سرب مذاب بسیار سیال می باشد. لذا جوشکاری درزهای قطعات سربی که به وضع قائم قراردارند بسیار دشوار و مستلزم مهارت و تجربه زیاد است .

### جوشکاری چدن با برنج یا لحیم سخت برنج

چدن را می توان با برنج جوش داد .قطعات چدنی را باید همان طوری که برای جوشکاری با سیم جوش چدنی آماده می شوند برای برنج جوش آماده ساخت. لبه های درز جوش را باید به وسیله سوهان یا ماشین تراشید و هیچگاه لبه های درز قطعات چدنی را با

سنگ سمباده پخ نزنید. زیرا ذرات گرافیت روی ذرات آهن مالیده می شوند و لحیم سخت خوب به چدن نمی چسبد. قطعات چدنی را قبل از شروع به جوش دادن حدود ۲۱۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد گرم کنید و گرد جوشکاری مخصوص چدن به کار برید تا بهتر به هم جوش بخورد .

نقطه ذوب سیمهای برنجی باید در حدود ۹۳۰ درجه سانتی گراد باشد. سیمهای برنجی که برای جوش دادن قطعات چدنی به کار می روند دارای مقدار زیادی مس است و کمی نیکل نیز دارند . نیکل اتصال لحیم را به چدن آسان می کند و نقطه ذوب زیاد آن موجب سوختن گرافیت درز جوش می شود . در جوشکاری چدن با برنج از شعله ملایم پستانک بزرگ با فشار کم استفاده کنید .اگر فشار شعله زیاد باشد گرد جوشکاری از درز خارج می شود و در نتیجه قطعات چدنی خوب به هم جوش نمی خورند. قطعات چدنی را باید پس از جوشکاری در محفظه یا جعبه ای پر شن یا گرد آسپست قرار داد تا بتدریج خنک شود و سبب شکنندگی و ترک و سخت شدن چدن نگردد .

## جوشکاری منگنز

از منگنز به صورت خالص استفاده نمی شود در جهت عکس از آلیاژهای ماگنزیوم استفاده می شود که برای ریختگی فشاری از آن استفاده می گردد . به جای آلیاژهای Mg. Mn و Mg .Al و Mg AlZn امروزه از آلیاژهای مخصوصاً محکم Zr و Th استفاده می شود .

برای جوشکاری ماگنزیوم و آلیاژهای آن از همان شرایط جوشکاری آلومینیوم استفاده می گردد .

قابلیت هدایت حرارت زیاد و انبساط سبب پیچش زیاد کار می شود. ماگنزیوم در درجه حرارت محیط به سختی قابل کار کردن است و در ۲۵۰ درجه می توان به خوبی کار گرد .

## جوشکاری برنج با گاز

برنج مهمترین آلیاژ مس است و از مس و روی و گاهی قلع و مقداری سرب تشکیل می شود، این فلز در مقابل زنگ زدگی و پوسیدگی مقاوم است. چون روی در حرارت نزدیک ذوب برنج تبخیر می گردد بنابراین جوشکاری با این فلز مشکل می باشد. برنج از ۶۰ درصد مس و ۴۰٪ روی و گاهی مقداری سرب تشکیل شده است. درموقع جوشکاری روی به علت بخار شدن و اکسید روی محل جوش را تیره کرده و عمل جوشکاری را مشکلتر می نماید. ضمناً گازهای حاصله خطرناک بوده و باید از محل کار تخلیه گردند. درموقع جوشکاری روی حرکت دست بسیار مهم است و باید حتی الامکان سرعت دست را زیاد کرده وگرده جوش کمتری ایجاد نمود تا فرصت زیادی برای تبخیر روی نباشد. برنج را می توان با الکترودهای گرافیتی و معمولی جوشکاری نمود، درجوشکاری برنج از قطب معکوس استفاده می شود .

فاصله قوس الکتریکی باید حداقل ۵ تا ۶ میلیمتر باشد. برنج ساده تر از فولاد و چدن و مس جوش داده می شود و استحکام و قابلیت انبساط آن درمحل درز جوش بسیار خوب است. توجه شود چون انقباض و انبساط برنج زیاد است نمیتوان به وسیله چند نقطه جوش به هم وصل کرد بلکه بایستی به کمک بست هائی که در حین جوشکاری می توان آنها را به هم متصل نمود از پیچیدگی جلوگیری شود .

توجه شود که در جوشکاری از سیمهای مخصوص جوشکاری برنج که مقدار مس آن ۴۲ تا ۸۲ درصد است استفاده نمائید و برای

جلوگیری از اکسیداسیون از گرد جوشکاری استفاده می شود و از استعمال تنه کار در جوشکاری برنج باید خودداری شود زیرا درز جوش را خورده سوراخ سوراخ و متخلخل می سازد و شعله را باید طوری تنظیم کرد که اکسیژن آن از استیلن بیشتر باشد زیرا روی در حرارت ۴۱۹ درجه ذوب و در ۹۱۰ درجه تبخیر می شود و رسوبی از روی و اکسید روی در کنار درز جوش به وجود می آید. مقدار اکسیژن شعله بستگی به نوع آلیاژ دارد و می توان قبلاً قطعه ای از آن را به طور آزمایشی جوش داد و اگر درز جوش سوراخ و خورده نشد خوب است. و اکسیژن زیاد هم باعث کثیف شدن جوش می شود . ورقهای نازکتر از ۴ میلیمتر را از راست به چپ و ورقهای ضخیم تر از ۴ میلیمتر را از چپ به راست جوش می دهند. به چکش کاری و خروج دود خطرناک و استفاده از ماسک مخصوص وباز نمودن پنجره وهواکش باید توجه نمود .

## جوشکاری فولاد زنگ نزن با گاز

قابلیت هدایت حرارت فولاد زنگ نزن کمتر از فولاد معمولی می باشد و می توان سر مشعل را کوچکتر انتخاب کرد. شعله جوشکاری باید برای جوش فولاد زنگ نزن خنثی باشد زیرا اکسیژن یا استیلن اضافی با عناصر تشکیل دهنده فولاد زنگ نزن ترکیب شده و درز جوش خورده پس از مدتی زنگ می زند . روانساز جوشکاری فولاد زنگ نزن را به صورت خمیر در آورده روی درز جوش می مالیم . سیم جوش باید حتی المقدور از نوع خود فولاد زنگ نزن انتخاب شود و بهتر است تسمه باریکی از جنس همان فولادی که باید جوش داده شود را بریده و به جای سیم جوشکاری استفاده کرد .

در روش جوشکاری این فولاد مشعل را باید طوری نگهداشت که زاویه آن نسبت به کار بین ۸۰ تا ۹۰ درجه باشد . زاویه سیم جوش در حدود ۲۰ تا ۴۰ درجه است وسیم جوشکاری را جلوی مشعل نگذارید تا همزمان با لبه کار ذوب شود و نوک مخروطی باید با ناحیه مذاب تماس داشته باشد تا از اکسیده شدن فلز جلوگیری کند. و شعله را نباید یک دفعه از کار دور نمود زیرا درجه انبساط فولاد زنگ نزن بیشتر از فولاد معمولی است و بابست های مخصوص از پیچیدن و کج شدن آن در موقع جوشکاری باید جلوگیری کرد فاصله لبه کار را باید برای هر ۳۰ سانتیمتر ۳ الی ۴ میلیمتر بیشتر در نظر گرفت. پس از تمام شدن کار جوشکاری به وسیله برس و شتشو مواد اضافی تفاله و روانساز و یا گرد جوشکاری اضافی را باید کاملاً تمیز کرد و بر طرف نمود .

## جوشکاری فولادهای مولیبدونی

وقتی که به فولاد مولیبدون اضافه شود مقاومت آن را بالا می برد مخصوصاً در حرارتهای زیاد ، بنابراین موارد استعمال این نوع فولاد بیشتر در لوله هائی که تحت فشار و حرارت زیاد باشد بیشتر است. بعضی از فولادهای مولیبدونی دارای مقداری کرم نیز هستند این آلیاژ را که مولی کرم می نامند بیشتر در ساختن قطعات مقاوم هواپیما به کار برده می شوند. جوشکاری این فولاد مانند جوشکاری آهن می باشد با این تفاوت که برای مقاوم بودن جوش باید از الکترود نوع E_7010 و E_7012 و E_7020 استفاده شود و برای قطعات ضخیم که گرده های پهن مورد احتیاج است می توان از فولادهای قلیائیE_7016) ، E_7015 LOWHYDROGE)استفاده نمود. در مورد جوشکاری ورقهای ۵ میلیمتر و ضخیمتر لازم است بعد از جوشکاری ۱۲۰۰ الی۱۲۵۰ درجه فارنهایت گرم کرده و برای ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر به مدت یک ساعت گرم نگهداشت و بعد از آن باید قطعه به آهستگی سرد نمود به طوری که در هر ساعت ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه فارنهایت از حرارت آن کاسته شود وقتی که قطعه به ۱۵۰ درجه فارنهایت رسید بعد می توان قطعه را در هوای معمولی سرد کرد .

## جوشکاری مونل واینکونل

فلز مونل آلیاژی است از ۶۷ ٪ نیکل ۳۰ %مس و مقدار کمی آهن و آلومینیوم ومنگنز .
فلز اینکونل آلیاژی است از ۸۰ %نیکل ، 15%گرم و ۵ %آهن .
این دو فلز به علت مقاومت زیادی که در مقابل زنگ زدگی دارند برای ساختن تانکر و ظروف حامل مایعات به کار می روند .
**مونل و اینکونل** را می توان با الکترودهای پوشش دار به آسانی آهن جوشکاری کرد .
بنابراین جوشکاری این فلزات در تمام حالتها امکان پذیر است ولی بهتر است که درحالت تخت عمل انجام گیرد. قطعاتی که ضخامت آنها کمتر از ۱/۵ میلیمتر است نباید با قوس الکتریکی جوشکاری نمود. برای جوشکاری مونل واینکوئل باید عملیات زیر را انجام داد .

۱. قشر نازک اکسید تیره رنگ را از نقاطی که باید جوشکاری کرد به وسیله برس یا سمباده پاک نمائید .
۲. به گرم کردن قبلی احتیاجی نیست .
۳. از الکترودهای با پوشش ضخیم استفاده به عمل آید .
۴. درمورد جوشکاری حالت تخت زاویه الکترود نسبت به خط قائم درجه و در مورد حالتهای دیگر الکترود عمود بر صفحه باید باشد .
۵. –گرده های باریک ایجاد گردد .

## جوشکاری طلا

جوشکاری طلا به طریقه DC باجریان مستقیم انجام میگرد. الکترود را به قطب منفی وصل می نمائیم و یا با جریان فرکانس زیاد جریان متناوب کار میکنیم . ضمناً می توان برای جوشکاری طلا از طریقه جوشکاری نقطه جوش استفاده کرده که با الکترود و لفرامی عمل می نماید و پس از جوشکاری به وسیله صیقل نمودن با الکل کار را براق می نمائیم . ضمناً به وسیله جوشکاری کند پرسی نیز می توان طلا راجوش داد. جوش دادن متداول با شعلهای ریز و دقیق شبیه جوشکاری نقطه جوش می باشد.

## جوشکاری به روش نقطه جوش

صنایع مدرن و پیشرفته امروزه رقابت شدید در تولیدات صنعتی و نظامی سبب پیشرفت سریع جوشکاری گردید اصولی که از جوشکاری مورد انتظار است این است که :

۱. جوش سریع و تمیز باشد
۲. مخارج تهیه مواد جوشکاری کم باشد
۳. مخارج تهیه ماشین آلات حداقل باشد
۴. به کاربرد همه جانبه واستفاده صحیح در همه جا از دستگاه جوشکاری ممکن باشد .

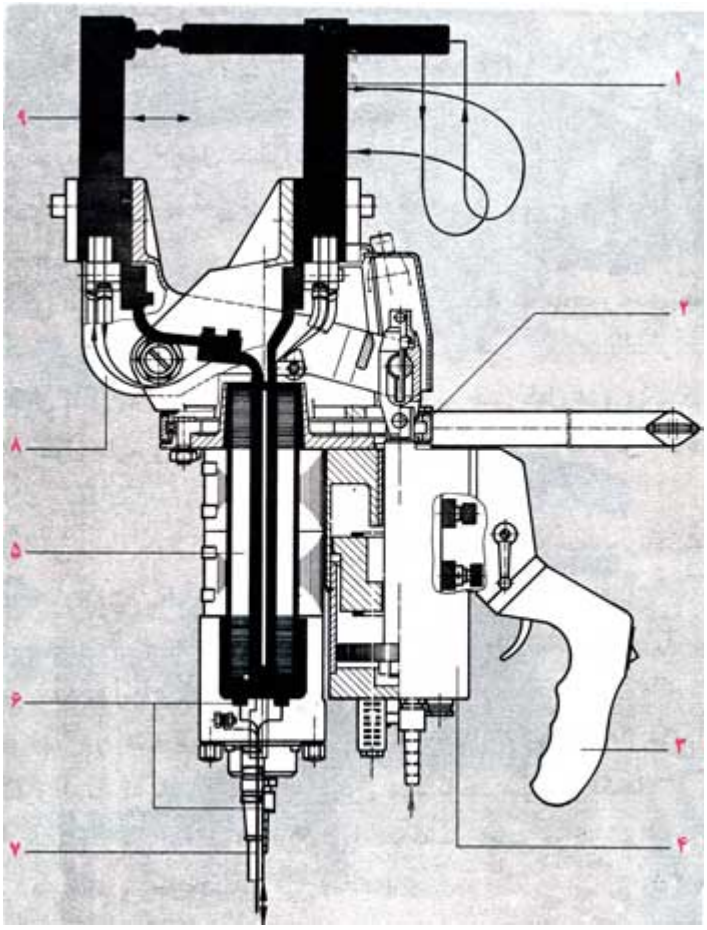
از دستگاههای سنگین جوشکاری یا دستگاههای زمینی برای جوشکاری ورقهای نازک و غیره نمی توان استفاده کرد .

نقطه جوشها به علت طرز کار صحیح و سریع با استفاده از فک های جوشکاری و مقاومت الکتریکی کاربرد زیادی در صنایع دارند و با اتصال دو قطب به ترانسفورماتور مبدل و فکهای آنها در اثر عبور جریان از نقطه تماس فکها و خاصیت مقاومت جریان به سرعت

حوزه مشخصی گرم شده و چون این گرم شدن تا حد ذوب در نقطه مشخص و محدود است به علت سادگی و تمیزی از آنها استفاده می گردد. جریان آب در داخل فکها سبب جلوگیری از ذوب شدن آنها شده و این دستگاهها به اندازه های مختلف ساخته می شوند و علت اصلی ابداع نقطه جوش برای جوشکاری صفحات نازک می باشند که با دستگاههای دیگر جوشکاری به سختی ممکن می باشد .

قطعات مختلف نقطه جوش نوع شلاتر

توضیح اینکه کارخانجات شلاتر دارای انواع دستگاههای نقطه جوش یا جوش دادن نقطه بوده و از ریزترین قطعات تا بزرگترین قطعات را از لحاظ دستگاه جوشکاری با آمپراژ و قدرت مشخص تامین می نماید .



## توصیف شکل

۱. بازوهای جوشکاری نقطه جوش یا الکترودهای جوشکاری از پروفیل مخصوص

۲. محل یا قلاب اتصال نقطه جوش (چون این نوع جوشکاری آویز در اکثر کارخانجات تولیدی استعمال می شود و بایستی کاملاً سریع التغییر و سریع العمل باشد .(

۳. دستگیره با محل گرفتن و فرمان دادن متخصص جوشکاری و قطعات و وسائل فرمان نیز دیده می شود برای سیلندر یا بدنه نقطه جوش

۴. سیلندر نقطه جوش یا بدنه اصلی برای کورس دوبل یا تک با تغییر دهنده کورس سیلندر و ضربه گیر مربوطه که عمل تغییرات مکانی را به طور کلی انجام می دهد .

۵. ترانسفورماتور جوشکاری که در خلاء ریخته شده و با آب سرد می شود . طبقه بندی ایزولاسیون F .

۶. سردکنندگی سریع با آب در حداکثر زمان اتصال که چنانچه مدت زیادی هم وصل باشد سرد کنندگی انجام می گیرد .

۷. محل اتصال کابل به دستگاه و سیمهای فرمان که بر طبق طول ضروری سری آن حداکثر ۱۰ متر طول دارد و حداکثر دقت در طراحی و ساخت آن به عمل آمده تا از لحاظ اتصالات الکتریکی صحیح باشد .

۸. بازوی پائینی نقطه جوش که طوری طراحی گردیده است که احتیاج زیاد به رسیدگی و کنترل ندارد و مفاصل و اتصالات کاملاً دقیق می باشند .

۹. فاصله صحیح و قابل تغییر مطابق با احتیاجات کار بازوی جوشکاری را می توان تغییر داد و بسته به ابعاد کار آن را تنظیم کرد .

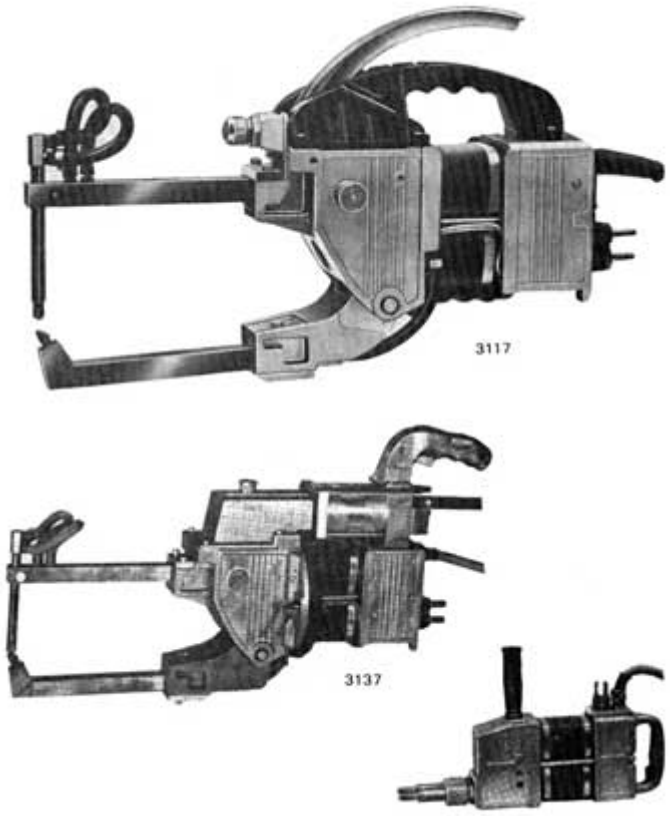
مسئله مهم در نقطه جوش" اول ورود جریان آب و خروج آن ، از فک ها یا بازوهای جوشکاری است که بایستی دقیقاً کنترل شودکه

باعث سوختن فک ها و دستگاه نشود .

مسئله دوم – زمان اتصال نقطه جوش است که در بعضی مواقع نیز از تامیر استفاده می گردد (قطع و وصل کننده دقیق زمان (

مسئله سوم- انتخاب صحیح الکترود یا دستگاه جوش با آمپر و و لتاژ مناسب می باشد که بسته به ضخامت کار بایستی طراحی و خریداری گردد .

مسئله چهارم – تمیز بودن فکهای جوشکاری به وسیله سنباده یا سوهان می باشد که اتصالات پهن و نا دقیق به دست ندهد و بایستی فکها پس از مدتی تیز شوند .




انواع وسایل نقطه جوش دستی و آویز و لوله های اتصال آب به فک های آنها نشان داده شده است این شکل نوعی آموزش بصری و توضیحی است که جایگزین عدم وجود امکانات کارگاهی دیگر می گردد.

## جوشکاری فلزات رنگین با برق

فلزات رنگین به فلزاتی گفته می شود که فاقد آهن و آلیاژهای آن باشد مانند مس – برنج – برنز -آلومینیوم – منگنز -روی – سرب تمام فلزات رنگین را با کمی دقت و مهارت و آشنایی اصول جوشکاری می توان با قوس الکتریکی جوش داد و باید خواص فلزات را در نظر گرفت .

**مس**

فلزی است قرمز رنگ با جلای فلزی – قابلیت جوشکاری و هدایت الکتریسته و حرارت مس خوب است. نقطه ذوب ۱۰۸۳درجه سانتی گراد است و آن را از سنگ معدن استخراج می کنند مس با اکسیژن ترکیب شده و اکسید مس می دهد .

## جوشکاری مس با برق

بهترین راه جوشکاری مس با جوش گاز اکسیژن و کاربید است. ولی می توان جوشکاری را با قوس الکتریکی نیز انجام داد. ورقه های مس را مانند ورقه های آهنی برای جوشکاری آماده می کنند ولی چون قابلیت هدایت حرارت مس زیاد است باید مقدار آمپر را قدری بیشتر در نظر گرفت و بهتر است همیشه با قطب مستقیم جوشکاری را انجام داد . زاویه الکترود نسبت به قطعه کار مانند جوشکاری فولاد است. طول قوس باید ۱۰ تا ۱۵ میلیمتر باشد .

برای جوشکاری مس می توان از الکترودهای ذغال استفاده کرد. الکترودهای جوشکاری مس بیشتر از آلیاژ، مس و قلع و فسفر ساخته شده است. گاهی از الکترودهائی که دارای فسفر برنز، سیلیکان با آلومینیوم هستند استفاده می شود .

## جوشکاری برنج با برق

برنج بهترین آلیاژ مس است و از مس و روی و گاهی قلع ومقداری سرب تشکیل میشود. این فلز در مقابل زنگ زدن و پوسیدن مقاوم است. چون روی در حرارت نزدیک ذوب برنج تبخیر می شود بنابراین جوشکاری این فلز با الکترود فلزی مشکل است .

در موقع جوشکاری ، روی بخار شده و اکسید آن محل جوش را تیره کرده و عمل جوشکاری را مشکلتر می نماید. ضمناً گازهای حاصله خطرناک بوده و باید محل کار تهویه گردد .

حرکت دست در موقع جوشکاری بسیار مهم است و باید حتی الامکان سرعت دست را زیاد کرده و گرده جوش کمتری ایجاد شود تا فرصت زیاد برای تبخیر روی نباشد. برنج را می توان با الکترودهای گرافیتی و الکترود معمولی جوشکاری نمود. درجوشکاری با الکترود گرافیتی از آلیاژ برنز یا از آلیاژی مشابه آلیاژ فلزی که باید جوش داده شود استفاده می شود. و نیز در جوشکاری برنج از قطب معکوس استفاده می گردد. فاصله الکترود تا کار باید حدود ۵ تا ۶ میلیمتر باشد .

## جوشکاری روی با برق

قبلاً قطعات روی را به وسیله لحیم قلع به هم متصل می کردند ولی امروز جز در مواردی که قطعات روی را به وسیله لحیم کاری بتوان اتصال داد این فلز را جوش می دهد. در جوشکاری روی، روانساز لازم است که بتواند از اکسیداسیون کاملاً جلوگیری کند. با شعله ملایم پستانک کوچکی که زاویه که تمایل آن نسبت به قطعه کار در حدود ۳۰ درجه باشد می توان با سرعت زیاد قطعات روی را جوش داد و درز جوش خورده تمیزی به دست آورد .

درز جوش خورده روی را میتوان در درجه ۱۵۰ درجه سانتی گراد چکش کاری کرد تا ذرات آن در هم فشرده شده و مستحکمتر و ظریفتر شوند. سیم جوشکاری روی باید کاملاً خالص باشد . آلیاژهای روی که از اختلاط مس و آلومینیوم به دست می آیند نیز به خوبی جوش داده می شوند به شرط آنکه از سیم و گرد جوشکاری مخصوص آنها استفاده شود. چنانچه مقدار آلومینیوم در آلیاژ روی افزایش یابد قابلیت جوشکاری آن کاهش خواهد یافت .

## الکترودهای فلزات غیر آهنی

۱. آلومینیوم
۲. آلومینیوم و آلیاژهای آن
۳. برنز – برنج – مس

**رنگ شناسائی :** انتها – نقره ای

الکترود برنز مخصوص جوش اتصالی و روکشی برنز – اتصال برنز به فولاد ریختگی به چدن سیاه – روکشی یا تاقانهای برنز درماشین سازی – اتصال آلیاژهای مسی و قطعات مس و تعمیر وسائل برنزی .

این الکترود دارای جریان آرام است و به آسانی جوش می خورد در وضعیت اجباری هم همان جریانهای وضعیت افقی کافی است ،در جوش روکشی باید توجه داشت که سطح جوش دادنی از هر گونه ناپاکیها واثرات شیمیایی پاک گردد. در جوشکاری قطعات آهن لای اول را حتی المقدور با جریان کم جوش می دهند تا از ناخالصی جنس جوش که دراثر ذوب شدن فلز مبنا صورت می گیرد حتی المقدور جلوگیری شده باشد .برای لایه های بعدی می توان شدت جریان را زیادتر کرد. برای آنکه حوضچه مذاب آرام تر سرد شود الکترود را به طور دایره می گردانند یعنی شعله مکرراً از روی حوضچه ذوب عبور کند بسته به موقعیت قطعه کار پیش گرم کردن آن ممکن است مفید باشد. برای جوش اتصالی با حداکثر شدت جریان کار می کنند. از نظر نقل حرارت در مس و آلیاژهای آن باید منطقه جوش قبلاً در حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد گرم شود . برای جلوگیری از بالا آمدن زیاد درزهای لب به لب به فاصله بین دو قطعه کار توجه کافی کرد .

## جوشکاری آلیاژهای فولاد با برق

برای مصارف در صنعت فولاد را با مواردی از قبیل منگنز -نیکل – تنگستن و کرم ترکیب می کنند. این آلیاژهای فولاد را با قوس الکتریکی می توان به هم جوش داد ولی جوش کاری آنها به مراتب سخت تر از آهن است. زیرا در بعضی موارد و اوقات آلیاژ اصلی فولاد در نتیجه حرارت زیاد تجزیه می شود یا باعث سخت شدن قسمت گرم شده گشته و در سطح جوشکاری شده ترکهائی ایجاد می شود. ضمناً شلاکه(گل جوش) و گاز حاصل از سوختن پوسته الکترود در گرده جوشکاری باقی می ماند و باعث کم شدن استحکام جوش می شود .

## جوشکاری برنز با برق

برنز آلیاژی است که از ترکیب مس و قلع و روی و آلومینیوم به دست می آید. استحکام برنز نسبت به برنج بیشتر است و برای کارهای تولیدی که به مقاومت زیاد احتیاج داشته باشند و در برابر زنگ زدگی و پوسیدگی مقاوم باشند به کار می رود .

در جوش برنز از الکترود پوششی نظیر آنچه که برای جوش برنج و مس به کار می رود، می توان استفاده کرد. نکاتی که در جوشکاری برنز باید رعایت کرد عبارت است از :

۱. ناحیه جوش باید کاملاً از روغن و غیره تمیز شود. به طوری که رنگ طلائی برنز ظاهر شود .
۲. از الکترودهای با پوشش ضخیم و فسفر و برنز استفاده کنید .
۳. مقدار آمپر را معمولاً ۵ تا ۱۰ آمپر بیش از فولاد در نظر می گیرند .
۴. حتی المقدور باید سعی کرد که از گرده پهن در جوشکاری برنز خودداری کرد .

# جوشکاری آلومینیوم با گاز

## تنظیم شعله مشعل استیلن یا کاربید و هوا درموقع جوشکاری آلومینیوم

در وهله اول برای شروع کار جوشکاری آلومینیوم باید مقدار استیلین کمی از اکسیژن بیشتر باشد زیرا روانساز هنوز کاملاً گرم نشده و نمی تواند اکسیژن را جذب نماید .
پس از شروع جوشکاری از شعله خنثی استفاده می گردد و سیم جوش در حال جوشکاری ممکن است از آلیاژ آلومینیوم یا آلومینیوم خالص باشد که پنج درصد سیلیسیم دارد و توجه شود که قطر سیم جوش باید کمی بیشتر از قطعاتی باشد که می خواهیم جوش بدهیم و آن را در موقع جوشکاری گرم نموده و د روانساز وارد می کنیم .

## نکات مهم دیگر جوشکاری آلومینیوم با گاز استیلن

پس از تمیز نمودن سطح بالائی فلز آلومینیوم با رنده، سوهان و برس ورقهای آلومینیوم کمتر از ۰/۵ میلیمتر را می توان از طریق خم کردن لبه آنها بدون سیم جوش جوشکاری نمود و ورقهای کمتر از ۳ میلیتر احتیاج به پخ زدن ندارند، چنانچه امکان جوشکاری از دو طرف باشد دو نفر جوشکار می توانند ورقهای به ضخامت حتی ۱۵ تا ۲۰میلیمتر را لب به لب جوش بدهند و برای لوله های ضخیمتر آن را پخ می زنند. قطعات ریخته گری شده آلومینیوم را فقط در وضع افقی جناغی نموده، جوش می دهیم و پنبه نسوز یا آجر نسوز زیر کار نباید فراموش شود. و قطعات طولانی را باید به وسیله بست هائی به یکدیگر متصل نمود و قرار دادن پنبه نسوز برای جلوگیری از ریختن آلومینوم است .

## نکات دیگری که پس از جوشکاری آلومینیوم باید رعایت شود

چکش کاری درز جوش در حالت گرم برای ازدیاد استحکام با ضربات سریع و ملایم انجام می گیرد و زیر کاری تکیه گاه نباید حالت فنریت داشته باشد.به وسیله محلول اسید نیتریک، روانساز باقیانده در روی سطح فلز را به وسیله برس زدن در آب گرم یا محلول اسید از روی آن بر می داریم. و با آب گرم می شوئیم و بهتر است پس از خاتمه جوشکاری آنها را کمی گرم کنید و در هوای آزاد نگذارید تا به تدریج برای آماده سازی قبلی به طوری که گفته شد قطعات آلوده به روغن و گریس را به وسیله بنزین و سپس با محلول سود ۱۰٪ باید شست یا گرم کرد که چربی ها بسوزد و با برس تمیز گردد. قطعات بزرگ را مانند قطعات چدن قبلاً گرم می نمائیم و هیچگونه تغییر ظاهری در آلومینیوم مشاهده نمی گردد .

## جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم

در مورد آلیاژهای آلومینیوم روش جوشکاری خالص آلومینیوم می باشد و روانساز می تواند در مورد قطعات شکسته آلومینیوم کثافات را از درز شکسته شده بیرون آورد . هر چند منیزیم آلیاژ بیشتر باشد عمل جوشکاری دشوارتر شده و لایه اکسیدی از سیلان فلز مذاب جلوگیری می نماید. بدین جهت جوشکاری آلیاژهائی که بیش از ۲/۵٪ منیزیم دارند احتیاج به مهارت زیاد جوشکاری دارد و بهتر است این آلیاژها را با قوس الکتریکی و گاز محافظ جوش داد .چون درموقع جوشکاری منیزیم آلیاژ می سوزد و سیم جوش با دارا بودن منیزیم باید کمبود منیزیم ناحیه ذوب را تأمین نماید. در مورد عملیات بعد از جوشکاری چون درز جوش خاصیت فلز ریخته شده را پیدا می نماید سخت تر شده و بایستی آن را با چکش کاری درمحل جوشکاری شده تا اندازه ای تصحیح کرد.

## جوش قوس الکتریکی

یکی از متداول ترین روشهای اتصال قطعات کار می باشد، ایجاد قوس الکتریکی عبارت از جریان مداوم الکترون بین دو الکترود و یا الکترود و یا الکترود و کار بوده که در نتیجه آن حرارت تولید می شود. باید توجه داشت که برای برقراری قوس الکتریک بین دو الکترود و یا کار و الکترود وجود هوا و یا یک گاز هادی ضروری است. بطوریکه در شرایط معمولی نمی توان در خلاء جوشکاری نمود .

در قوس الکتریکی گرما و انرژی نورانی در مکانهای مختلف یکسان نبوده بطوریکه تقریباً ۴۳٪ از حرارت درآند و تقریباً ۳۶٪ در کاتد و ۲۱٪ بقیه بصورت قوس ظاهر می شود. دمای حاصله از قوس الکتریکی بنوع الکترودهای آن نیز وابسته است بطوریکه در قوس الکتریکی با الکترودهای ذغالی تا ۳۲۰۰ درجه سانتیگراد در کاتد و تا ۳۹۰۰ در آند حرارت وجود دارد. دمای حاصله در آندو کاتد برای الکترودهای فلزی حدوداً ۲۴۰۰ درجه سانتیگراد تا 2600 درجه تخمین زده شده است .
در این شرایط درجه حرارت در مرکز شعله بین ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد می باشد از انرژی گرمائی حاصله در حالت فوق فقط ۷۰٪ تا ۶۰ %در قوس الکتریک مشاهده گردیده که صرف ذوب کردن و عمل جوشکاری شده و بقیه آن یعنی 30% تا ۴۰٪ بصورت تلفات گرمائی به محیط اطراف منتشر می گردد .

طول قوس شعله Arc length بین ۰/۸ تا ۰/۶ قطر الکترود می باشد و تقریباً ۹۰٪ از قطرات مذاب جدا شده از الکترود به حوضچه مذاب وارد می گردد و ۱۰٪ باطراف پراکنده می گردد. برای ایجاد قوس الکتریکی با ولتاژ کم بین ۴۰ تا ۵۰ ولت در جریان مستقیم و ۶۰ تا ۵۰ ولت در جریان متناوب احتیاج می باشد ولی در هر دو حالت شدت جریان باید بالا باشد نه ولتاژ.

## انتخاب صحیح الکترود برای کار

### انتخاب صحیح الکترود برای کار

انتخاب صحیح الکترود برای جوشکاری بستگی به نوع قطب و حالت درز جوش دارد مثلاً یک درز V شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه با ضخامت زیاد حداکثر با قطر اینچ که معادل ۲ میلیمتر است برای ردیف اول گرده جوش استفاده می گردد تا کاملاً در عمق جوش نفوذ نماید. ولی چنانچه از الکترود با قطر بیشتر استفاده شود مقداری تفاله در ریشه جوش باقی خواهد ماند. که قدرت و استحکام جوش را تقلیل می دهد .

## انتخاب صحیح الکترود ( از نظر قطر)

بایستی توجه داشت که همیشه قطر الکترود از ضخامت فلز جوشکاری کمتر باشد هر چند که در بعضی از کارخانجات تولیدی عده ای از جوشکاران الکترود با ضخامت بیشتر از ضخامت فلز را به کار می برند. این عمل بدین جهت است که سرعت کار زیادتر باشد ولی انجام آن احتیاج به مهارت فوق العاده جوشکار دارد .
همچنین انتخاب صحیح قطر الکترود بستگی زیاد به نوع قطب ( + یا – ) و حالت درز جوش دارد مثلاً اگر یک درز V شکل با زاویه کمتر از ۴۰ درجه باشد بایستی حداکثر از الکترود با قطر پنج شانزدهم اینچ برای ردیف اول گرده جوش استفاده کرد تا کاملاً بتوان عمق درز را جوش داد. چنانچه از الکترود با قطر زیادتر استفاده شود مقداری تفاله در جوش باقی خواهد ماند که قدرت و استحکام

جوش را به طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد داد. در حین جوشکاری گاهی اوقات جرقه هائی به اطراف پخش می شود که دلایل آن چهار مورد زیر است .

۱. ایجاد حوزه مغناطیسی و عدم کنترل قوس الکتریکی
۲. ازدیاد فاصله الکترود نسبت به سطح کار
۳. آمپر بیش از حد یا آمپر بالای غیر ضروری
۴. عدم انتخاب قطب صحیح برای جوشکاری

## اطلاعات پاکت الکترود

مطابق استاندارد پاکت ها و کارتنهای الکترود بایستی علامت ها و نوشته هائی داشته باشند که حتی المقدور مصرف کننده را در دسترسی به کیفیت مطلوب جوش راهنمائی و یاری نمایند .
در روی پاکت الکترود علاوه بر نام کارخانه سازنده ، نوع جنس نیز درج می شود که برای مصرف صحیح حائز اهمیت است .
هر پاکت الکترود بایستی علاوه بر اسم تجارتی الکترود، طبقه بندی آن الکترود را حداقل طبق یکی از استانداردهای مهم بیان نماید.
برای آگاهی از طول زمان ماندگی الکترود در کارخانه، بازار یا انبار و غیره . شماره ساخت یا تاریخ تولید روی پاکت نوشته یا مهر زده می شود .
قطر سیم مغزی الکترود مصرف کننده را در کاربرد صحیح آن با توجه به ضخامت فلز، زاویه سیار ، ترتیب پاس و غیره راهنمایی می کند .
نوع جریان برق از اینکه جریان دائم یا جریان متناوب لازم است( با موتور ژنراتور یا ترانسفورماتور می توان جوش داد) یا هر دو و در جریان دائم نوع اتصال قطبی بایستی یا به عبارت یا علامت روی پاکت درج شود .
حالت یا حالاتی از جوشکاری که این الکترود در آن حالت یا حالات مناسب است روی پاکت بیان می شود .
درج حدود شدت جریان برق ( بر حسب آمپر ) جهت انتخاب اولیه ( تنظیم دقیق شدت جریان ضمن جوشکاری با توجه به عوامل مختلف انجام می شود) ضروری است. وزن الکترودها یا تعداد الکترود داخل هر بسته روی پاکت یا بر چسب آن درج می شود.
نوشتن مواردی که در بالا به آن اشاره شد، روی پاکت مطابق بیشتر استانداردها اجباری است .
همچنین خواص مکانیکی و شیمیائی ، وضعیت ذوب و کیفیت قوی، نحوه نگهداری و انبار کردن، درجه حرارت خشک کردن، مواد استعمال بخصوص و پاره ای توصیه های دیگر در روی پاکت برای آگاهی مصرف کننده چاپ شده و یا مهر زده می شود.

## الکترودها در جوش قوس الکتریکی

## انواع قوس ها در جوشکاری با قوس الکتریک :

تهیه قوس الکتریک به دو صورت با الکترودهای مصرفی و یا با الکترودهای غیر مصرفی مثلاً الکترودهای ذغالی و تنگستنی انجام می گیرد .
قوس الکتریک را می توان هم با جریان مستقیم و هم با جریان متناوب ایجاد کرد. ولی عملاً دیده می شود که جوشکاری با جریان مستقیم راحت تر و بهتر انجام می گیرد .

## جنس الکترودها در جوشکاری با قوس الکتریک :

چنانچه الکترود از نوع غیر مصرفی باشد الکترود از کربن – گرافیت یا تنگستن اختیار می گردد. الکترودهای کربنی یا گرافیتی مورد استعمالشان فقط در جوشکاری با جریان مستقیم می باشد در حالیکه الکترودهای غیر مصرفی از فلز تنگستن یا ولفرام را می توان برای هر دو نوع جریان بکار برد .

جنس الکترودها بر حسب موارد کاربردشان از مواد گوناگونی ساخته شد و معمولاً شامل تقسیم بندی زیر می باشد :

۱. فولاد نرم
۲. فولاد پر کربن
۳. فولاد آلیاژی مخصوص
۴. الکترود چدن
۵. فلزات غیر آهنی

در مورد فلزات غیرآهنی از الکترودها و آلیاژهای مانند مس – آلومینیوم – آب نقره برنج و برنز می توان نام برد .

## ترکیب شیمیایی روپوش الکترودها

روپوش الکترودهای فلزی از مواردی مانند آهک یا اکسید کلسیم $CaO$ فلوئور کلسیم – $F_2Ca$ اکسید سدیم – $Na_2O$ تیتان یا تیتانیم – $Ti$ سلولز روتایل – اجسام الیافی مانند آسبست – خاک رس -سیلیسیم $Si$ پور تالک و مایع سیلیکات سدیم یا پتاسیم و غیره می باشد. مقدار وزن پوشش نسبت به الکترود بیت ۲۵٪ تا ۵٪ وزن الکترود و نقطه ذوب مجموعه مواد تشکیل دهنده بایستی کمتر از فلز یا آلیاژ سازنده الکترود جوشکاری باشد .

فاصله الکترود را نباید از کار زیاد نمود تا الکترود نتواند با گازهای متصاعده از روپوش خود منطقه ذوب را نگهداری کند و در برابر تاثیر گازهای خارجی محافظت بنماید .

## اثرات الکترود شامل موارد زیر است :

۱. اگر روپوش الکترود فاسد یا مرطوب شود قوس الکتریکی پیوسته انجام نمی شود و بایستی الکترودها را که دارای مواد آهکی هستند در درجه حرارت بین ۸۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد در خشک کننده الکترود قرار داد تا از فساد پوشش آنها جلوگیری شود .
۲. حفظ ناحیه جوش از اکسیده شدن و تاثیر ازت و ایجاد اکسید فلزی .
۳. خارج راندن مواد مضر از ناحیه جوش زیرا پوشش الکترود ذوب شده و در روی ناحیه مذاب بصورت محافظی قرار می گیرد و چنانچه مواد زیان بخش در داخل مذاب باشد آن ها را بطرف بالا می کشد .

## تقسیم بندی الکترودها از نظر پوشش شیمیائی

دانستن دقیق پوشش الکترودها اغلب جزء اسرار کارخانجات سازنده می باشد و بر حسب مقدار درصد مواد و نوع ترکیبات شیمیائی کاملاً متفاوت هستند .بطوریکه بعضی از الکترودها برای کار خاصی ساخته شده اند چنانچه اگر برای جوش دادن کارهای دیگر

مصرف شوند مقاومت دلخواه جوشکاری به دست نخواهد آمد .
الکترودها از نقطه نظر پوشش به سه گروه اصلی زیر تقسیم می شوند .

۱. الکترودهای اسیدی
۲. الکترودهای روتایلی
۳. الکترودهای بازی

که از اسم آن ها می توان به تر کیبات آن پی برد.

## انواع گرده جوش در جوش برق

### طریقه ایجاد قوس الکتریکی با دست

برای ایجاد قوس الکتریکی مانند نوک زدن مرغ عمل می نمائیم و الکترود را به کار نزدیک کرده و پس از برقراری شعله آن را در فاصله ای بین ۲ تا ۳ میلیمتر نسبت به کار نگه می داریم و صدای یکنواخت معرف تنظیم بودن جریان جوش می باشد. در جوشکاری تخت الکترود با زاویه تمایل بین ۱۵ تا ۲۰ درجه نسبت به خط قائم قرار دارد و با تغییراتی در این زاویه می توان تغییراتی در گروه و نوع جوش بوجود آورد .

برای پر کردن با حرکات مختلفی که به الکترود می دهند عمل می شود و انواع مختلف حرکت الکترود وجود دارد و برای پر کردن درز جوش مورد استفاده قرار می گیرد .

۱. پر کردن در امتداد محور الکترود
۲. پر کردن درز جوش بصورت شکسته و بسته
۳. پر کردن درز جوش بطور زیگزاگ
۴. پر کردن درز جوش با نوسان دایره ای

که ۱و۲ برای کارهای معمولی و لبه های کار اختیار میشود، و ۳و۴ به وسیله گرم نگه داشتن لبه های اتصال مانع خنک شدن حوضچه مذاب گردیده و در نتیجه موجب افزایش نفوذ گرده جوش می گردد. در جوشکاری چند پاس بایستی هر پاس که جوشکاری می شود به وسیله چکش و برس تمیز گردد و سپس پاس بعدی جوش داده شود .

### جوشکاری قائم یا :Vertiealwelding

این نوع جوش دادن معمولاً مشکل می باشد زیرا حوضچه مذاب متمایل می باشد که بسمت پائین حرکت کند و بدیت جهت حرکت الکترود از پائین بطرف بالا در نظر گرفته می شود و برای ورقهای نازکتر از ۱/۵ میلیمتر نمی توان استفاده کرد .

### جوش بالای سر :Overhead weling

در این نوع جوشکاری باید قوس الکتریکی ایجاد شده خیلی کوتاه و الکترود دارای روپوش دیرگذاری باشد تا بتواند پوششی مناسب

بر روی حوضچه مذاب بوجود آورد و از چکیدن قطرات فلز ذوب شده جلوگیری کند .
در جوشکاری قوس الکتریک گرمای ایجاد شده مابین انتهای الکترود لبه های صفحات را ذوب نموده و قطرات فلز مذاب را سر الکترود با سرعتی در حدود ۴۰ متر بر ثانیه جدا می شوند که حد میانگین آنها بین ۱۰ تا ۲۰ قطره در هر ثانیه می باشد.

# ابزار مورد نیاز جوشکاری

## ماسک جوشکاری

جوش برق به علت جرقه قوی و اشعه ماوراء بنفش بشدت به چشم صدمه زده و چندین مرتبه نگاه کردن با چشم غیر مسلح کافی است که عوارض و درد چشم را به همراه داشته باشد. که می توان از کمپرس آب سرد و غیره استفاده کرد. شیشه های عینکی در جوشکاری برق شماره گذاری شده و بر طبق جدول بایستی انتخاب شوند و طوری باشند که به سختی بتوان دور یک چراغ را تشخیص داد وبه صورت انواع ماسک های دستی – صورتی و کلاهی ساخته شده اند. برای راحتی کارکردن و نیز کار در محلهای سخت انواع ماسک ها با تجهیزات مختلف استفاده می گردد .

## عینک جوشکاری

نور شدیدی که به وسیله شعله اکسی استیلن تولید می شود چنانچه با چشم غیر مسلح به آنها نگاه کنیم سبب صدمه زدن به بافتهای چشم می گردد بنابراین باید همیشه یک عینک مناسب با شیشه رنگی که مورد تائید متخصص است به کار برد و مقدار تیرگی عینک باید طوری باشد که نور به اندازه لزوم جهت دیدن کار از آن عبور کند و چنانچه پس از برداشتن عینک از چشم نقاط سفیدی در حال جنب و جوش در برابر چشم دیده شوند. شیشه همه نورهای مضر را جذب نمی کند .

## الکترود گیرو اتصال

اتصالات و الکترودگیرها نیز با ساختمانهای متفاوت طراحی گردیده اند و فنر الکترودگیر را نباید حرارت داد و بهتر است وقتی الکترود تا طول ۵ سانتی متر باقیمانده آن را تعویض نمود که صدمه به انبر گران قیمت جوشکاری نزند .

گیره های مختلف اتصال به میز، اتصال تمیز و صحیح برای عبور جریان یکی از موارد مهم در جوشکاری برق می باشد. در دنیای صنعتی فعلی مسئله وسائل اندازه گیری دقیق بسیار مهم می باشد و حتی وسائل اندازه گیری الکترونیکی ساخته شده اند. قبل از هر چیز بایستی جوشکار توجه کند که عدم دقتهای قدیمی را به کنار گذارده و هر طرح و ساخته وی بایستی – مقاوم متناسب با وضع درخواستی و با حداقل مواد گران مصرفی باشد .

## دستکش ها و لباسهای حفاظتی جوشکاری

استفاده از دستکش و پیش بند چرمی در هر نوع جوش برق و گاز ضروری است و پیشنهاد می شود زیرا ذرات مذاب فلز بر روی بدن و سر و صورت جوشکار پرتاب شده و سبب سوختگی بدن می گردد. توجه نمائید بهیچ وجه در حین جوشکاری از لباسهای پشمی استفاده نکنید و نیز برای جلوگیری از صدمات جرقه در حین جوشکاری از کلاه جوشکاری یا ماسک کلاه دار جوشکاری استفاده می گردد که سر و صورت را در مقابل ضربات احتمالی حفظ می نماید .

## چکش جوش

برای برطرف نمودن شلاکه (گل جوش) می باشد و برس برای تمیز نمودن سطح جوش از شلاکه جهت جوشکاری بعدی است .

## دلر دستی و سنگ سنباده

وسائل مورد نیاز در کارگاههای جوشکاری – انتخاب صحیح و دقیق آنها یکی دیگر از مسائل است که در آموزش و در طرز کار و پیشرفت کار مهم می باشند .سنگ سنباده دستی و دلردستی از آن جمله می باشد .
دلرها و سنگ سنباده ها با طرحهای متفاوت و متعدد از طرف کارخانجات ساخته شده اند آنچه که درآموزش بیش از همه باید توجه کرد نکات ایمنی است .

## جعبه مشعل و وسائل

جعبه مشعلهای جوشکاری معمولاً کلیه وسایل لازم برای جوشکاری را دارا می باشند. و مشعلهای جوشکاری را می توان به دسته بک سوار نمود و پیچ کرد و نیز در مواقع ضروری مشعل برش نیز به دسته بک سوار می شود – قرقره و بازو و سوزن برای تمیز نمودن معمولاً در این جعبه ها قرار دارد. شماره مشعل در قسمت سرمشعل حک شده است .

## مشعل های جوشکاری

وظیفه مشعل تنظیم اختلاط گاز سوخت و اکسیژن به اندازه معین می باشد که آن را با سرعت کمی بیشتر از سرعت احتراق از دهانه خود خارج نماید .
مشعل ها بر دو نوع می باشند

1. مشعل فشار مساوی
2. مشعل انژکتوری یا فشار ضعیف

در مشعل انژکتوری اکسیژن با فشار ۳ آتمسفر از سوراخهای ریز انژکتور مانند و دایره ای خارج شده و گاز سوخت را که در روزنه وجود دارد با خود بدرون محفظه اختلاط می کند و پس از مخلوط شدن به نسبت مساوی از سر مشعل خارج می شود که به مشعل فشار ضعیف یا انژکتوری معروف می باشد. در نوع دیگر مشعل فشار مساوی اکسیژن و گاز سوخت با فشار مساوی وارد محفظ اختلاط گردیده و با هم مختلط می شود و هر دستگاه چند لوله اختلاط کننده با سر مشعل مربوطه دارد که از استیلن موجود در لوله های فشار قوی استفاده میگردد و با تعویض سر مشعل شعله های مختلف ایجاد می نمایند در روی لوله های اختلاط قطر ورقهای فولادی از ۰/۳ تا ۳۰ میلیمتر و فشار گاز نوشته شده است و برای جوش دادن ورق فولادی به ضخامت ۱ میلیمتردر هر ساعت حدود ۱۰۰ لیتر اکسیژن و ۱۰۰ لیتر نیز استیلن مصرف می گردد که در شرایط مساوی با هم مخلوط شده اند .

درموقع کار با مشعل جوشکاری باید به نکات مخصوص دقت شود :
برای پاک کردن سر مشعل از سوهان استفاده نکنید و اکثراً این کار را در کارگاهها انجام می دهند. این عمل سبب خواهد شد که سوارخ آن گشاد شود و بهتر است با تکه ای چرم پاک کنید و برای بازکردن قطعات مشعل از آچار مخصوص استفاده نمائید و انبردست به کار نبرید و سعی شود که سرمشعل سرد به مشعل گرم نپیچانید و لوله های اختلاط را عوض نکنید هر گاه اختلاط در کار مشعل روی داد فوراً شعله را خاموش نموده و علت آن را پیدا کنید .

سوراخهای مشعل را باید با سوزن مخصوص همان شماره پاک کنید و از وسائل دیگر استفاده نکنید. بازکردن و بستن شیر مشعل باید کاملاً آهسته انجام گیرد و موقع روشن و خاموش کردن اول شیر استیلن و سپس شیر اکسیژن را باز کنید و مشعل روشن را هرگز روی زمین قرار ندهید. از زدن روغن با مشعل کاملاً جلوگیری کنید و هرگز روغن نزنید و برای بازکردن یاچرب کاری از کف صابون یا گلیسیرین استفاده نمائید .
چنانچه سرعت خروج مخلوط استیلن و اکسیژن از سر مشعل کمتر از سرعت احتراق آن باشد شعله بداخل مشعل پس می زند و در این حال بایستی مقدار هر دو گاز را زیاد کنید به رعایت نکات فوق کاملاً توجه فرمائید که باعث خطرات جانی نشود .

## رگلاتور

به طوری که قبلاً ذکر شد فشار گاز در کپسول اکسیژن ۱۵۰ آتمسفر و در کپسول آستیلن ۱۵ آتمسفر می باشد و جوشکاری با این فشارهای زیاد امکان پذیر نیست. بدین جهت بایستی فشار کپسول را کاهش داده و به فشار گاز تبدیل نمود فشار گاز با بزرگی و کوچکی سرمشعلی که برای جوشکاری به کار می رود تغییر می کند و مقدار آن معمولا برای اکسیژن ۰/۵ الی ۴ اتمسفر و برای آستیلن ۰/۲ الی ۱ آتمسفر می باشد فشار گاز در تمام مدت جوشکاری ثابت و یکسان می باشد . عمل کاهش و تنظیم فشار گاز کپسولها به وسیله رگلاتور انجام می گیرد بنابراین رگلاتور دو وظیفه دارد :

۱. فشار گاز داخل کپسول را به فشار کار تبدیل می نماید .
۲. فشار کاررا همیشه ثابت نگه می دارد .

رگلاتور از لحاظ ساختمان مکانیکی بر دو نوع است :
الف – رگلاتور انژکتوری

ب – رگلاتور سوپاپی

رگلاتورهای انژکتوری بیشتر متداول بوده که بدنه آن از برنج ساخته شده و به وسیله مهره ای به سوپاپ کپسول و دیگری برای نشان دادن فشار کار می باشد و به وسیله پیچ به بدنه وصل شده است داخل رگلاتور از چند فنر و یک دیافراگم و انژکتور تشکیل شده است اگر پیچ تنظیم فشار در جهت عقربه های ساعت پیچانده شود فشار کار و در نتیجه مدار گاز زیاد می گردد و اگر گاز مصرف نگردد جریان آن به خودی خود قطع می گردد و هم چنین فشار کپسول هر مقدار باشد رگلاتور وظیفه خود را به نحو احسن انجام می دهد .
فنرهای رگلاتور از بهترین فولاد و دیافراگم آن از برنز فسفردار و یا از ورقه های نازک فولادی و یا از لاستیک و انژکتور آن از برنز و نشیمن انژکتور از کائوچو یا از فیبر ساخته می شود رگلاتور سوپاپی نیز اصول کار آن مانند رگلاتور پستانکی می باشد با این تفاوت که به جای پستانک (انژکتور) سوپاپ به کار رفته است اجزا مختلف این رگلاتور نیز مانند رگلاتور انژکتوری می باشد و میله سوپاپ آن از فولاد بسیار عالی ساخته شده است .

رگلاتور ها از لحاظ دفعات کاهش فشار به دو نوع تقسیم می شوند :

۱. رگلاتور یک مرحله ای که فشار کپسول را در دو مرحله به فشار مطلوب تبدیل می نماید .
۲. رگلاتور دو مرحله ای که فشار کپسول در دو مرحله به فشار مطلوب تبدیل می گردد .

مرحله اول معمولاً مرحله ثابت است یعنی فشار گاز در محفظه رگلاتور به وسیله دیافراگم غیر قابل تنظیم به مقدار ثابت و معین کاهش می یابد این فشار ثابت اکسیژن ۵ اتمسفر و برای آستیلن ۳ آتمسفر است. با استفاده از رگلاتور دو مرحله ای نوسان فشار گاز به کلی از بین می رود . هر رگلاتوری با وسیله اطمینانی مجهز شده است که دیافراگم و سایر اجزاء آن را در مقابل آسیبهای وارده و خرابی محافظت می نماید. وسیله اطمینان معمولاً پولکی است که به محافظ فشار ضعیف رگلاتور متصل است و در فشار بین ۶ و ۱۵ آتمسفر که کمتر از فشار ترکیدن دیافراگم است ترکیده و گاز را به هوای آزاد هدایت می نماید. مهره اتصال رگلاتور اکسیژن راست گرد و مهره اتصال رگلاتور گاز استیلن چپ گرد می باشند .

## فشار سنج ها

یکی از حساس ترین قسمتهای جوشکاری دستگاههای فشار سنج برای اکسیژن و هیدروژن می باشد در انواع مختلف فشار سنجها برای اکسیژن- استیلن و سایر گازها پیش بینی شده اند که در روی کپسولها نصب می گردند .

فشار گاز استیلن در مخازن حداکثر تا ۳۰ $Kp/cm^2$مربع و فشار مصرف تا ۵ $Kp/cm^2$حداکثر می باشد ولی معمولاً با فشار خیلی کمتر مخزن و حدود ۱/۵ تا ۳ کیلو پوند بر سانتی متر مربع استیلن کار می شود.

قطعات ماشین آلات پس از مدتی کار شکستگی های مختصر یا سائیدگی های کمی پیدا می نمایند به طوری که نمی توان با آنها کارکرد یا تولرانس لازم برای کار را ندارند و چنانچه به کار گرفته شوند سبب صدمات بیشتر به ماشین آلات شده و چنانچه دور ریخته شوند از نظر اقتصادی تهیه آنها مقرون به صرفه نمی باشد لذا می توان با سیستم پا شش فلزات قشر نازکی در روی آنها ایجاد نمود که مانع لق خوردن شده یا شکستگی حاصله را تصحیح نماید- دستگاههای مختلفی برای پا شش فلزات در صنایع مدرن وجود دارد .

## فلز پاشی

رشته جدیدی از جوشکاری که به تازگی متداول شده پاشیدن فلزات مذاب مایع روی سطوح قطعات فلزی است از این شیوه جدید جوشکاری که بنام فلزپاشی معروف شده است می توان برای مرمت سطوح فرسوده و اصلاح قطعات ماشین که اندازه آنها کوچک شده (مثلاً میل لنگ های موتورهای احتراق داخلی) و نیز برای پوشانیدن سطوح اشیاء با هر نوع فلز و بمنظور محافظت یا تزئین از آنها استفاده کرد نحوه عمل بدین ترتیب است که سیمی از جنس فلزی که باید پاشیده شود بتدریج از مقابل شعله می گذرد و در اثر گرمای آن ذوب شده و بحالت مایع در می آید و در همین حال بوسیله هوای فشرده شده روی قطعه کار پاشیده می شود عبور سیم از برابر شعله بطور خودکار انجام می گیرد تا جریان مداوم و ثابتی از بخار فلز ایجاد شود. برای ایجاد حرکت خودکار سیم جوش از موتور هوائی کوچکی استفاده می کنند .

سرب و آلیاژهای سرب – روی و آلیاژهای روی – مس – قلع – آلومینیوم کادمیوم – نیکل – نقره – فلز موئل – برنز فسفری را می توان فلزپاشی نمود .

## طریقه فلزپاشی

سطح کاری را که می خواهند فلزپاشی کنند باید با دقت بسیار تمیز نموده و اندکی رویه آن را خش سازند و برای اینکار بهتر است از پاشیدن جریان شن استفاده نمود. باید مراقبت کرد که مواد خارجی بکار نچسبد .

در موقع تمیز کردن اشیاء به وسیله شن باید آنها را در اطاقک مخصوصی که برای این منظور ساخته شده دارای بادبزنهای تهویه بزرگ است قرار دهند .

کارگر باید دستکش بدست کند و نقاب مخصوص تنفس در حین انجام کار بصورت بزند هوائی که در طپانچه شن پاش مصرف می شود باید خشک و فاقد ذرات روغن باشد و برای این امر سر راه جریان هوا خشک کنی و صافی مخصوص قرار می دهند .
موفقیت در عمل فلزپاشی بمیزان قابل ملاحظه ای به تنظیم مشعل فلزپاشی بستگی دارد و لازم است تنظیم های زیر صورت گیرد .

۱. تنظیم مقدار گازی که از احتراق شعله ایجاد می شود .
۲. تنظیم سرعت ورود سیم بداخل محفظه مشعل
۳. تنظیم فاصله مشعل از سطحی که باید فلزپاشی شود. مقدار این فاصله در کیفیت محصول تمام شده تأثیر بسیار دارد .

در نتیجه آزمایش میکروسکپی و شیمیایی معلوم شده است که سطح فلزپاشی شده خشن و اکسید فلزی آن از فلزات ریختگری و یا نورد شده بیشتر است. اما دوام و استحکام آنها باندازه ای که انواع مختلف میل لنگ ها و سایر سطوح فرسوده که با این شیوه تمیز و اصلاح گشته اند به اندازه حالتی که نو بوده اند مقاومت کرده اند .

## مشخصات دستگاه فلزپاشی از نظر گازهای گرم کننده و هوا

در مشعل فلزپاش باید فشار استلین و اکسیژن تقریباً یک آتمسفر و فشار هوا در حدود ۴ تا ۴/۵ آتمسفر باشد. با این مشعل باید سیمی به قطر ۱/۵ میلیمتر را بکار برد .
مشعل های فلزپاشی بزرگتری که بنام «مغون» معروف است سریعتر کار می کند. در این مشعلها فشار استلین تقریباً Alo 1/75 و فشار اکسیژن Ato 1/85 و فشار هوا در حدود ۶ آتمسفر است مشعل اخیر در هر ساعت تقریباً ۱/۷ متر مکعب اکسیژن و ۱/۷ متر مکعب هوای فشرده مصرف می کند. قطر الکترود این مشعل ۲/۵ میلیمتر است .

بهای فلزپاشی اشیاء از روی مساحت سطح فلزپاشی شده ی آنها محاسبه می گردد .

معمولاً ضخامت قشر فلز پاشیده شده روی سطح کار در حدود ۰/۳ تا ۰/۴ میلیمتر است اما چنانچه بخواهند رویه فلز پاشی شده را بعداً پرداخت و صیقلی کنند باید ضخامت قشر فلزی که روی آن پاشیده می شود به ۰/۷۵ میلیمتر برسد .

ضریب بهره در فلزپاشی سطوح هموار تقریباً ۱۰۰٪ و در سطوح منحنی ۷۵ %است یعنی اگر سطح کار هموار باشد تمام فلز خارج شده از مشعل فلز پاشی روی آن می چسبد ولی اگر سطح دارای انحناء باشد احتمالاً ۷۵٪ از فلز پاشیده شده روی آن خواهد چسبید .

مقدار فلزی که در مدت یکساعت بوسیله مشعل متوسط پاشیده می شود بنوع آن بستگی دارد مثلاً فولاد ضد زنگ را با سرعت ۱ کیلوگرم در هر ساعت ولی برنز را با سرعت ۲ کیلو گرم در ساعت می توان فلزپاشی کرد .

**روکشی سخت فلزات به وسیله الکترود**

برای استفاده بیشتر از ابزار و وسائل فنی روی قطعات را با الکترودهای مخصوص روکش می دهند که با این عمل می توان سطوح و لبه های سائیده شده را تعمیر نموده و مجدداً مورد مصرف قرار داد .

## انواع روکش سخت

انواع روکش نسبت به نوع مصرف قطعات متفاوت است. مثلاً روکش قطعاتی که در مقابل سایش قرار می گیرند در برابر سایش مقاوم می باشند. گاهی روکش در مقابل ضربه باید مقاومت داشته باشد(مانند لبه های تیز قطعات مختلف و نیز نوک دستگاههای مخصوص خاک برداری) که در این حالت فلز باید در مقابل ترک برداشتن یا له شدن شکل خود را از دست ندهد .

**الکترودهای روکش سخت بسته به موارد استفاده آنها به دو گروه تقسیم می شوند :**

۱. الکترود هائی که در مقابل سایش مقاوم هستند .

بعضی از این نوع الکترودها به صورت پودر می باشند که با روانساز مخلوط شده اند و با این نوع الکترودها می توان با قوس برق و یا الکترود ذغالی و دستگاه مخصوص جوش داد .

۱. الکترودهائی که در مقابل ضربه مقاوم هستند . روکش با این الکترودها مشکل نیست و استحکام زیادی در مقابل ضربه از خود نشان می دهد .

سطح خارجی با این روکشها خیلی سخت می شود . و در صورتی که فلز روکش شده نرم باشد امکان شکستن روکش بسیار کم است ولی اگر فلز سخت باشد روکش زود می شکند .
روکش سخت برای ابزارهای سنگ شکنی، زنجیرها و تیغهای تراشنده به کار می رود .
الکترودهای زنگ نزن در بعضی مواقع برای روکش سخت قطعاتی که بایستی در مقابل ضربه مقاومت داشته باشند به کار برده می شود این روکش در برابر خوردگی مقاوم است.

آزمایش صحت آب بندی جوش

آزمایشات متداول به شرح زیر می باشند :

- آزمایش نظری درز جوش .
- آزمایش مغناطیسی جوش .
- آزمایش به وسیله نفوذ مایعات در درز جوش .

- آزمایش قیاسی جوش .
- آزمایش جوشکاری مخازن تحت فشار .
- آزمایش به وسیله خمش .
- آزمایش جوشکاری به روش ماوراء صوت .
- آزمایش جوشکاری به روش اشعه .

## فلز آلومینیوم

آلومینیوم فلزی نرمِ سبک اما قوی است با ظاهری نقره ای – خاکستری مات و لایه نازک اکسیداسیون که در اثر برخورد با هوا در سطح آن تشکیل می شود از زنگ خوردگی بیشتر جلوگیری می کند.وزن آلومینیوم تقریباً یک سوم فولاد یا مس است چکش خواری انعطاف پذیر و به راحتی خم می شود. همچنین بسیار با دوام و مقاوم در برابر زنگ خوردگی است .
بعلاوه این عنصر غیر مغناطیسی بدون جرقه دومین فلز جکش خوار و ششمین فلز انعطاف پذیر است .

## کاربردها

جه از نظر کیفیت و چه از نظر ارزش آلومینیوم کاربردی ترین فلز بعد از آهن است وتقریباً در تمامی بخشهای صنعت دارای اهمیت می باشد. آلومینیوم خالص نرم وضعیف است اما می تواند آلیاژهایی را با مقادیر کمی از مسِ منیزیومِ منگنزِ سیلیکن و دیگر عناصر بوجود آورد که این آلیاژ ها ویژگیهای مفید گوناگونی دارند .

این آلیاژها اجزای مهم هواپیماها و راکتها را می سازند . وقتی آلومینیوم را در خلا تبخیر کنند پوششی تشکیل می دهد که هم نور مرئی و هم گرمای تابشی را منعکس می کند. این پوششها لایه نازک اکسید آلومینیوم محافظ را بوجود می آورند که همانند پوششهای نقره خاصیت خود را از دست نمی دهند. یکی دیگر از موارد استفاده از این فلز در لایه آینه های تلسکوپهای نجومی است .
برخی از کاربردهای فراوان آلومینیوم عبارتند از :
-حمل و نقل» اتومبیلها ِ هواپیماها ِ کامیونها ِ کشتی ها ِ ناوگانهای دریایی ِ راه آهن و (...
-بسته بندی»قوطیها ِ فویل و (...
-ساختمان»درب ِ پنجره ِ دیوار پوشها و (...
-کالاهای با دوام مصرف کننده(وسلیل برقی خانگی ِ وسایل آشپزخانه (...
-خطوط انتقال الکتریکی (به علت وزن سبک اگرچه هدایت الکتریکی آن تنها ۶۰٪ هدایت الکتریکی مس می باشد (
-ماشین آلات

اکسید آلومینیوم» آلومینا (بطور طبیعی وبصورت کوراندوم ِ سنگ سمباده(emery) ِ یاقوت (ruby) و یاقوت کبود(sapphire) افت می شود که در صنعت شیشه سازی کاربرد دارد.یاقوت و یاقوت کبود مصنوعی در لیزر برای تولید نور هم نوسان بکار می روند .
آلومینیوم با انرژی زیادی اکسیده می شود و در نتیجه در سوخت موشکهای با سوخت و دمازاها مورد استفاده واقع می شود .

## تاریخچه

فردریک و هلر بطور کلی به آلومینیوم خالص اعتقاد داشت» لاتین. (alumen , alum: اما این فلز دو سال پیشتر بوسیله هانس کریستین ارستد شیمیدان و فیزیکدان دانمارکی بدست آمد .
در روم و یونان باستان این فلز را بعنوان ثابت کننده رنگ در رنگرزی و نیز بعنوان بند آورنده خون در زخمها بکار می بردند وهنوز هم بعنوان داروی بند آورنده خون مورد استفاده است. در سال 1761 گویتون دموروو پیشنهاد کرد تا alum را آلومین (alumin) بنامند .

## پیدایش و منابع

اگر چه AL یک عنصر فراوان در پوسته زمین است(۸ ۱٪) ِ این عنصر در حالت آزاد خود بسیار نادر است و زمانی یک فلز گرانبها و ارزشمندتر از طلا به حساب می آمد.بنابر این بعنوان فلزی صنعتی اخیراً مورد توجه قرار گرفته ودر مقیاسهای تجاری تنها بیش از ۱۰۰ سال است که مورد استفاده است .
در ابتدا که این فلز کشف شد جدا کردن آن از سنگها بسیار مشکل بود و چون کل آلومینیوم زمین بصورت ترکیب بود مشکل ترین فلز از نظر تهیه به شمار می آمد .

آلومینیوم برای مدتی از طلا با ارزش تر بود اما بعد از ابداع یک روش آسان برای استخراج آن در سال 1889 قیمت آن رو به کاهش گذاشت و سقوط کرد.تهیه مجدد این فلز از قطعات اسقاط (از طریق بازیافت (تبدیل به بخش مهمی از صنعت آلومینیوم شد.بازیافت آلومینیوم موضوع تازه ای نیست بلکه از قرن نوزدهم یک روش رایج برای این کار وجود داشت. با اینهمه تا اواخر قرن دهه ۶۰ این یک کار کم منفعتی بود تا زمانیکه بازیافت قوطیهای آلومینیومی آشامیدنیها بالاخره بازیافت این فلز را مورد توجه قرار داد.منابع بازیافت آلومینیوم عبارتند از: اتومبیلها ِ پنجره ها ِ دربها ِ لوازم منزل ِ کانتینرها و سایر محصولات ...

آلومینیوم یک فلز واکنشگر است و نمی تواند از سنگ معدن خود بوکسیت (Al2o) بوسیله کاهش با کربن جدا شود.در عوض روش جدا سازی این فلز از طریق الکترولیز است.(این فلز در محلول اکسیده شده سپس بصورت فلز خالص جدا می شود.) لذا جهت این کار سنگ معدن باید درون یک مایع قرار بگیرد.اما بوکسیت دارای نقطه ذوب بالایی است (c2000) که تامین این مقدار انرژی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست . برای سالهای زیادی بوکسیت را در فلورید سدیم و آلومینیوم مذاب قرار می دادند و نقطه ذوب آن تا c900 کاهش می یافت.اما امروزه مخلوط مصنوعی ازآلومینیوم ِ سدیم و فلوریدکلسیم جایگزین فلورید سدیم و آلومینیوم شده است. این فرایند هنوز مستلزم انرژی بسیار زیاد است و کارخانجات آلومینیوم دارای ایستگاههای برق مخصوص خود در اطراف این کارخانه ها هستند .
الکترودهایی که در الکترولیز بوکسیت بکار می روند هر دو کربن هستند. وقتی سنگ معدن در حالت مذاب است یونهای آن آزادانه حرکت می کنند. واکنش در کاتد منفی اینگونه است :

Al3++3e -Al

در اینجا یون آلومینیوم در حالت کاهش است(الکترونها اضافه می شوند) سپس فلز آلومینیوم به سمت پایین فرو می رود و خارج می

شوند .
آند مثبت اکسیژن بوکسیت را اکسیده می کند که بعد از آن با الکترود کربنی واکنش کرده تا تولید دی اکسید کربن نماید .

این کاتد باید عوض شود چون اغلب تبدیل به دی اکسید کربن می شود.بر خلاف هزینه الکترولیز آلومینیوم فلزی ارزان با کاربرد وسیع است. امروزه آلومینیوم را می توان از خاکه معدنی (clay)استخراج کرد اما این فرایند اقتصادی نیست .

## ایزوتوپها

آلومینیوم دارای ۹ ایزوتوپ است که عمده ترین آنها بین ۲۳ تا ۳۰ مرتب شده اند. تنها« AL-27 ایزوتوپ پایدار (و AL-26 )ایزوتوپ رادیو اکتیو (بطور طبیعی وجود دارند AL-26.از پراشیدن ذرات اتم آرگون در اتمسفر که در نتیجه پروتونهای اشعه کیهانی رخ می دهد تولید می شود. ایزوتوپهای آلومینیوم کاربردهای عملی در تعیین قدمت رسوبات دریایی سختگاه منگنز یخهای دوران یخبندان کوارتز در صخره ها شهاب سنگها دارد .
نسبت AL-26 به برلیوم 10 برای ۵ مطالعه ۶ نقش حمل ته نشینی ذخیره رسوب زمان دفن و فرسایش در مقیاس زمانی 10 تا ۱۰ بکار برده شده است .
(«Cosmogenic)AL-26اوٰطن بار در مطالعات ماه و شهاب سنگها بکار رفت. اجزاء شهاب سنگها بعد از جدا شدن از پیکره مادر در مدت سفر خود در فضا در معرض شدید بمباران اشعه کیهانی هستند که باعث تولید آلومینیوم ۲۷ پایدار می شود. بعد از سقوط روی زمین حفاظ اتمسفر مانع از تولید AL-26 بیشتر از قطعات شهاب سنگها می شود و واپاشی آن در تعیین عمر زمینی آنها موتر است.تحقِقات روی شهاب سنگها ثابت کرده AL-26 در زمان شکل گیری سیاره ما نسبتا به مقدار فراوان وجود داشته است. احتمالا انرژی آزاد شده در نتیجه واپاشیAL-26 ذوب شدن مجدد و جدایی سیارکها بعد از شکل گیری آنها را ۲-۴ میلیارد سال پیش در پی داشته است .

## هشدارها

آلومینیوم یکی از معدود عناصر فراوانی است ظاهرا هیچ فعالیت موثری در سلولهای زنده ندارد اما درصد کمی از مردم به آن حساسیت دارند – آنها تجربه کرده اند تماس هر نوع از آن موجب التهاب پوستی می شود- مصرف داروهای بند آورنده خون ومواد ضد عرق باعث ایجاد جوشهای خارش آور و سوء هاضمه می گردد عدم جذب مواد غذایی مفید از غذاهای پخته شده در ظروف آلومینیومی همچنین تهوع و سایر علائم مسمومیت در نتیجه خوردن اینگونه محصولات مانند Maalox,Amphojel,Kaopectate .در سایر افراد آلومینیوم بمانند فلزات سنگین سمی نیست اما ر صورت مصرف زیاد علائمی از مسمومیت دیده شده است اگرچه استفاده از ظروف غذای آلومینیومی به خاطر مقاومت در برابر زنگزدگی و خاصیت هدایت گرمایی بالای آنها بسیار رایج است در کل هیچگونه علامتی در مورد ایجاد مسمومیت آنها دیده نشده است. مصرف زیاد داروهای ضد اسید و مواد ضد عرق که حاوی ترکیبات آلومینیومی هستند احتمال مسمومیت بیشتری دارند بعلاوه احتمال ارتباط آلومینیوم با بیماری آلزایمر مطرح شده گرچه اخیرا این فرضیه رد شده است .

## املاء

املا رسمی این عنصر Aluminium (IUPAK»است گرچه عموما آمریکاییها و کانادایها آنرا بصورت Aluminum نوشته و تلفظ می کنند .هامفری دیوی در سال Aluminum 1807را برای عنصر کشف شده در آن زمان ارائه کرد اما بعدا تصمیم گرفت تا

این نام را به Aluminium تغییر دهد که با وجود "ium" در نام بیشتر عناصر تطبیق کند. بعدها املا Aluminium در بریتانیا و آمریکا متداول شد اما بعد به تدریج آمریکاییها برای اهداف غیر تخصصی این نام را به Aluminum بر گرداندند . نام رسمی این عنصر در آمریکا ودر رشته شیمی تا سال ۱۹۲۶ بصورت Aluminium بکار رفت . از این تاریخ به بعد انجمن شیمی آمریکا تصمیم به استفاده از املا Aluminum در نشرِات خود گرفت.

## گروههای مختلف جوشکاری

۱. لحیم کاری
۲. جوشکاری فشاری و پرسی
۳. جوشکاری ذوبی
۴. جوشکاری زرد

چون مواد و فلزات تشکیل دهنده و جوش دهنده و گیرنده از لحاظ متالوژیکی بایستی دارای خصوصیات مناسب باشند بنابراین جوشکاری از لحاظ متالوژیکی بایستی مورد توجه قرار گیرد که آیا :
قابلیت متالوژی و فیزیکی جوشکاری دو قطعه مشخص است .

پس از قابلیت متالوژی آیا قطعه ای را که ایجاد می کنیم از لحاظ مکانیکی قابل کار برد و سالم است .
آیا می توانیم امکانات و وسائل برای نیازها و شرایط مخصوص این جوشکاری را مثلاً گاز و دستگاه را ایجاد نمائیم و فرضاً ایجاد نیرو در درجه حرارت بالا یا ضربه زدن در درجه حرارت پایین ممکن باشد زیرا استانداردهای مکانیکی و مهندسی و صنعتی جوشکاری باید در تمام این موارد رعایت شود تا جوش بدون شکستگی و تخلخل و یا نفوذ سرباره و غیره انجام گیرد .

تکرار می شود در جوشکاری تخصصی و اصولاً تمام انواع جوش قابلیت جوش خوردن فلزات را باید دقیقاً دانست. در مورد مواد واسطه و الکترود و پودر جوش باید دقت کافی نمود. محیط لازم قبل و در حین جوشکاری و پس از جوشکاری را مثلاً ( در مورد چدن ( باید به وجود آورد. گازهای- دستگاههای مناسب و انتخاب فلزات مناسب از لحاظ ذوب در کوره ذوب آهن و بعد در حین جوشکاری از لحاظ جلوگیری از صدمه گاز- آتش و مشعل و برق و هوای محیط و وضعیت جسمانی و زندگی جوشکار خود نکات اساسی دیگر هستند که مشکلات جوشکاری می باشند .

## مشکلات و گرفتاریهای صنعت جوشکاری

جوشکاری در حقیقت ایجاد کارخانه ذوب آهن و فلزات در مساحتی حداکثر ۲×۲ متر و نقطه حساس جوشکاری چند سانتیمتر است زیرا همان درجه حرارت کارخانه ذوب آهن در محل جوشکاری به طور نقطه ای ایجاد می گردد مسلم است که چنین کار عظیمی احتیاج به ابتکار و تخصص و مواد و متخصص و وسائل مدرن دارد تا بتوان از این ذوب آهن چند سانتیمتری استفاده صحیح نمود. شاید اضافه گوئی نباشد که در هیچیک از رشته های فنی تا این اندازه احتیاج به سرمایه گذاری و رعایت جوانب فنی و غیر فنی ضروری و لازم نباشد .

## عوارض و سوانح ناشی از عوامل فیزیکی مربوط به جوشکاری

در موقع جوشکاری از عوامل فیزیکی مورد تاثیر یا حاصله از عمل جوشکاری ممکن است خطراتی متوجه جوشکار شود که در :

**دسته اول :**برق گرفتگی

**دسته دوم :**سوختگی و

**دسته سوم :**ورود اجسام خارجی به داخل چشم

را می توان نام برد .

## برق گرفتگی و عوارض حاصل از تاثیرات جریان برق

مسلم است اگر نقصی در سیم کشی وسائل برقی که برای جوشکاری با برق به کار می روند وجود داشته باشد یا جوشکار نکات ایمنی لازم مربوط به برق را مراعات ننماید خطر برق گرفتگی برای او وجود خواهد داشت و چنانچه جوشکار در ارتفاع مشغول جوشکاری باشد، مخاطرات حاصله از سقوط و در نتیجه شوک = ضربه الکتریکی نیز بر ضایعات حاصل از برق گرفتگی افزوده خواهد شد. نشانه های حاد و فوری برق گرفتگی از مور مور شدن و یا شوک خفیف تا شوک شدید و قطع تنفس و متزلزل شدن ضربان قلب و عاقیت به مرگ منجر می شود .

هنگامی که برق گرفتگی ایجاد شوک نماید و شخص در ارتفاع مشغول کار است خطر سقوط و افتادن از ارتفاع روی زمین و روی وسایل و ماشین و غیره باعث پیدا شدن جراحات شدید شده و وضع مصدوم را وخیم خواهد ساخت.بنابراین پیشنهاد می شود حتی المقدور جوشکاری را در سطح پایین انجام داد .

شدت ضایعات و مخاطرات حاصل از برق گرفتگی بستگی به عوامل زیر دارند :

**الف) نوع جریان برق :**اصولاً در هر ولتاژی در جریان برق متناوب AC خطرناکتر از جریان برق DC مستقیم می باشد و یا به عبارت دیگر خطر شوک الکتریکی در جریان متناوب بیشتر است. در حالی که خطر سوختگی در جریان مستقیم نیز بیشتر است .

**ب) تاثیر ولتاژ :** شدت شوک الکتریکی حاصل از برق گرفتگی بستگی به میزان ولتاژ برق مربوطه دارد و هرچه ولتاژ بیشتر باشد شدت شوک حاصله بیشتر خواهد بود. در هر صورت ولتاژ بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ ولت که ولتاژ معمولی برق شهر است خطرناک بوده اغلب ضایعات شدید به وجود آورده و ممکن است سبب مرگ شود .

**ج) شدت جریان :** شدت جریان ۱۵ تا ۲۰ میلی آمپر با فرکانس 50 HZ ولتاژ بالا ممکن است باعث چسبیدن دست مصدوم به سیم برق شده و مانع رهائی وی گردد. و این امر تا موقع رسیدن نجات دهنده ادامه یابد در این جریان ممکن است ضایعات کشنده ای ایجاد شود .

**د) فرکانس :** در تواتر بین 50 HZ تا 80 HZ هرتز شوک یا ضربه الکتریکی ممکن است به وجود آید. ولی در فرکانس های بالا بین 30000 تا ۱۰۰۰۰۰ هرتز خطر کمتری وجود دارد زیرا به وسیله پرتاب، شخص را از منبع خطر دور می کند .

**هـ) مقاومت بدن انسان :** مقاومت بدن انسان بین ۵۰۰ تا ۵۰ متغیر است ( اهم ) هر چه مقاومت در سر راه تماس منبع الکتریک با بدن ( پوست خشک – ضخامت کف پا – بیشتر باشد خطر شوک وارده کمتر است و یا بالعکس ( .

**د- مدت تماس :** تماس برق با بدن در مدت زمان بین ۱ تا ۳ ثانیه ممکن است توقف قلب و فوت مصدوم را همراه داشته باشد، در هر صورت چنانچه شخصی دچار برق گرفتگی شد از ضایعات و عوارض ذکر شده در بالا جان سالم بدر برد. معمولاً بهبود کامل می یابد و عوارض دیررس نادر می باشد .

## مسائل مهم جوشکاری به ترتیب اولویت به شرح زیر است :

تربیت متخصص و کاردان و کارشناس : جوشکاری یکی از رشته های پرهزینه در صنعت و آموزش ابتدائی و عالی است. انتخاب

افراد و جوانان در هر سن و مدارج تحصیلی و کارخانه ای ، قدرت تحمل بازی کردن با آتش – قدرت تحمل در بر گیری خطرات و تخصص همزمان دادن به این جوانان بسیار مشکل است. زیرا سرمایه های عظیم آموزشی را احتیاج دارد تا یک متخصص به تمام معنی یا یک مهندس جوشکار واقعی تربیت شود .

تهیه ماشین آلات مدرن و مفصل جوشکاری احتیاج به بودجه های عظیم دارد تا بتوان از انواع ماشین آلات مدرن بهره گیری نمود و مخصوصاً در آموزش که باید همه جانبه باشد. بعضی اوقات تمام وسائل کارخانجات شهر و مراکز آموزشی کافی برای ارائه کل تخصص نمی باشند .و. اشکالتراشی و نبودن بودجه و خرید و کمک به ساخت نیز گرفتاری دیگری است .

رعایت نکات ایمنی و تخصصی ایمنی خود یکی دیگر از مشکلات عظیم جوشکاری است به طوری که فرضاً انفجار یک کپسول مانند یک بمب می تواند جان صدها نفر را به خطر اندازد در حالی که مثلاً در کارگاه تراش و ریخته گری و غیره خطرها تا این حد بالا نیستند و کوچکترین بوی گاز ناشی از عدم اتصالات صحیح و اصولی ممکن است جان عده ای را به خطر اندازد. همان طوری که تربیت متخصص احتیاج به بودجه های عظیم آموزشی برای خرید وسائل و کتب به طور همزمان دارد خرج سوم جوشکاری جهت جلوگیری از هر نوع انفجار و احتراق در کارگاه ها و صدمه به بدن و چشم جوشکار و افراد حاضر در کارگاه می باشد. بدین جهت جوشکاری را رشته ای پر خرج نام نهاده اند. مسلم است که این مخارج عظیم در اتصالات جوش به دست خواهد آمد. یعنی اینکه اتصالات پر خرج و مفصل پیچ و پرچ وقتی با جوشکاری جایگزین شوند سادگی و سرعت یافته و مخارج عظیم تشکیلات را در مدت کوتاهی تامین و تادیه خواهند کرد .

## هدف جوشکاری و برشکاری :

بریدن قطعات ماشینی به ضخامتهای زیاد یکی از وظایف مهم برشکاری است .
به طور کلی اتصال قطعات مختلف ازیک نوع فلز یا انواع فلزات وآلیآژهاوبالا بردن استحکام وسرعت عملیات وکاهش هزینه ها از مهمترین اهداف جوشکاری است.

## تنظیم شعله مشعل استیلن یا کاربید و هوا درموقع جوشکاری آلومینیوم

در وهله اول برای شروع کار جوشکاری آلومینیوم باید مقدار استیلین کمی از اکسیژن بیشتر باشد زیرا روانساز هنوز کاملاً گرم نشده و نمی تواند اکسیژن را جذب نماید .
پس از شروع جوشکاری از شعله خنثی استفاده می گردد و سیم جوش در حال جوشکاری ممکن است از آلیاژ آلومینیوم یا آلومینیوم خالص باشد که پنج درصد سیلیسیم دارد و توجه شود که قطر سیم جوش باید کمی بیشتر از قطعاتی باشد که می خواهیم جوش بدهیم و آن را در موقع جوشکاری گرم نموده و د روانساز وارد می کنیم .

## نکات مهم دیگر جوشکاری آلومینیوم با گاز استیلن

پس از تمیز نمودن سطح بالائی فلز آلومینیوم با رنده، سوهان و برس ورقهای آلومینیوم کمتر از ۰/۵ میلیمتر را می توان از طریق خم کردن لبه آنها بدون سیم جوش جوشکاری نمود و ورقهای کمتر از ۳ میلیتر احتیاج به پخ زدن ندارند، چنانچه امکان جوشکاری از دو طرف باشد دو نفر جوشکار می توانند ورقهای به ضخامت حتی ۱۵ تا ۲۰میلیمتر را لب به لب جوش بدهند و برای لوله های

ضخیمتر آن را پخ می زنند. قطعات ریخته گری شده آلومینیوم را فقط در وضع افقی جناغی نموده، جوش می دهیم و پنبه نسوز یا آجر نسوز زیر کار نباید فراموش شود. و قطعات طولانی را باید به وسیله بست هائی به یکدیگر متصل نمود و قرار دادن پنبه نسوز برای جلوگیری از ریختن آلومینوم است .

## نکات دیگری که پس از جوشکاری آلومینیوم باید رعایت شود

چکش کاری درز جوش در حالت گرم برای ازدیاد استحکام با ضربات سریع و ملایم انجام می گیرد و زیر کاری تکیه گاه نباید حالت فنریت داشته باشد.به وسیله محلول اسید نیتریک، روانساز باقیانده در روی سطح فلز را به وسیله برس زدن در آب گرم یا محلول اسید از روی آن بر می داریم. و با آب گرم می شوئیم و بهتر است پس از خاتمه جوشکاری آنها را کمی گرم کنید و در هوای آزاد نگذارید تا به تدریج برای آماده سازی قبلی به طوری که گفته شد قطعات آلوده به روغن و گریس را به وسیله بنزین و سپس با محلول سود ۱۰٪ باید شست یا گرم کرد که چربی ها بسوزد و با برس تمیز گردد. قطعات بزرگ را مانند قطعات چدن قبلاً گرم می نمائیم و هیچگونه تغییر ظاهری در آلومینیوم مشاهده نمی گردد .

## جوشکاری آلیاژهای آلومینیوم

در مورد آلیاژهای آلومینیوم روش جوشکاری خالص آلومینیوم می باشد و روانساز می تواند در مورد قطعات شکسته آلومینیوم کثافات را از درز شکسته شده بیرون آورد . هر چند منیزیم آلیاژ بیشتر باشد عمل جوشکاری دشوارتر شده و لایه اکسیدی از سیلان فلز مذاب جلوگیری می نماید. بدین جهت جوشکاری آلیاژهائی که بیش از ۲/۵٪ منیزیم دارند احتیاج به مهارت زیاد جوشکاری دارد و بهتر است این آلیاژها را با قوس الکتریکی و گاز محافظ جوش داد .چون درموقع جوشکاری منیزیم آلیاژ می سوزد و سیم جوش با دارا بودن منیزیم باید کمبود منیزیم ناحیه ذوب را تأمین نماید. در مورد عملیات بعد از جوشکاری چون درز جوش خاصیت فلز ریخته شده را پیدا می نماید سخت تر شده و بایستی آن را با چکش کاری درمحل جوشکاری شده تا اندازه ای تصحیح کرد.

## جوشکاری فلزات رنگین با گاز استیلن یا کاربیت ( یا فلزات غیر آهنی)

فلزات غیر آهنی یا فلزات رنگی به فلزاتی گفته می شود که فاقد آهن و یا آلیاژهای آن باشند مانند مس – برنج – برنز -آلومینیوم - منگنز -روی و سرب

تمام فلزات رنگین را با کمی دقت و مهارت و آشنائی با اصول جوشکاری می توان جوش داد و برای جوشکاری این نوع فلزات بایستی خواص فلز را در نظر گرفت .

## جوشکاری مس با گاز

بهترین طریقه برای جوشکاری مس جوشکاری با اکسیژن است( جوش اکسیژن = اتوگن= استیلن= کاربید اصطلاحات مختلف متداول می باشند) ضمناً می توان جوشکاری مس را با قوس الکتریک یا جوش برق نیز انجام داد .

ورقه های مس را مانند ورقه های آهنی برای جوشکاری آماده می کنند یعنی سطح بالائی را تمیز نموده و از کثافات و روغن پاک نموده و در صورت لزوم سوهان می زنند. ولی چون خاصیت هدایت حرارت مس زیادتر است باید مقدار آمپر را قدری بیشتر گرفت. بهتر است همیشه با قطب مستقیم جوشکاری را انجام داد ( با جریان مستقیم و الکترود مثبت) زاویه الکترود نسبت به کار مانند جوشکاری فولاد است. طول قوس حداقل باید ۱۰ تا ۱۵ میلی متر باشد، برای جوشکاری مس می توان از الکترودهای ذغالی استفاده کرد. الکترودهای جوشکاری مس بیشتراز آلیاژ مس و قلع و فسفر ساخته شده اند و گاهی نیز از الکترودهای که دارای فسفر -برنز - سیلکان یا آلومینیوم هستند استفاده می کنند چون انبساط مس در اثر گرم شدن زیاد است فاصله درز جوش را در هر ۳۰ سانتیمتر در حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر زیادتر در نظر می گیرند. خمیر روانساز مس معمولاً در حرارت ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه ذوب می شود و به

صورت تفاله (گل جوش) سبکی روی کار قرار می گیرد و از تنه کار به علت کف کردن در روی کار نباید استفاده شود. بدون روانساز هم می توان مس را جوش داد و معمولاً از براکس استفاده می گردد. مس را به وسیله شعله خنثی جوش دهیم تا تولید اکسید مس نکند چون ضریب هدایت حرارت مس زیاد است باید پستانک جوشکاری مشعل ۱ تا ۲ نمره بیشتر از فولاد انتخاب شود. بهتر است مس را قبل از جوشکاری گرم نمائیم و با سیم جوشکاری مخصوص جوش داد برای جوشکاری صفحه ۵ میلیمتری سیم جوش ۴ میلیمتری کافی است و از وسط ورق شروع به جوشکاری می نمائیم و وقتی فلز هنوز گرم است روی آن چکش کاری می شود تا استحکام درز جوش زیاد شود .

## جوشکاری سرب

در این نوع جوشکاری بیشتر از گاز هیدروژن و اکسیژن استفاده می گردد. در جوشکاری سرب احتیاج به گرد مخصوص نیست ولی باید قطعات کار را قبل از جوشکاری کاملاً صیقلی نموده سیم جوش سرب باید کاملاً خالص باشد چون سرب مذاب بسیار سیال می باشد. لذا جوشکاری درزهای قطعات سربی که به وضع قائم قراردارند بسیار دشوار و مستلزم مهارت و تجربه زیاد است .

## جوشکاری چدن با برنج یا لحیم سخت برنج

چدن را می توان با برنج جوش داد .قطعات چدنی را باید همان طوری که برای جوشکاری با سیم جوش چدنی آماده می شوند برای برنج جوش آماده ساخت. لبه های درز جوش را باید به وسیله سوهان یا ماشین تراشید و هیچگاه لبه های درز قطعات چدنی را با سنگ سمباده پخ نزنید. زیرا ذرات گرافیت روی ذرات آهن مالیده می شوند و لحیم سخت خوب به چدن نمی چسبد. قطعات چدنی را قبل از شروع به جوش دادن حدود ۲۱۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد گرم کنید و گرد جوشکاری مخصوص چدن به کار برید تا بهتر به هم جوش بخورد .

نقطه ذوب سیمهای برنجی باید در حدود ۹۳۰ درجه سانتی گراد باشد. سیمهای برنجی که برای جوش دادن قطعات چدنی به کار می روند دارای مقدار زیادی مس است و کمی نیکل نیز دارند . نیکل اتصال لحیم را به چدن آسان می کند و نقطه ذوب زیاد آن موجب سوختن گرافیت درز جوش می شود . در جوشکاری چدن با برنج از شعله ملایم پستانک بزرگ با فشار کم استفاده کنید. اگر فشار شعله زیاد باشد گرد جوشکاری از درز خارج می شود و در نتیجه قطعات چدنی خوب به هم جوش نمی خورند. قطعات چدنی را باید پس از جوشکاری در محفظه یا جعبه ای پر شن یا گرد آسپست قرار داد تا بتدریج خنک شود و سبب شکنندگی و ترک و سخت شدن چدن نگردد .

## جوشکاری منگنز

از منگنز به صورت خالص استفاده نمی شود در جهت عکس از آلیاژهای ماگنزیوم استفاده می شود که برای ریختگی فشاری از آن استفاده می گردد . به جای آلیاژهای Mg. Mn و Mg. Al و Mg AlZn امروزه از آلیاژهای مخصوصاً محکم Zr و Th استفاده می شود .

برای جوشکاری ماگنزیوم و آلیاژهای آن از همان شرایط جوشکاری آلومینیوم استفاده می گردد .

قابلیت هدایت حرارت زیاد و انبساط سبب پیچش زیاد کار می شود. ماگنزیوم در درجه حرارت محیط به سختی قابل کار کردن است و در ۲۵۰ درجه می توان به خوبی کار گرد .

## جوشکاری برنج با گاز

برنج مهمترین آلیاژ مس است و از مس و روی و گاهی قلع و مقداری سرب تشکیل می شود، این فلز در مقابل زنگ زدگی و پوسیدگی مقاوم است. چون روی در حرارت نزدیک ذوب برنج تبخیر می گردد بنابراین جوشکاری با این فلز مشکل می باشد. برنج از 60 درصد مس و ۴۰٪ روی و گاهی مقداری سرب تشکیل شده است. درموقع جوشکاری روی به علت بخار شدن و اکسید روی محل جوش را تیره کرده و عمل جوشکاری را مشکلتر می نماید .ضمناً گازهای حاصله خطرناک بوده و باید از محل کار تخلیه گردند. درموقع جوشکاری روی حرکت دست بسیار مهم است و باید حتی الامکان سرعت دست را زیاد کرده وگرده جوش کمتری ایجاد نمود تا فرصت زیادی برای تبخیر روی نباشد. برنج را می توان با الکترودهای گرافیتی و معمولی جوشکاری نمود، درجوشکاری برنج از قطب معکوس استفاده می شود .

فاصله قوس الکتریکی باید حداقل ۵ تا ۶ میلیمتر باشد. برنج ساده تر از فولاد و چدن و مس جوش داده می شود و استحکام و قابلیت انبساط آن درمحل درز جوش بسیار خوب است. توجه شود چون انقباض و انبساط برنج زیاد است نمیتوان به وسیله چند نقطه جوش به هم وصل کرد بلکه بایستی به کمک بست هائی که در حین جوشکاری می توان آنها را به هم متصل نمود از پیچیدگی جلوگیری شود .

توجه شود که در جوشکاری از سیمهای مخصوص جوشکاری برنج که مقدار مس آن ۴۲ تا ۸۲ درصد است استفاده نمائید و برای جلوگیری از اکسیداسیون از گرد جوشکاری استفاده می شود و از استعمال تنه کار در جوشکاری برنج باید خودداری شود زیرا درز جوش را خورده سوراخ سوراخ و متخلخل می سازد و شعله را باید طوری تنظیم کرد که اکسیژن آن از استیلن بیشتر باشد زیرا روی در حرارت ۴۱۹ درجه ذوب و در ۹۱۰ درجه تبخیر می شود و رسوبی از روی و اکسید روی در کنار درز جوش به وجود می آید. مقدار اکسیژن شعله بستگی به نوع آلیاژ دارد و می توان قبلاً قطعه ای از آن را به طور آزمایشی جوش داد و اگر درز جوش سوراخ و خورده نشد خوب است. و اکسیژن زیاد هم باعث کثیف شدن جوش می شود . ورقهای نازکتر از ۴ میلیمتر را از راست به چپ و ورقهای ضخیم تر از ۴ میلیمتر را از چپ به راست جوش می دهند. به چکش کاری و خروج دود خطرناک و استفاده از ماسک مخصوص وباز نمودن پنجره وهواکش باید توجه نمود .

## جوشکاری فولاد زنگ نزن با گاز

قابلیت هدایت حرارت فولاد زنگ نزن کمتر از فولاد معمولی می باشد و می توان سر مشعل را کوچکتر انتخاب کرد. شعله جوشکاری باید برای جوش فولاد زنگ نزن خنثی باشد زیرا اکسیژن یا استیلن اضافی با عناصر تشکیل دهنده فولاد زنگ نزن ترکیب شده و درز جوش خورده پس از مدتی زنگ می زند . روانساز جوشکاری فولاد زنگ نزن را به صورت خمیر در آورده روی درز جوش می مالیم . سیم جوش باید حتی المقدور از نوع خود فولاد زنگ نزن انتخاب شود و بهتر است تسمه باریکی از جنس همان فولادی که باید جوش داده شود را بریده و به جای سیم جوشکاری استفاده کرد .
در روش جوشکاری این فولاد مشعل را باید طوری نگهداشت که زاویه آن نسبت به کار بین ۸۰ تا ۹۰ درجه باشد . زاویه سیم جوش در حدود ۲۰ تا ۴۰ درجه است وسیم جوشکاری را جلوی مشعل نگذارید تا همزمان با لبه کار ذوب شود و نوک مخروطی باید با ناحیه مذاب تماس داشته باشد تا از اکسیده شدن فلز جلوگیری کند. و شعله را نباید یک دفعه از کار دور نمود زیرا درجه انبساط فولاد زنگ نزن بیشتر از فولاد معمولی است و بابست های مخصوص از پیچیدن و کج شدن آن در موقع جوشکاری باید جلوگیری کرد فاصله لبه کار را باید برای هر ۳۰ سانتیمتر ۳ الی ۴ میلیمتر بیشتر در نظر گرفت. پس از تمام شدن کار جوشکاری به وسیله برس و شتشو مواد اضافی تفاله و روانساز و یا گرد جوشکاری اضافی را باید کاملاً تمیز کرد و بر طرف نمود .

## جوشکاری فولادهای مولیبدونی

وقتی که به فولاد مولیبدون اضافه شود مقاومت آن را بالا می برد مخصوصاً در حرارتهای زیاد ، بنابراین موارد استعمال این نوع فولاد بیشتر در لوله هائی که تحت فشار و حرارت زیاد باشد بیشتر است. بعضی از فولادهای مولیبدونی دارای مقداری کرم نیز هستند این آلیاژ را که مولی کرم می نامند بیشتر در ساختن قطعات مقاوم هواپیما به کار برده می شوند. جوشکاری این فولاد مانند جوشکاری آهن می باشد با این تفاوت که برای مقاوم بودن جوش باید از الکترود نوع E_7010 و E_7012 و E_7020 استفاده شود و برای قطعات ضخیم که گرده های پهن مورد احتیاج است می توان از فولادهای قلیائی(E_7016) ، E_7015 (LOWHYDROGE)استفاده نمود. در مورد جوشکاری ورقهای ۵ میلیمتر و ضخیمتر لازم است بعد از جوشکاری ۱۲۰۰ الی ۱۲۵۰ درجه فارنهایت گرم کرده و برای ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر به مدت یک ساعت گرم نگهداشت و بعد از آن باید قطعه به آهستگی سرد نمود به طوری که در هر ساعت ۲۰۰ الی ۲۵۰ درجه فارنهایت از حرارت آن کاسته شود وقتی که قطعه به ۱۵۰ درجه فارنهایت رسید بعد می توان قطعه را در هوای معمولی سرد کرد .

## جوشکاری مونل واینکونل

فلز مونل آلیاژی است از ۶۷ ٪ نیکل ۳۰ %مس و مقدار کمی آهن و آلومینیوم ومنگنز .

فلز اینکونل آلیاژی است از ۸۰ %نیکل ، 15%گرم و ۵٪ آهن .

این دو فلز به علت مقاومت زیادی که در مقابل زنگ زدگی دارند برای ساختن تانکر و ظروف حامل مایعات به کار می روند .

**مونل و اینکونل** را می توان با الکترودهای پوشش دار به آسانی آهن جوشکاری کرد .

بنابراین جوشکاری این فلزات در تمام حالتها امکان پذیر است ولی بهتر است که درحالت تخت عمل انجام گیرد. قطعاتی که ضخامت آنها کمتر از ۱/۵ میلیمتر است نباید با قوس الکتریکی جوشکاری نمود. برای جوشکاری مونل واینکوئل باید عملیات زیر را انجام داد .

۱. قشر نازک اکسید تیره رنگ را از نقاطی که باید جوشکاری کرد به وسیله برس یا سمباده پاک نمائید .
۲. به گرم کردن قبلی احتیاجی نیست .
۳. از الکترودهای با پوشش ضخیم استفاده به عمل آید .
۴. درمورد جوشکاری حالت تخت زاویه الکترود نسبت به خط قائم درجه و در مورد حالتهای دیگر الکترود عمود بر صفحه باید باشد .
۵. –گرده های باریک ایجاد گردد .

## جوشکاری طلا

جوشکاری طلا به طریقه DC باجریان مستقیم انجام میگرد. الکترود را به قطب منفی وصل می نمائیم و یا با جریان فرکانس زیاد جریان متناوب کار میکنیم . ضمناً می توان برای جوشکاری طلا از طریقه جوشکاری نقطه جوش استفاده کرده که با الکترود و لفرامی عمل می نماید و پس از جوشکاری به وسیله صیقل نمودن با الکل کار را براق می نمائیم . ضمناً به وسیله جوشکاری کند پرسی نیز می توان طلا راجوش داد. جوش دادن متداول با شعلهای ریز و دقیق شبیه جوشکاری نقطه جوش می باشد.

## ««جوشکاری با قوس پلاسما»»

***درجوشکاری با قوس پلاسما ، قوسی تولید می شود که بسیار بلندتر ، داغتر و قابل کنترل تر ازقوس ایجاد شده در جوشکاری تیگ است. هرگاه شدت جریان کم باشد ــ کمتر از ۱۰۰آمپر ــ می توان جوشکاری موسوم به جوشکاری با قوس سوزنی انجام***

*داد. از این قوس بلند و سوزن مانند برای اتصال قطعات بسیار نازک فلز ، به ضخامت ۰/۰۲ تا ۳mm استفاده میکنند. درجوشکاری با قوس پلاسما از شدت جریانهای بیشتر هم می توان استفاده کرد. اگرچه با افزایش شدت جریان قوس پهنتر می شود ،می توان با استفاده از شدت جریان تا ۴۰۰آمپر ورق های تا ضخامت ۲۵mm رابا کیفیت مطلوب جوشکاری کرد. درجوشکاری با قوس پلاسما،نفوذ به دو روش انجام می شود: روش ذوبی و روش سوراخ کلیدی. در روش ذوبی از قوس پلاسما برای جوشکاری متعارف دستی و ماشینی ، به روش ذوبی ، استفاده می شود. مزیت عمده آن بر جوشکاری تیگ ، کنترل بهتر متصدی روی فاصله مشعل تا قطعه کار و حذف احتمال آلودگی الکترود تنگستنی است. زیرا در این روش الکترود تنگستنی در داخل مشعل محافظت می شود. با استفاده از این روش می توان جوشهای لب به لب باریک و مرغوب ، روی ورقهایی با ضخامت ۳میلیمتر ایجاد کرد.*

**درروش سوراخ کلیدی قوس باریک و بلند ایجاد می شود که بطور کامل در قطعه نفوذ می کند و سوراخ کلیدی در وسط حوضچه جوش به وجود می آورد. اگر درز جوش لب به لب و کاملاً جفت سازی شده باشد، به فلز پر کننده نیاز نیست. با پیشروی مشعل، حوضچه مذاب در جلو قوس تشکیل می شود، در جلو قوس تشکیل میشود ، دور قوس می پیچد و بالا می آید تا مهره جوش کوچکی در پشت آن تشکیل دهد. در هر بار عبور ، خط جوش کاملی در هر دو سطح زیر و روی قطعه ایجاد می شود. نفوذ کامل در قطعه و حرکت فلز مذاب سبب جدا شدن ناخالصیها وگازها از خط جوش ، پیش از انجماد آن می شود. در نتیجه می توان خط جوشی با بالاترین کیفیت ممکن ایجاد کرد. جوشکاری سوراخ کلیدی را می توان روی فلزهایی تا ضخامت ٦میلیمترانجام داد.**

**««وسایل مورد نیاز در جوش پلاسما:»»**

**۱. مشعل ۲. یک واحد کنترل کننده ۳. ژنراتور با فرکانس زیاد ٤.یک دستگاه واتر پمپ ٥.منبع جریان ٦.رکتی فایر که ظرفیت آن حدود ٥۰۰آمپر و با جریان DCSP برای جوشکاری اکثر فلزات و فولادهای ضد زنگ بکار می رود**

**انتخاب نوع گاز به نوع روش مورد استفاده ـ ذوبی یا سوراخ کلیدی ـ و نوع فلز جوشکاری بستگی دارد. مثلا ً برای جوشکاری فولاد ـ کربنی، کم آلیاژ یا زنگ نزن ـ وآلومنیم به روش سوراخ کلیدی یا ذوبی از گاز آرگون استفاده میکنند. در هنگام استفاده از روش ذوبی، اگر ضخامت فلز از ٤٥میلیمتر بیشتر باشد مخلوط ۷۵درصدهلیم و ۲۵درصد آرگون را به کار می برند. برای جوشکاری فلزات واکنش پذیری مانند تیتانیم، اگر ضخامت فلز از ٦میلیمتر کمتر است از گاز آرگون استفاده کنید. در سایر کاربردها مخلوط هلیم و آرگون را به کار ببرید؛ در روش سوراخ کلیدی ۵۰ تا ۷۵ درصد هلیم و در روش ذوبی ۷۵ درصد هلیم مصرف کنید.**

**««مزیت جوشکاری با قوس پلاسما:»»**

**۱.تمرکز زیاد انرژی ۲. ثبات زیاد قوس ۳.سرعت فوق العاده ٤.انتالپی زیاد**

**««برشکاری با قوس پلاسما»»**

**در برشکاری با قوس پلاسما از قوسی پرسرعت و بسیار محدوداستفاده می شود که مشابه روش جوشکاری سوراخ کلیدی ، در فلز نفوذ می کند . برای ذوب کردن فلز از ولتاژی تا ۵۰۰۰۰ ولت استفاده می شود. برای بیرون راندن فلز مذاب از راه برش، از هوای فشرده حاصل از یک کمپرسور یا مخلوط گاز محافظ بی اثر استفاده می کنند. چون در این فرایند قوس بسیار باریک، ستون مانند و مستقیم است، پهنای راه برش بسیار کم خواهدبود. به دلیل تمیز بودن عملیات برشکاری، به تمیز کاری**

سطوح بریده شده نیازی نیست. با استفاده از دستگاه برشکاری قوس پلاسما می توان فلزاتی تا ضخامت ۱۵۰میلیمتر را، بسته به نوع فلز و شدت جریان قوس، برشکاری کرد.
دربرشکاری با قوس پلاسما می توان از گاز نیتروژن، به منزله گاز محافظ، استفاده کرد. استفاده از گاز محافظ فقط برای ایجاد برشهای بسیار تمیز و فارغ از اکسایش به کار می رود؛ در سایر موارد می توان از هوای فشرده استفاده کرد زیرا ارزانتر است. هوای فشرده و پر سرعت، درهنگام بیرون آمدن از شیپوره سر و صدای زیادی ایجاد می کند و به همین سبب می توان از مصرف آن چشمپوشی کرد. صدای خروج هوای فشرده، شبیه صدای تفنگ بادی است که از فاصله کم شنیده شود.
مشعل برشکاری با پلاسما برای کار در کارگاههای ساخت اتاق اتومبیل عالی است زیرا بدون توجه به رنگ، آستر، بطانه کاری بدنه و کثیف بودن، می توان برشکاری کند. در این روش به تمیز کاری قبلی نیازی نیست. چون در این روش برای برش فلز به فرایند اکسایش تکیه نمی شود، برای برشکاری فولاد پراستحکام و کم آلیاژ که در ساخت بدنه اتومبیلهای جدید به کار می رود از این روش در برشکاری فولاد زنگ نزن ، و فلزات غیر آهنی از قبیل آلومینیم، مس و برنج نیز استفاده می شود.
مزیت بزرگ برشکاری با قوس پلاسما سرعت برش در این روش تا ۲۰برابر روش برشکاری با اکسی استیلن است. در حال حاضر واحدهای سیار برشکاری با قوس پلاسما ، دارای منبع تغذیه، منبع گاز و مشعل ساخته شده اند که می توان آنها را به پریز برق تک فاز ۲۲۰V وصل کرد و به کار انداخت.

## ««جوشکاری لیزری»»

دستگاه اشعه لیزری دارای طول موجهای یکسان ،موج نوسان ندارد و بصورت آرام می باشد و روی یک سطح خیلی کوچک متمرکز می گردد. لیزرهای جوشکاری اغلب به عنوان محیط موثر از یک مونو کریستال استفاده می کنند .

انرژی نورانی تحریک کننده بوسیله یک لامپ فلاش محتوی گاز اگزنول که مونو کریستال را احاطه کرده است تشکیل می گردد و در داخل دستگاه دو آینه نیمه انعکاسی بطور موازی قرار دارند و به دسته های اشعه فرصت می دهند که خارج شوند. گاهی اوقات بجای آینه یک منشور قرار داده می شود و اغلب اوقات منشور دنباله همان مونوکریستال تشکیل می شود.در اثر لامپ فلاش در محفظه یک ضربان نوری بوجود می آید که زمان آن برحسب انرژی مصرفی می باشد.

## ««نکات مورد نظر در جوشکاری لیزری»»

۱.شدت حرارت بالا از انواج نورانی لیزر بدست می آید.
۲.هنگام تبدیل اشعه لیزر به صورت نور می تواند از دو محیطی مانند هوا خلاء ، گازهای خنثی
۳.نیاز به تماس میکانیکی با قطعه کار مانند روشهای دیگرندارد و از طرفی قطعه مورد نظر برای جوشکاری نیاز به قابلیت هدایت الکتریکی ندارد.
٤.هنگام متمرکز شدن اشعه لیزری که یک سیستم ساده است می توان آنرا به سهولت خم ـ مستقیم و بصورت انعکاسی در آورد.
۵.جوشکاری لیزری بوسیله انرژی ماکزیمم و مینیموم تعشعشعی آن و مدت ضربان و تعداد متوسط این ضربه ها و نیز قدرت بزرگنمایی مشخص می شود.

**وقتی یک اشعه LAZAR روی یک سطح فلزی برخورد می کند درجه حرارت آن سطح را تقریباً بطور آنی اقزایش می دهد و حرارت سریعاً به داخل فلز منتقل میشود جوشکاری لیزر بر اساس شدت تابش دسته های نورانی می باشد که از کریستال خارج می شوند و با برخورد آن به قطعه کار تمرکز این پرتوها دو قطعه به همدیگر پیوند می خورند. مقدار حجم فلز بستگی به شدت و انرژی دارد که بوسیله ستون لیزر منتقل می گردد.**

**سرعت عمل جوشکاری و ضخامت فلز جوش دادنی بستگی به سرعت حرارت دارد که با فلز تماس پیدا میکند. مقدار انرژی که برای عمل جوشکاری لازم است مستقیماً به حجم فلز بستگی دارد که بایستی به نقطه ذوب برسد از طریق جوش لیزری می توان اجسام مختلفی را بهم جوش داد مانند اجسام غیر هم جنس فلزات نیکل ، مس تانتالم ـ فولاد ضد زنگ ـ آلومنیم ـ**

## جوشکاری زیرپودری:

جوش زیر پودری یک فرایند جوش قوس الکتریکی است که در آن گرمای لازم برای جوشکاری توسط یک یا چند قوس بین یک فلز پوشش نشده، یک یا چند الکترود مصرفی و یک قطعه کار تامین می شود. قوس توسط لایه ای از فــلاکس پودری قابل ذوب شدن که فلز جوش مذاب و فلز پایه نزدیک اتصال را پوشانده، و فلز جوش مذاب را از آلودگی های اتمسفر حفاظت می کند پوشیده می شود///**** .اصول عملیات::درجوش زیر پودری جریان الکتریکی از قوس و حوضچه مذاب جوش که ترکیبی از فلاکس مذاب و فلزجوش مذاب است می گذرد. فلاکس مذاب معمولا"، هادی خوب جریان الکتریسته است، در حالی که فلاکس سرد، هادی نیست .پودر جوش می تواند اکسیدزداها و ناخالصی زداهایی که با فلز جوش واکنش شیمیایی می دهند را نیز تامین کند علاوه براینکه یک لایه محافظ ایجاد می کند. فلاکس های جوش زیر پودری فولادهای آلیاژی همچنین می توانند حاوی عناصر آلیاژی برای بهبود ترکیب شیمیایی فلز جوش باشند. . جریان الکتریکی از یک ژنراتور (ترانسفورماتور یا رکتی فایر) تامین شده، از اتصالات عبور می کند تا قوسی را بین الکترود و فلز پایه بر قرار کند را ذوب می کند که حوضچه مذاب را برای پرکردن اتصال تشکیل دهند. . .

درکلیه انواع تجهیزات ,غلطک های هدایــت با نیروی مکانیکی بطور پیوسته سیم الکترود مصرفی فلزی را از میان لوله تماس (نازل) و توده فلاکس به اتصالی که باید جوش شود می راند. سیم الکترود عموما" یک فولاد کم کربن با ترکیب شیمیایی دقیق که در یک قرقره یا بشکه پیچیده شده می باشد. سیم الکترود در منطقه جوش ذوب شده و در طول اتصال رسوب می کند. فلاکس دانه ای در جلوی قوس ریخته شده و پس از انجماد فلز جوش، فلاکس ذوب نشده تــوسط سیستم مکش جمع کننده برای استفاده مجدد جمع آوری می شود. در جوش خودکار بازیابی فلاکس مجموعه ای از تجهیزات و یک لوله بازیابی فلاکس که درست پس از لوله تماس قرار گرفته است می باشد.. .جوش زیر پودری به هر دو روش نیمه خودکار و خودکار قابل انجام بوده و روش خودکار بخاطر مزایا بیشتر، استفاده گسترده تر دارد. در روش نیمه خودکار جوشکار بصورت دستی یک تفنگ جوشکاری (به انضمام مخزن فلاکس) که فلاکس و الکترود را به محل اتصال تغذیه می کند را هدایــت کرده و خودش سرعت حرکت را کنترل می کند. در روش جوش کاملا"خودکار دستگاه بصورت خودکار الکترود و فلاکس را در طول مسیر جوش تغذیه و هدایــت کرده و نرخ رسوب را کنترل می کند.در کاربردهای خاصی جوش خودکار زیر پودری دو یا چند الکترود بصورت متوالی در یک اتصال تغذیه می شوند. الکترودها ممکن است کنار یکدیگر بوده و به یک حوضچه تغذیه شوند یا اینکه به اندازه کافی فاصله داشته تا پس از انجماد یکی حوضچه دیگری تشکیل شود و مستقلا" منجمد شوند. روش جدیدتر جوش قوس های پشت سرهم است که جوش چند پاس را دریک شیار اتصال برای افزایش سرعت حرکت و نرخ رسوب جوشکاری تامین می کند.××××//////مزایا و محدودیت ها:: روش های خودکار و نیمه خودکار جوش زیر پودری در مقایسه با سایر روش های جوشکاری مزایا و معایب زیر را دارند:××اتصالات را مـــی توان با شیار کم عمق آمـاده نموده که باعث مصرف کمترفلز پرکننده می شود. (در برخی کاربردها نیازی به شیار برای اتصالات بین ورق های با ضخامت کمتر از "۱/۴ نیست).××پوشش برای حفاظت اپراتور از قوس نیاز نیست، اگرچه حفاظت چشمان اپراتور بخاطر احتمال پرتاب جرقه جوش توصیه می شود.××جوش را می توان با سرعت حرکت و نرخ رسوب بالا و برروی سطح صاف یا استوانه ای یا

لوله و از نظر تئوری با هر اندازه و ضخامتی انجام داد. این روش برای سخت کردن سطحی نیز مناسب است.××فـــلاکس به عنوان اکسیدزدا و آخال زدا برای خارج کردن ترکیبات ناخواسته از حوضچه جوش عمل می کند تا جوش سالم و باخواص مکانیکی مناسب ایجاد کند.××سیم هـــای الکترود ارزان برای جوش فولادهای غیرآلیاژی و کم کربن استفاده می شوند. (معمولا" سیم های فولادی کم کربن بدون پوشش یا با پوشش نازک مسی برای هدایت بهتر و جلوگیری از خوردگی می باشند).××جوش زیر پودری را می توان در زیر وزش بادهای نسبتا" شدید جوشکاری نمود. ذرات فلاکس حفاظت بهتری انجام می دهند تا پوشش الکترود در روش جوشکاری الکترود دستی .

محدودیتهای جوش زیر پودری که برخی در روش های دیگر جوشکاری نیز وجود دارند به شرح زیر است:×پودرجوش : تجهیزات حمل فلاکس و سازه نگهدارنده مخزن پودر، اتصالات دیگر و همچنین صفحه نوار یا حلقه پشتبند نیز مورد نیاز می باشد.×پودر جوش ممکن است به آلودگی هایی آغشته شود که باعث تخلخل جوش شوند.×برای دستیابی به یک جوش خوب فلز پایه باید، یکنواخت بدون پوسته اکسیدی، زنگ، غبار و روغن و سایر آلودگی ها باشد.×جداشدن سرباره از جوش در برخی موارد به سختی صورت می گیرد. در جوش های چند پاس پس از هر عبور باید سرباره جوش برداشته شود تا از باقی ماندنش درون فلز جوش جلوگیری شود.×این روش معمولا" برای جوش فلزات با ضخامت کمتر از ۱۶/۳"، بخاطر Burn Through مناسب نمی باشد.×مگر در کاربردهای خاص شدیدا " به مسطح بودن وضعیت جوشکاری محدود است، زیرا مسطح بودن و افقی بودن وضعیت برای جلوگیری از ریختن فلاکس لازم است.

فلزات مناسب جوش زیر پودری::::جوش زیر پودری برای همه فلزات و آلیاژها مناسب نیست. برای سهولت فلزات و آلیاژها را می توان با توجه به مناسب بودن آنها برای جوش زیر پودری به سه دسته تقسیم کرد: فلزات بسیارمناسب، فلزات اندکی مناسب و فلزات غیرمناسب .××فلزات بسیارمناسب :جوش زیر پودری بیشترین استفاده را در جوش فولادهای غیرآلیاژی (فولاد ساده ( کم کربن حاوی کمتر از ٪۰/۳۰ کربن، کمتر از٪ ۵ ۰/۰ فسفر و کمتر از ٪ ۵ 0/0 گوگرد دارد. اغلب مثال های این مقاله به این فولادهامربوط است، که محدوده تنش تسلیم آنها حدود ۴۵/۰۰۰ تا ۸۵ psi است و معمولا با فلاکس و الکترود AWS 15.17 – 69 )مشخصات فنی فلاکس ها و الکترودهای فولادهای آرام ساده برای جوش قوس زیر پودری) جوش می شوند. فولادهای کربن متوسط و کم آلیاژ ساختمانی در رده فولادهای مناسب جوش زیر پودری هستند اگرچه اغلب به پیشگرم، پس گرم و استفاده از فلاکس و سیم الکترودهای ویژه نیاز دارند. فولاد ضد زنگ، فولاد کربنی آلیاژی قابل سخت شدن، و فولاد ساختمانی پراستحکام نیز با روش جوش زیر پودری جوشکاری می شوند. روش جوشکاری این فولادها مستقلا" در مقالات دیگر با عنوان جوشکاری فولادهای کربنی قابل سخت شدن، فولادهای آلیاژی و فولادهای ضد زنگ توضیح داده شده است. جوش زیر پودری همچنین برای ایجاد پوشش های مقاوم به سایش برای موقعیـت هایی که تحت سایش هستند بکار می رود*** .فلـــزات اندکی مناسب : بـــرخی فلزات و آلیاژهایی را که می شود به روش جوش زیر پودری جوش داد، بیشتر با روش هایی جوش می دهند که منطقه حرارت داده شده باریک تر باشد. برخی فولادهای ساختمانی پراستحکام کم کـــربن جزء این گروه هستند زیرا استحکام ضربه و کشش مورد نیاز در روش جوش زیر پودری به سختی بدست می آیند. فولادهای پرکربن، فولادهای مار تنزیتی، و مس و آلیاژهای مس نیز جزء این گروه هستند. ×××فلـــزات نامناسب: چدن را معمولا "نمی توان به روش جوش زیر پودری جوش داد، زیرا نمی تواند تنش های حرارتی ناشی از گرمای ورودی را تحمل کند. با این حال مثال ۲۴۱ در مقاله جوش قوس چدن، کاربردی را که در آن چدن مالیبل به فولاد کم کربن جوش شده است را تشریح می کند. مسائلی که در جوش فولاد آستنیته منگنزی و فولاد ابزار پرکربن رخ می دهند جوشکاری آنها را با هر روش معمولی دشوار می سازد .آلیاژهای آلومینیوم و آلیاژهای منیزیوم را نمی توان به روش زیر پودری جوش داد زیرا فلاکس مناسب برای آن پیدا نمی شود. سرب و روی بخاطر نقطه ذوب پایین مناسب جوش زیر پودری نیستند. تیـتانیوم در کاربردهای آزمایشگاهی به روش زیر پودری جوشکاری شده ولی فلاکس مناسب برای جوش آن تاکنون ارائه نشده است.×/×/×/×/×/×/×/جنبه های متالورژیک :سه ویژگی جوش زیر پودری در جریان های بالا نیازمند توجه ویژه است : الف) در صد بالای فلز پایه در جوش هنگامی که قطب معکوس جریان مستقیم استفاده شود. ب) مقدار زیاد سرباره تولید شده در عملیات . ج)

گرمای ورودی زیاد که ریز ساختار را تحت تاثیر قرارمی دهد.×/×/هنگامی که درصد فلز پایه در رسوب فلز جوش بالا باشد، به حداقل رساندن ناخالصی های مضر مانند فسفر و گوگرد بسیار اهمیت دارد.مقدار زیاد سرباره عموما" منبعی از سیلیسیم یا منگنز است که ممکن است مقداری از آن به رسوب فلزجوش منتقل شود. لذا معمولا" هنگام استفاده از فلاکس های پرسیلیسیم، از سیم الکترود کم سیلیسیم (حداکثر ٪ ۰/۰۵ سیلیسیم) استفاده می شود تا از جذب سیلیسیم اضافی توسط فلز جوش جلوگیری شـود. همچنین از سیم الکترود کم منگنز حاوی کمتر از ۰.۵۰٪ منگنز معمولا" بـــا فلاکس های پـُر منگنز استفاده می شود. سیـــــم الکترود پرمنگنز حاوی ٪۲ منگنز عموما" با فلاکس های کم منگنز استفاده می شوند. گرمای ورودی زیادی که ازجوشکاری در جریان زیاد ناشی می شود (تا حدود ۱۵۰۰ آمپر) در سرعت های حرکت پایین باعث تغییر ساختار در منطقه متاثر از حرارت شده و استحکام ضربه را کاهش و استحکام کششی و دمای تبدیل تردی به نرمی را افزایش می دهد. تغییرات ریز ساختار : افزایش تغییرات ساختار فلز پایه به چهار عامل وابسته است://حداکثر دمایی که فلز در آن قرارداده می شود //زمان آن دما//ترکیب شیمیایی فلز پایه //سرعت سرد شدنساختار فلز جوش ستونی است زیرا از مرزجامد شروع شده و فقط در یک جهت امکان رشد دارد. در فولاد کربنی قابل سخت شدن امکان درشت شدن ساختار منطقه نزدیک قسمت جوش از فلز پایه بخاطررسیدن به دمای حدود ۲۸۰۰ تا ۲۲۰۰ فارنهایت وجود دارد.فلزی که در دمای ۱۷۰۰ تا ۲۲۰۰ فارنهایت گرم شده نواری از دانه های نازک تر دارد. اگرچه این منطقه در بیشتر از دمای دگرگونی فاز گرم شده، ولی زمان باقی ماندن در این دما برای درشت ساختار شدن کافی نبوده است. منطقه بعدی ۱۷۰۰ تا۱۴۰۰ فارنهایت، منطقه ای است که فولاد باز پخت شده و به مقدار قابل توجهی نرم تر از منطقه مجاور جوش است. فلز پایه دورتر از این منطقه نیز تغییر نکرده باقی می ماند .اندکی کاربید کروی شده بخاطر باقی ماندن در حدود ۱۳۳۰ فارنهایت، ممکن است ایجاد شود.

پیش گرم و پس گرم کردن، اصول پیش گرم کردن و پس گرم کردن برای جوش زیر پودری مشابه سایر روش های جوشکاری است. پیش گرم و پس گرم برای فولادهای سختی پذیر، مخصوصا" فولادهایی که کربن آنها از حدود ٪۰/۳ و ضخامت آنها بیشتر از "۳/۴ باشد بکار می رود.کاهش سرعت سردشدن که در اثر پیش گرم رخ می دهد، زمان ماندگاری در دمای بالاتر از شروع تغییر حالت مارتنزیتی را افزایش می دهد و لذا تغییر حالت آستنیت به پرلیت ظریف تر بجای مارتنزیت سخت را افزایش می دهد. در منطقه جوشی که پیش گرم شده نسبت به جوش پیش گرم نشده احتمال کمتری وجود دارد که فاز سخت تشکیل شود. همچنین بخاطر سرعت سرد شدن کمتر در فولاد های پیش گرم شده، خطر ترکیدگی جوش و تنش های حرارتی کاهش پیدا می کند. پـــس گـــرم کردن هنگام نیاز به تنش زدایی حرارتی ،بازپخت، نرمالایز کردن یا تمپرکردن بکارمی رود.

منابع تغذیه:منابع تغذیه جوش زیر پودری عبارتند از:الف) موتور ژنراتور و ترانسفورماتور رکتی فایر، با خروجی جریان مستقیم (DC)ب)ترانسفورماتور با خروجی جریان متناوب (AC) هر دو جریان های مستقیم و متناوب درجوش زیر پودری نتایج قابل قبولی ارائه می دهند. اگرچه هر کدام در برخی کاربردهای خاص معایب ناخواسته ای دارند -بسته به شدت جریان، قطر سیم الکترود، و سرعت حرکت— که در لیست زیر ذکر شده اند:××جوش نیمه خودکار با الکترود "۶۴ / ۵ یا "۳/۳۲ در جریان مستقیم ۳۰۰ تا ۳۵۰آمپر، استفاده از جریان مستقیم ارجح است.××جوش خودکار با یک الکترود در جریان پایین (۳۰۰تا ۵۰۰ آمپر) و سرعت حرکت بالا 40) تا ۲۰۰ اینچ در دقیقه)، استفاده از جریان مستقیم ارجح است. ××جوش خودکار با یک الکترود و جریان متوسط (۶۰۰ تا ۹۰۰ آمپر) سرعت حرکت ۱۰ تا ۳۰ اینچ در دقیقه، هم جریان مستقیم و هم متناوب استفاده می شوند.××جوش خودکار با یک الکترود و جریان بالا (۱۲۰۰ تا ۲۱۵۰۰ آمپر) سرعت حرکت ۵ تا ۱۰ اینچ در دقیقه، استفاده از جریان متناوب ارجح است.××جوش خودکار با بیش از یک الکترود و در حالت پشت سرهم و جریان هر کدام از الکترودها ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ آمپر با هم الکترودها، جریان متناوب (یا جریان مستقیم در الکترود جلویی ( استفاده می شود.××جوش خودکار با دو الکترود در عرض هم، باهر دو جریان مستقیم و جریان متناوب استفاده می شود.

سیستم های تغذیه سیم جوش::تجهیز تغذیه سیم الکترود جوش زیر پودری از دو نوع سیستم کنترلی برای کنترل سرعت تغـــذیه سیم (سیستم های حساس به ولتاژ و سیستم های سرعت ثابت) استفاده می کنند. سیستم های کنترلی حساس ولتاژ با منبع تغذیه های جریان ثابت و سیستم های کنترل سرعت ثابت با منبع تغذیه های ولتاژ ثابت استفاده می شوند.×/×/×/سیم الکترود جوش زیر

پـــودری:سیم های الکترود جوش زیر پودری فولاد در اندازه های مختلف تولید می شوند. پوشش نازکی از مس برای بهبود هدایت الکتریکی و بالا بردن مقاومت در برابرخوردگی بر روی سیم ایجاد می شود.ترکیب شیمیائی سیم الکترود به ترکیب شیمیائی فلز جوش و خواص مکانیکی و انتخاب نوع خاص الکترود و ترکیب آن به جنس فلز قطعه و نوع فلاکس وابسته است. برای رسیدن به نرخ رسوب بالاتر می توان از دو یا چند الکترود نازک تر بجای یک الکترود ضخیم تر استفاده کرد. کاهش قطر الکترود باعث افزایش چگالی جریان و فشار پلاسما جت و افزیش عمق نفوذ و باریک شدن باند جوش می شود.الف) همـــه الکترودها علاوه برمقادیر جدول حداکثر دارای ٪ ۳۵ ۰/۰ گوگرد، ٪ ۰/۰۳۰ فسفر، ٪۰/۱۵مس (غیراز پوشش) و ٪ ۰/۵۰ سایر عناصر می باشند .ب) به علاوه حاوی ۰/۰۵ – ۰/۱۵ تیتانیوم، ۲ ۰/۰ – ۰/۱۲ زیرکونیوم، ۵ ۰/۰ تا ۰/۱۵ آلومینیوم و تا ۰/۵۰ درصد سایر عناصر نیز می باشد. ساده ترین روش برای جلوگیری از تشکیل پرلیت و فریت گوشه دار استفاده از حدود ٪۰/۵ مولیبدن و ٪۰/۲۰۰ بـــُر در ترکیب فولاد است، که با کاهش آهنگ تشکیل محصولات دگرگونی در دمای بالا باعث ایجاد فاز بینیت می شود. لذا استحکام کششی و تسلیم را افزایش می دهد.

پـودرهای جوش زیر پودری :پودرهای جوش زیر پودری به سه شکل وجود دارند.×پودرهای ترکیب شده ×پودرهای چسبیده شده *پودرهای آگلومره ×/×پودرهای ترکیب شده: برای تولید پودرهای ترکیب شده ابتدا اجزاء بصورت خشک مخلوط سپس دریک کوره الکتریکی ذوب و با پاشش آب سرد یا ریختن روی صفحه سرد منجمد می شود. مزایای این نوع پودر عبارت است از**: کاملا توزیع ترکیب شیمیائی یکنواخت دارند.××می توان خاکه آن را بدون تغییر در ترکیب شیمیایی جدا کرد.××محصول رطوبت گیر نیست و مسائل ذخیره سازی و نگهداری ساده تر دارد.××پودرهای ذوب نشده را می توان چندین دور مورد استفاده قرار داد (بدون تغییر قابل توجه).××مناسب برای جوشکاری با بیشترین سرعت+×–+×–+×–+×–×محدودیت : محدودیت مهم این پودر ها عدم امکان افزودن اکسید زداها و فرو آلیاژها بخاطر دمای حلالیت بالای آنها است.پودرهای چسبیده شده: برای تولید پودرهای چسبیده شده مواد خام تا اندازه D * 100 آسیاب می شوند. بصورت خشک با هم مخلوط شده و با افزودن سیلیکات پتاسیم یا سیلیکات سدیم به هم چسبیده می شوند. مخلوط حاصل به شکل گلوله درآمده و در دمای پایین خشک می شوند و بصورت مکانیکی خرد شده و دانه بندی می شوند-+*-+-* .مـــزایـــا :×–بخاطر دمای تولید پایین، اکسید زداها و فرو آلیاژها دراین روش قابل افزوده شدن هستند.×–چگالی پودر پایین تر است و امکان استفاده از لایه ضخیم تر فلاکس برروی منطقه جوش وجود دارد. –سرباره ایجاد شده بر روی جوش پس از سردشدن بهتر جدا می شود.××××محدودیت :محدودیت های مهم این روش عدم امکان جداکردن خاکه بدون تغییر در ترکیب شیمیایی و حساسیت بالا به جذب رطوبت است.پودرهای آگلومره: روش تولید مشابه پودرهای چسبیده شده است غیر از اینکه از یک الک سرامیکی استفاده می شود. در این نوع پودر نیز برای استفاده از اکسید زداها و فرو آلیاژها بخاطر دمای Curing بالای الک (۱۴۰۰ (oc مانند پودرهای ترکیب شده محدودیت وجود دارد.دانه بندی: اندازه دانه های پودر جوش بخاطر تاثیر برمصرف بهینه پودر جوش در جریان های جوش مختلف حائض اهمیت است. در جریان های بیشتر از ۱۵۰۰ آمپر باید از درصد ذرات ریز بیشتر و ذرات درشت کمتر استفاده کرد. پودرهای چسبیده شده که در جریان های کمتر استفاده می شوند بستگی کمتری به اندازه ذرات دارند و عمدتا" در یک سایز تولید می شوند. حداکثر جریان مناسب برای این نوع پودر ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ آمپر است. در حالی که برخی انواع پودر ترکیب شده (انواع سیلیکات کلیسم اصلاح شده ) را تا ۲۰۰۰ آمپر نیز می توان بکار برد.××××ترکیب پودرهای جوش::درزمان پیشرفت فرایند جوش زیر پودری در اواسط دهه ۱۹۳۰ پودرهای ترکیب شده حاوی ترکیبات سیلیکاتی استفاده می شدند که عمدتا" حاوی آلومینا سیلیکات منیزیم، کلسیم و منگنز بودند. ترکیبات مورد مصرف در سراسر دنیا ترکیبات سیلیکات منگنز ارائه شده درجدول۱ بودند. برای تنظیم محدوده ذوب و ساختار آن از دیاگرام MnO – SiO2 استفاده می شد. نتیجه جوشکاری با پودرهای چسبیده شده تقویت شده، پس از ذوب و انجماد جوش در فلز جوش مشابه پودر ترکیب شده است. فروسیلیم و اکسید منگنز و سیلسیم فلاکس ترکیب می شوند. لذا مقدار MnO نسبت به SiO2 که برای جوش زیر پودری مناسب است در قسمت جوش باقی می ماند.انواع پودرهایی که در جدول۱ توضیح داده شده برای دستیابی به خواص پیشرفته تر و هزینه اقتصادی تر و ظاهر مناسب تر گرده جوش در مقادیر کمتر منگنز اصلاح شده اند .برخی ترکیبات پودرها با بازیسته بیشتر (که مقادیر CaF2, CaO دارند) خواص

مکانیکی بهتری در فلز جوش ارائه می دهند و افزودن تیتانیوم پایداری قوس بیشتر و اکسید فلزات خاص ظاهر جوش را در فولادهای آلیاژی بهبود می دهند. برای رسیدن به ظاهر جوش مناسب در جوشکاری پرسرعت ورق ها خواص دمایی گرانروی فلاکس را باید تنظیم کرد. فلاکس های کاربردهای خاص برای منظورهای خاص طراحی می شوند.////×××××مقایسه پودر جوش زیر پـــودری با پوشش الکترود:پودرهای جوش زیر پودری در مقایسه با مواد بکار رفته در پوشش الکترودهای جوشکاری الکترود دستی چند تفاوت عمده دارند. فلاکس های جوش الکترود دستی حاوی ترکیباتی مانند سلولز برای ایجاد گاز محافظ است .همچنین ترکیباتی با تابع کاری پایین مانند اکسید سدیم و اکسید پتاسیم برای کمک به شروع قوس و پایداری آن و مواد دیگری برای تقویت نفوذ، نرخ ذوب و استفاده از قطب های مختلف جریان به پوشش الکترود اضافه شوند. که پودرهای جوش زیر پودری غالبا" به این ترکیبات نیازی ندارند، زیرا وجود سرباره مذاب و دانه های کروی پودر از قوس حفاظت کرده و نیازی به گاز محافظ نیست. وجود ترکیبات سیلیس و فلوراید عموما"پایداری مطلوب قوس را تضمین می کند و حداقل 10% فلوراید کلسیم برای بهبود سیالیست فلاکس مذاب به سیلیکات های فلزی پودر اضافه می شوند.پوشش های الکترود های جوش قوس الکترود دستی بخاطر اینکه باید قابل اکسترود باشد و سایر ملزومات تولید دارای فـــرمول پیچیده اند وبرعکس آن پودرهای جوش زیر پودری ازترکیبات معدنی ساده و از سیستم های دوتایی، سه تایی و یا چهار تایی انتخاب می شوند. رایج ترین فلاکس ها از سیستم $MnO - SiO_2$ و یا $CaO -$ $SiO_2$تشکیل شده انـــد که می توانند با اکسیدهای آلومینیم، منیزیم، زیرکونیوم و تیتانیوم ترکیب شود و فلاکس های کاربردهای خاص را به وجود آورند.فلاکس های الکترودهای پوشش و فلاکس های جوش زیر پودری به روش های متفاوتی دسته بندی می شوند. استانـــدارد AWS A5.1-6 الکترودهـــا را برحسب نوع مواد پوشش فلاکس دسته بندی می کند. و استاندارد-7 A 5.1 69برای دسته بندی پودر جوش زیر پودری به طبیعت شیمیایی فلاکس ارتباطی ندارد فقط به خواص مکانیکی رسوب جوش که با الکترود مخصوص به وجود می آید مربوط است. در عمل بیشتر الکترود و فلاکس جوش زیر پودری از روی ظاهر جوش انتخاب می شوند تا در نظر گرفتن جنبه های فنی./////نقطه ذوب و نرخ ذوب پودرهـــای جوش:یک پودر جوش موثر باید دردمای بالا به خوبی سیال باشد و لایه روان و محافظ برروی فلز جوش ایجاد نماید و آنرا از اکسید شدن حفاظت کرده ولی در دمای اتاق ترد باشد و به آسانی از روی جوش جدا شود. نقطه ذوب و چگالی فلاکس نیز باید کمتراز فلز جوش باشد که گازهای تولید شده بین فلز و سرباره بتوانند وارد سرباره شوند و برای تکمیل وظیفه سرباره سازی باید فلاکس پس از تکمیل انجماد فلز جوش منجمد شود. لذا حد بالایی دامنه ذوب پودر جوش زیر پودری حدود ۱۳۰۰ oC می باشد. مقدار فلاکس ذوب شده در هر دقیقه به ولتاژ و جریان جوش بستگی دارد و در جریان ثابت مقدار پودر ذوب شده در هر دقیقه با افزایش ولتاژ جوش افزایش می یابد. در عمل معمولا" وزن فلاکس ذوب شده و وزن الکترود ذوب شده برابرند.××××تاثیر فلاکس بر ترکیب فلز جوش:واکنش های بین فلز جوش مذاب و پودر جوش ذوب شده در ضمن جوشکاری زیر پودری شبیه واکنش بین مذاب و سرباره در فولاد سازی است. و لذا وظیفه سرباره مذاب کاهش ناخالصی های فلز جوش و تامین عناصری مانند منگنز و سیلیکون برای فلز جوش است. چنانچه در قسمت الف شکل ۴ مشاهده می شود با افزایش MnO درسرباره تا حدود ۱۰ درصد مقدار منگنز فلز جوش افزایش سریع دارد که به تدریج مقدار این افزایش کم می شود. لذا بسیاری از فلاکس ها حاوی حدود ٪۱۰ اکسید منگنز است. رابطه مقدار $SiO_2$ موجود در فلاکس و مقدار Siفلز جـــوش متفاوت است و تا هنگامـــی که $SiO_2$ موجود در سرباره حدود ٪۴۰ باشد سیلیسم اندکی جذب نمی شود لذا فلاکس های تجاری و مخصوصا" فلاکس هایی که برای جوش های با چند پاس تولید می شوند مقدار زیاد حدود ٪۴۰ $SiO_2$ ,دارند. برخی فلاکس ها می توانند فروآلیاژها را برای جوش تامین کنند. اکسیدهای فلزی موجود در پودر مانند $NiO, MnO_3, Cr_2O_3$ باعث انتقال عناصر فلزی از سرباره به فلز جوش شوند. مقدار $Cr_2O_3$ فلاکس، ترکیب الکترود، ترکیب فلز پایه ای که بر روی آن فلز جوش رسوب می کند بر مقدار سیلیسم باقی مانده در فلز جوش تاثیر می گذارند.همه عواملی که زمان واکنش فلز – سرباره یا متوسط دمای حوضچه جوش را تغییر دهد، برتوزیع عناصر آلیاژی باقی مانده در فلز جوش تاثیر خواهد گذاشت. در شرایط طبیعی جوشکاری، سرعت حرکت مهمترین عامل در رسوب عناصر آلیاژی است و نیز افزایش ولتاژ عموما" باعث افزایش عناصر فلزی منتقل شده به فلز جوش می شود.×××××گرانروی و هدایت سرباره ها :برای اینکه فلاکس در برابر نفوذ گازهای اتمسفری مقاوم باشد باید گرانروی آن در

منطقه جوش به اندازه کافی بالا باشد که در ضمن بتواند از سرریز شدن فلز مذاب و حرکت آن به سمت جلوی قوس که ممکن است باعث حبس سرباره در زیر فلز جوش مذاب شود جلوگیری کند. از طرف دیگر به اندازه کافی سیال باشد که حل شدن سریع اجزاء غیر فلزی مانند اکسیدها و خارج شدن گازها از فلز مذاب را ممکن سازد. ویسکوزیته فلاکس مذاب در دمای oC1400 در حدود ۲ تا ۷ poises می باشد.دانه های پودر جوش در دمای اتاق عایق الکتریکی هستند و مقاومت آنها با افزایش دما کاهش می یابد و سرباره های مذاب در دمای حوضچه جوش بسیار هادی هستند.////// روابط الکتریکی :روابط الکتریکی منطقه جوش توسط نوع فلاکس و روش جوشکاری تعیین می شود.. بررسی های نوسان نگاری، اسپکتوگرافیک و رادیو گرافیک، قوس طبیعی را در هنگام جوشکاری زیر پودری نشان مـــی دهند. برای محاسبه روابط الکتریکی ثبت ولتاژ در بررسی های نوسان نگاری مهمترین عامل است. ×/×/×/×شرایـط جوش:دانسیته جریان الکتریسته در سیم الکترود جوش زیر پودری در مقایسه با مقدار آن در جوش الکترود دستی چندین برابر بزرگتر و نرخ ذوب و سرعت جوشکاری نیز بیشتر است. ارتباط بین ولتاژ معمول تجهیزات صنعتی و جریان نشان داده شده است. برای این داده ها فرض شده که هر یک از تنظیمات جریان جوشکاری دامنه ای حدود ۱۰ ولت دارد، که در این محدوده جوش سالم در ولتاژهای بالاتر گرده جوش پهن تر و در ولتاژهای پایین تر گرده جوش باریکتر می دهند. در ولتاژ جوشکاری و مجموع و پتانسیل کاتد و آند با افزایش جریان جوشکاری افزایش می یابند. و در هر جریانی با کاهش ولتاژ و یا مجموع پتانسیل کاتد و آند مقدار پودر ذوب شده کاهش می یابد و به صفر نزدیک می شود. خطی نبودن کاهش پتانسل کاتد و آند نشان دهنده وجود هدایت الکترولیتی است.حداکثر سرعت جوشکاری قابل استفاده برای جوشکاری بدون عیب و رفتار پایدار، با جریان جوشکاری تغییر می کند. هنگامی Undercut رخ می دهد که جوشکاری در سمت راست خط مورب انجام شود.مثلا" جوش تک پاس را در ورق های به ضخامت ۱ اینچ را می توان با ۱۵۰۰ آمپر و با سرعت ۱۰ اینچ در دقیقه جوش داد.×+×+×فاصله نازل : فاصله بین سطح فلز پایه و نوک لوله تماس) نازل) در گرمای وارده به جوش و لذا نرخ ذوب تاثیر می گذارد. زیرا نرخ ذوب الکترود جوش مجموع ذوب شدن براثر گرمای قوس و ذوب شدن براثر گرمای مقاومت الکتریکی (I2R) در طول الکترودی که از نازل خارج شده است می باشد. بسته به طرح اتصال و طول قوس، انتهای الکترود ممکن است بالاتر، هم سطح یا زیر سطح بالایی فلز پایه باشد. نرخ ذوب ناشی از گرمای مقاومتی I2R در الکترود تابع نمایی از طول الکترود بین نازل و قطعه کار، جریان و قطر الکترود می باشد. افزایش مقدار ذوب بر اثر گرمای مقاومتی به شدت جریان و طول الکترود خارج از نازل وابسته است، که هر دو تابعی از قطر الکترود می باشند.×/×/×/×/×نفـــوذ:نفوذ، عمق تشکیل رسوب جوش درشیار یا سطح فلز پایه است که معمولا" فاصله زیرسطح اصلی است، که فلز آن ذوب شده است. ولتاژ کم اهمیت ترین و جریان جوشکاری مهمترین عامل در محاسبه نفوذ و سرعت جوشکاری است. تاثیر متقابل ولتاژ، جریان و سرعت حرکت جوش بر مقدار نفوذ که از چندین آزمایش زیر پودری بدست آمده اند. برای سایر فرایندهای جوش قوس، GMAW و SMAWنیز رابطه خطی مشابهی بدست آمده است. شیب این خط مورب در فرایندهای مختلف متفاوت است و بیشترین مقدار آن مربوط به فرایندهایی است که از گازهای محافظ هلیم یا CO2 استفاده می کنند. ظرفیت حرارتی فلز جوش مذاب برای محاسبات گرمای ورودی و سرعت سردشدن دارای اهمیت هستند و با مقطع عرضی گرده جوش که نشان دهنده مقدار فلزی است که برای ذوب شدن گرم می شود، متناسب است. بازده تولید برای هر روش جوشکاری به اندازه گیری این ناحیه مربوط می شود. ارتفاع گرده جوش با افزایش جریان جوشکاری و کاهش سرعت حرکت جوشکاری افزایش می یابد و تاثیر ولتاژ برگرده جوش ناچیز است.××++××رقـــت ::نسبت فلز پایه به رسوب فلز جوش عامل مهم در کنترل خواص مکانیکی فلز جوش است. رقت فلز جوش از فلز پایه را می توان از روی نسبت حجم گرده (سطح مقطع عرضی درطول گرده) بر فلز پایه حساب کرد.رقت فلز جوش از فلز پایه با افزایش نسبت جریان به سرعت جوشکاری افزایش می یابد. با افزایش ولتاژ نرخ ذوب الکترود اندکی کمتر شده و لذا باعث افزایش رقت می شود.××××××بازیسیته پـــودر جـــوش ::اندیس بازی پودر جوش (BI) معیار دیگری برای طبقه بندی پودرهای جوش است که مقدار اسیدی بودن روش تولید فلاکس را و همچنین فعال ، خنثی یا آلیاژی بودن فلاکس را مشخص می کند. اندیس بازی نسبت مجموع اکسیدهای فلزی با پیوند سخت به مجموع اکسیدهای فلزی با پیوند سست است . اندیس بازی برآوردی از مقدار اکسیژن فلز جوش است و لذا می تواند برای بیان خواص فلز جوش بکار رود. پودرهای جوش با بازیسیته بیشتر

تمایل به داشتن اکسیژن کمتر و استحکام بالاتر در فلز جوش دارند. در حالی که پودرهای جوش اسیدی، جوشی با اکسیژن بیشتر ، ریز ساختار درشت تر و با مقاومت کمتر در مقابل تورق تولید می کنند.پودرهای جوشی با اندیس بازی بیشتر از ۱/۵ پودر جوش بازی و با اندیس بازی کمتر از یک ، پودر جوش اسیدی شناخته می شوند. پودرهای جوش اسیدی معمولا برای جوش های تک پاس مناسبند و رفتار جوش مناسب و در گرده جوش خاصیت ترکنندگی خوب دارند.علاوه برآن پودرهای جوش اسیدی در مقایسه با پودرهای جوش بازی مقاومت بیشتری در برابر ایجاد تخلخل ناشی از آلودگی های چون روغن ، زنگ و پوسته های نوردی در ورق دارند.پودرهای جوش بازی در مقایسه با پودرهای جوش اسیدی مقاومت به ضربه بهتری نشان می دهند. این مزیت در جوش چند پاس به وضوح مشهود است. پودرهای جوش با بازیسیته زیاد در جوش های بزرگ با چند پاس خواص ضربه خیلی خوب ودر جوش تک پاس خواص ضعیفتری را در مقایسه با پودرهای جوش اسیدی نشان می دهند.لذا مصرف پودرهای جوش بازی باید به جوش های بزرگ چند پاس که در آن استحکام ضربه خوب برای فلز جوش نیاز باشد محدود شود.××××××××××منابع عیوب در جوش زیر پودری::جوش زیرپودری فرایندی با گرمای ورودی بالاست و در زیر لایه محافظ فلاکس انجام می شود ولذا امکان بروز عیوب جوش در این روش بسیار کمتر از سایر روش هاست . عیوبی که بعضا″ در جوش زیرپودری رخ می دهند عبارتند از: ذوب ناقص ، سرباره باقیمانده درون جوش ترک انقباضی ترک هیدروژنی و تخلخل. ذوب ناقص و سرباره باقیمانده درون جوش اغلب ناشی از قرار گرفتن صحیح گرده جوش برروی درز جوش و یا از فرایند ناشی می شود .انحراف گرده جوش از محل خود باعث ایجاد چرخش و تلاطم فلز مذاب و اکسیژن تکه هایی از سرباره به درون فلز جوش شود. و اگر هم که گرده جوش دور از لب های اتصال باشند باعث عدم نفوذ کافی جوش به فلز پایه شود. گرده جوش تاجی شکل که براثر پایین بودن ولتاژ ایجاد می شود نیز احتمال بروز نفوذ ناقص و محبوس شدن سرباره را بخاطر مختل شدن حرکت یکنواخت مذاب تشدید می کند.//////////ترک انقباضی :ترک انقباضی در وسط طول گرده جوش زیر پودری هنگامی رخ می دهد که شکل گرده جوش و یا طرح اتصال مناسب نباشد و یا مواد جوش غلط انتخاب شده باشند.متمایل به ترک انقباضی در جوش با گرده جوش محدب و به شکل گرده ماهی هنگامی که نسبت پهنا به ارتفاع آن بیشتر از یک باشد کمتر است. هنگامی که عمق نفوذ جوش زیاد باشد تنش های انقباضی باعث ترک طولی در وسط جوش می شود و خطر این ترک می تواند براثر طرح اتصال نامناسب تشدید شود. مواد مستحکم تر بدلیل تنش بیشتر در جوش تمایل بیشتری به ایجاد ترک دارند. لذا هنگام استفاده از این مواد باید در انتخاب مواد جوش، آماده سازی طرح اتصال، دمای پیش گرمایش و دمای بین پاس ها کاملا دقت شود.////////ترک هیدروژنی ::ترک هیدروژنی یک فرایند کند است و برخلاف ترک انقباضی که بلافاصله پس از جوش ظاهر می شود ایجاد آن تا روزها پس از جوش نیز می تواند ادامه یابد. برای کاهش خطر ترک هیدروژنی باید همه منابع هیدروژن مانند آب ، روغن و آلودگی های موجود در فلاکس الکترود و سطوح اتصال حذف شوند و ورق فلاکس و الکترود کاملا″ تمیز و خشک باشند.فلاکس و الکترود را باید در محل های خشک و مقاوم به رطوبت نگهداری کرد و چنانچه در معرض رطوبت قرار گرفت باید طبق دستور سازنده مجددا″ خشک شوند.انتخاب مواد جوش مناسب برای فولادهای پراستحکام مقاومت جوش را در برابر ترک هیدروژنی افزایش می دهد. مواد جوش ویژه مقاوم در برابر ترک هیدروژنی ساخته می شوند که قابلیت نفوذ هیدروژن در جوش را کاهش می دهند. پیش گـــرمایش قطعه کار خطر ترک هیدروژنی را باز هم کاهش می دهد. قطعات ضخیم گرمای پیش گرم را تا ساعت ها پس از جوشکاری در قطعه نگه می دارند. لذا خطر ترک هیدروژنی در این قطعات کمتر است. دمای پیش گرم مناسب بیشتر از oC100 است زیرا در این دما هیدروژن درون فولاد کاملا متحرک است و به خروج بیشترین مقدار هیدروژن از فولاد کمک می کند.×++++++++×تخلخل:::درجوش زیر پودری سرباره حفاظت خوبی از مذاب انجام می دهد و لذا تخلخل ناشی از ورود گاز به مذاب در جـــوش. زیر پودری معمول نیست. در جوش زیرپودری منشاء تخلخل ممکن است از درون مـــذاب و یا فشردگی هایی در سطح گرده جوش باشد. برای کاهش تخلخل در جوش زیر پودری باید پوشش فلاکس کافی باشد و ورق، الکترود و فـــلاکس از همه آلودگی ها از جمله رطوبت روغن و غیره پاک باشند. در سرعت های بیش از حد جوش کاری نیز حباب های گاز فرصت خارج شدن از مذاب را پیدا نمی کنند که در صورت وجود حباب ها درست در زیر سرباره برای کنترل آن باید سرعت پیشروی جوشکاری را اندکی کاهش داد.

## مشخصات و استاندارد مواد اولیه مصرفی جهت روکش

**اکسید تیتانیوم:** فرمول شیمیایی Tio2 ، ماده کریستالی سفید رنگ غیر سمی با درجه خلوص ۹۰٪ ، ماده فوق به دو صورت کریستالی روتایل و آناتز تهیه می شود .

**سیلیکات سدیم:** (Water Glass ) دارای فرمولاسیون متعددی می باشد که در آن نسبت Na2o به Sio2 از ۲۷٪ تا ۲٪ می باشد. بصورت پرک های شیشه ایی یا سفید رنگ یا کمی متمایل به سبز با میزان حلالیت متفاوت با ویسکوزیته محلول ۶۰۰۰۰۰ – ۰/۴ پرآز می باشد که نوع مصرفی جهت تولید الکترود نوع جامد با نسبت ۲ – ۱/۹۵ na2o/sio2 می باشد

**فرو منگنز:** آلیاژی از آهن و منگنز می باشد، که پودر آن در طرح مورد استفاده می باشد آنالیز شیمیایی ماده مصرفی به شرح زیر می باشد:

منگنز : ۷۸٪ کربن: حداکثر ۱/۵٪

**فلورسیار ( فلورین ):** فلورید کلسیم طبیعی است ( به فرمول شیمیایی Caf2 ) سفید رنگ با درجه جلوص ۹۸-۸۵ درصد ماده فوق توسط شرکت ایران باریت در کیسه های ۳ لایه کاغذی ۲۵ کیلوگرمی به بازار عرضه می گردد.

کائولن ( خاک چینی ): این ماده با مشخصات زیر در طرح مورد استغاده قرار می گیرد:

Sio2: ۷۴-۷۰ درصد

Al2o3: ۱۹-۱۴ درصد

Fe2o3: حداکثر ۲ درصد

Cao: حداکثر ۲ درصد

دانه بندی : ۴۰۰ مش

**کربنات کلسیم:** به فرمول شیمیایی CaCo3 ، مشخصات کربنات کلسیم مصرفی به شرح زیر می باشد:

درصد CaCo3 : ۹۸/۵-۹۷ درصد Sio2 : حداکثر ۱/۵ درصد Fe2o3 : حداکثر ۱

اندازه : ۶۰۰-۴۰۰ مش (mesh )

**اکسید آهن:** به فرمول شیمیایی Fe2o3 ، مشخصات اکسید آهن مصرفی به شرح زیر می باشد:

نوع: (هماتیت) با ریفر و مانیتیت درصد Al2o3 : ۴-۳ درصد Sio2 : ۹-۴ درصد Fe : ۶۴-۵۸ درصد

وزن مخصوص: ۴/۷ – ۴/۵ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه ذره: متوسط ۶۰ میکرون یا ۲۰۰ تا ۳۲۵ مش

**فلز اصلی ( هسته الکترود ):** هسته فلزی الکترود مورد نظر فولادی می باشد و آنالیز شیمیایی هسته به شرح زیر می باشد:

کربن C : حداکثر ۰/۰۹ درصد سیلیس Si : حد اکثر ۰/۰۳ درصد منگنز Mn : ۰/۶۵-۰/۳۵ درصد

فسفر P : حداکثر ۰/۰۲ درصد گوگرد S : حداکثر ۰/۰۲۳ درصد مس Cu : حداکثر ۰/۰۲ درصد

## حد استاندارد ملی و جهانی

استاندارد ملی الکترود جوشکاری استاندارد شماره ۲۰۹۱ مورخه مرداد ۱۳۵۸ می باشد که توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ارائه شده است . در این مورد استاندارد های جهانی متفاوت و فراوانی موجود می باشد که به شرح زیر می باشد :

### استاندارد بین المللی ISO به شماره ISO 2560 _ 1973 E

در ابتدا قابل به ذکر می باشد که مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی از استاندارد فوق جهت تهیه استاندارد ملی استفاده نموده است . علامت E نشان دهنده الکترود هایی می باشد که در جوشکاری قوسی از آن استفاده
می گردد . شماره استاندارد هر الکترود با سه عدد که دلالت بر مقاومت کششی و در صد تعییر طول نسبی و خواص ضربه ای آن دارد دنبال می شود . سپس با حروفی که موید نوع پوشش است ادامه می یابد که آنها عبارتند از :

| | |
|---|---|
| A = اسید (اکسید آهن) | O = اکسیدی |
| AR = اسید (رتیل) | R = رتیلی با پوشش متوسط |
| B = قلیایی | RR = رتیلی با پوشش ضخیم |
| C = سلولزی | S = انواع دیگر |

بعد از علائم فوق الذکر اعدادی که نشان دهنده موثر بودن قدرت رسوب دادن است یا اعدادی که مشخص کننده وضعیت هایی که می توان از الکترود استفاده کرد و یا منبع الکتریکی مورد لزوم آمده است .اگر الکترود جوشی با هیدروژن کمتر از ۱۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم فلز جوش تولید کند ، حروف H هم به آخر اعداد فوق اضافه می شود .

### استاندارد ASTM - AWC :

در این استاندارد علامتها با حرف E شروع و یه عدد چهار یا پنج رقمی به دنبال آن است . دو رقم سمت چپ از عددهای چهار رقمی ( با سه رقم از عددهای پنج رقمی ) مقاومت کششی فلز جوش را بر حسب هزار پوند بر اینچ تعیین می کنند. به عنوان مثال الکترود E60 XX فلز جوش با استحکام کششی۶۰۰۰۰ PSI (پوند بر اینچ مربع ) تولید می کند که معادل ۴۳ کیلو گرم بر میلیمتر مربع است . رقم بعدی ( دومین رقم از سمت راست ) حالت یا وضعیت جوشکاری را که الکترود برای آن طرح شده است نشان می دهد . رقم ۱ تمام وضعیت ها ( سطح، افقی ، قائم ، بالای سر ) ، ۳ وضعیت مسطح و افقی و ۳ برای جوشکاری در وضعیت سطح مناسب است . رقم آخر از این اعداد ( رقم اول از سمت راست ) معرف نوع برق ، نوع رپوش و سایر خصوصیات گرده جوش می باشد به عنوان مثال الکترود E6014 تولید فلز جوش با استحکام کششی ۶۰۰۰۰ PSI و در تمام وضعیت ها و جریان AC – DC می توان استفاده کرد. شماره استاندارد ها در این بخش عبارتند از :

(ASTM )A316 ' A298 ' A371 A233

(AWS ) A5.1 ' A5.5 ' A5.4 ' A5.9

### استاندارد انگلیسی به شماره BS 639 :

کدهای طبقه بندی الکترود از دو قسمت اجباری و اختیاری تشکیل می شوند .

**قسمت اجباری :** شروع با حرف E ، سپس یک عدد دورقمی بیان کننده مقاومت کششی ، بعد یک عدد دو رقمی نشاندهنده مقادیر درصد تغییر طول نسبی و مقاومت ضربه ای فلز جوش و بالاخره حرف یا حروف دنبال آن مشخص کننده نوع پوشش است.

**قسمت اختیاری:** شامل یک عدد سه رقمی برای نرخ رسوب یا راندمان اسمی الکترود (در صورت لزوم ) یک الکترود را بکار برد و یک عدد نشان دهنده حالت جوشکاری که می تواند الکترود را بکار برد و یک عدد نشان دهنده شدت جریان و شرایط ولتاژ توصیه شده است. حرف (H ) برای الکتردها با هیدروژن کنترل شده ، در انتهای می تواند آورده شود.

## دیگر استاندارد ها

استاندارد و طبقه بندی های دیگر الکتردها به شرح زیر می باشد :

| | |
|---|---|
| آلمان | DIN 1913 : |
| فرانسه | ۱۹۶۲ – ۳۰۹ – NF A81 : |
| ایتالیا | ۱۹۶۳ – UNI 5132 : |
| ژاپن | ۱۹۷۶– ۳۲۱۱ – J157 : |
| روسی | ۷۵ – ۹۴۶۶ : ۷۵ – ۹۴۶۷ |

وظیفه پوشش الکترود

**الف- پایدارکننده قوس باشد.**

**ب- کنترل واکنش های گازی:**

در هنگام جوشکاری و عملکرد قوس الکتریکی. پوشش الکترود سوخته و از خود گاز هیدروژن ( H2 ) یا منوکسید کربن (Co ) متصاعد می کند. گازهای مذکور اطراف قوس الکتریکی را احاطه کرده و از نفوذ اکسیژن و ازت هوا به منطقه مذاب فلز قطعه کار جلوگیری می نماید. ضمناً پوشش نیز دارای مواد مضر نظیر گوگرد و فسفر نباشد.

**ج- کنترل واکنش های سرباره – مذاب:**

پوششهای الکترودها باید دارای آنچنان ترکیبات شیمیایی باشد که علاوه بر کاهش نفوذ هوا به منطقه مذاب حرکت مواد مذاب را تنظیم کرده و ضمناً ناخالصی های موجود را به سطح جوش برساند .

**د- ایجاد شکل و جوش مناسب:**

سرباره تولیدی در اثر قوس الکتریکی دارای آنچنان خواص فیزیکی نظیر ویسکو زیته و کشش سطحی باشد که شکل مناسب را برای گرده جوش به وجود آورد و این شکل باید به نحوی باشد که از سرد شدن فلز جوش با سرعت تا حدود زیادی جلو گیری گردد ( جهت افزایش مقاومت مکانیکی جوش ) در ضمن پس از سرد شدن سرباره به صورت شیشه ایی در آمده و به راحتی از سطح فلز جدا گردد.

خصوصیات یک الکترود مناسب مخلوط به ترکیبات شیمیایی روکش و خواص فلز اصلی ( فلز جوش رسوب دارد ) می باشد .خوبی و بدی الکترود ها معمولاً از روی نرخ رسوب ، قدرت نفوذ ، راحتی کاربرد ، خواص مکانیکی جوش و هزینه واحد حجم با وزن رسوب دارد که توسط جوشکار قضاوت می گردد .

در مجموع پوشش الکترود از عناصر و ترکیباتی مانند :

فلدسپار ، میکا ، سلولز ، دولومیت ، سیلیکات پتاسیوم ، خاک روس ، اکسید آهن ، پودر آهن ، فرو منگنز ، و فروسیلیس تشکیل شده است ، که میزان درصد و نوع هرکدام الکترود خواص متفاوتی را به الکترود می دهد.

## قابلیت جوشکاری فلزات

•

### قابلیت جوشکاری فلزات (Weldability of Metals)

قابلیت جوشکاری فلز به پاسخ این سوال بر میگردد که آیا فلز را میتوان به راحتی جوش داد و چقدر بهتر اتصال را میتوان بوجود آورد تا کیفیتی قابل مقایسه با فلز مبنا داشته باشد.
آسانی جوشکاری فلزات بستگی به موارد زیر دارد:

۱. **نقطه ذوب**. فلزاتی همچون آلومینیوم که نقطه ذوب پایینی دارند بکرات کنترل آنها در جوشکاری بخصوص برای جلوگیری از سوختگی میانی (Burning Through) مشکل تر میباشند.
۲. **هدایت گرمایی**. فلزاتی که شدت انتقال حرارت در آنها بالاست، رساندنشان به درجه حرارت ذوب مشکل میباشد. از آنجایی که حرارت از ناحیه جوش به نواحی کناره جوش به سرعت خارج میشود ، جوش غالبا سریع سرد میگردد.
۳. **انبساط حرارتی**. سرد شدن سریع حاصل از حرارت بالای جوشکاری معمولا باعث تاب برداشتگی (warpage) و تنشهای اضافی میشود.
۴. **مقاومت الکتریکی**. فلزاتی که هدایت الکتریکی کمی دارند ممکن است باعث بیش از حد گرم شدن الکترود شوند.
۵. **شرایط سطح**. سطوح فلزات جهت جوشکاری باید عاری از هرگونه گرد وخاک، رنگ، روغن ، غبار ،چرک،اکسید و ... باشد.در غیر اینصورت از ذوب مناسب جلوگیری شده و تخلخل گسترش می یابد.

## جوشکاری چدن

### معرفی چدن(Cast Iron)

چدن یکی از اقسام فلزی است که در صنعت کاربرد دارد و همیشه به شکل ریخته گری شده مورد استفاده قرار میگیرد. از آنجایی که **چدن شکننده** است نمی توان آنرا نورد کرد یا کشید و یا آهنگری نمود. در واقع چدن آهن آلیاژ داده شده با کربن است.وجود ۵/۲ درصد کربن،۱ تا ۳ درصد سیلیسیوم و مقادیر قابل توجهی گوگرد و فسفر از مشخصه های کلی چدن است.برای بهبود خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی چدن را با عناصری نظیر کرم و مس و مولیبدن و نیکل آلیاژ دار میکنند.این گونه چدن ها را چدن آلیاژی می نامند.

بطور کلی چهار نوع چدن وجود دارد: **خاکستری،سفید، چکش خوار (Malleable)** و با **گرافیت کروی (Nodullar)**.

### جوش پذیری چدن ها :

در مقایسه با فولاد کربنی،چدنها دارای قابلیت کم و محدود جوش پذیری هستند. در میان چهار نوع چدن فوق الذکر، چدن با گرافیت کروی بهترین جوش پذیری را داراست و بعد از آن چدن چکش خوار قرار دارد. جوشکاری چدن خاکستری به مهارت و توجه ویژه نیاز دارد و چدن سفید را به دشواری بسیار زیاد میتوان جوشکاری نمود.
با این ملاحظات دامنه جوشکاری چدنها بسیار محدود میشود و صرفا به تعمیر و اصلاح قطعات ریخته شده و بازسازی قطعات فرسوده و شکسته شده در کار منحصر میگردد.

## دلایل جوش پذیری محدود چدنها:

- بعلت *زیادی کربن* در فلز مبنا، سیکل جوشکاری باعث ایجاد کاربیدهایی در منطقه بلافصل فلز جوش و تشکیل فاز مارتنزیت پر کربن در بقیه منطقه حرارت پذیرفته فلز مبنا میگردد. هر دوی این ریز ساختارها شکننده بوده و باعث ایجاد ترک در حین جوشکاری و یا بعد از آن میشود.این مطلب در مورد تمامی انواع چدنها مصداق دارد.
- بعلت *ضعف نرمی* (Ductility) چدن قابلیت تغییر شکل پلاستیکی را ندارد و از این رو نمی تواند تنشهای حرارتی ایجاد شده جوشکاری را تحمل نماید. هر چه نرمی (Ductility) چدن بهبود یافته باشد احتمال ترک خوردن آن کاهش می یابد. لذا چدن چکش خوار و چدن با گرافیت کروی کمتر از چدن خاکستری ترک خواهند خورد.

## الکترودهای جوشکاری چدن ها

در روش جوشکاری با قوس الکتریکی دستی چندین نوع الکترود برای این منظور وجود دارد.این الکترودها دارای *مفتولهایی از جنس فولاد نرم یا نیکل خالص یا مونل یا فرو نیکل،یا قلع برنز و یا آلومینیوم برنز* با روکشهای خاص خود میباشد.

الکترود با مفتول فولاد نرم دارای روکش از نوع قلیائی کم هیدروژن است.در موقع جوشکاری چدن با این نوع الکترود فلز جوش بعلت جذب کربن از فلز مبنای چدنی سخت میشود و قابلیت ماشین کاری خود را از دست می دهد و ممکن است تحت تنش تمایل به ترکیدن داشته باشد. بمنظور اجتناب از ترک خوردن لازمست که جوشکاری با انرژی حرارتی کمی صورت گیرد تا از رقیق شدن فلز جوش با فلز مبنا کاسته شود.علاوه بر این پیش گرمایش مناسب و سرد کردن بطئی و تدریجی قطعه کار باعث کاهش سختی و تردی فلز جوش میگردد.

در مورد الکترودهای ویژه جوشکاری چدن که با مفتول نیکلی و یا آلیاژهای نیکلی ساخته میشود،فلز جوش حاصل از این نوع از الکترودها قابلیت جذب کربن را تا ورای حد حلالیت دارا میباشند.در حین انجماد،فلز جوش کربن اضافی را بصورت گرافیت پس می زند و بدین طریق افزایش حجمی ایجاد شده باعث کاهش تنشهای باقیمانده در فلز جوش و منطقه حرارت پذیرفته HAZ میگردد.با این مکانیزم علت مزیت جوشکاری چدن با الکترودهایی با مفتول نیکلی بوضوح بیان میشود.

فلز جوش الکترود با مفتول نیکل نرمتر از فلز جوش الکترود با مفتول فرو نیکل است ولی فلز جوش اخیر مستحکم تر است و خاصیت ازدیاد طول بیشتر و تحمل بیشتری نسبت به فسفر اضافی موجود در چدن را داراست و نسبت به گرم ترکیدن مقاوم تر است. برای ایجاد جوش اتصالی مابین چدن با فولاد نرم یا با فولاد ضد زنگ یا با آلیاژهای نیکلی،الکترود با مفتول فرونیکل را باید توصیه کرد.

**برگرفته از کتاب الکترودهای جوشکاری، مهندس اسحاق اسحاقپور سامانی**

## ۳- اصول بازرسی چشمی.

**۳-۱ اطلاعات عمومی** .در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات،از آزمون چشمی به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی ،استفاده می شود.اگر آزمون چشمی بطور مناسب اعمال شود،ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد.

بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی، بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات مابعد ساخت بکار گرفته شود.

آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد.نتیجتا هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد،باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت باشد.بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب که در مراحل ساخت اتفاق می افتد،میسر میشود.

کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق،کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت.بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای تست پیشرفته تری کشف می شوند،با برنامه بازرسی چشمی قبل،حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند.سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند.

میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی که تمام مراحل پروسه جوشکاری(قبل،حین و بعد از جوشکاری) را بپوشاند،نهادینه شود.

**۲-۳ قبل از جوشکاری**. قبل از جوشکاری ،یک سری موارد نیاز به توجه بازرس چشمی دارد که شامل زیر است:

۱. مرور طراحی ها و مشخصات
۲. چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده
۳. بنانهادن نقاط تست
۴. نصب نقشه ای برای ثبت نتایج
۵. مرور مواد مورد استفاده
۶. چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه
۷. چک کردن فیت آپ و تراز بندی اتصالات جوش
۸. چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به این آیتم های مقدماتی بکند،می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد،جلوگیری نماید.مساله بسیار مهم این است که بازرس باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد.این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد.با مرور این اطلاعات،سیستمی باید بنا نهاده شود که تضمین کند رکوردهای کامل و دقیقی را می توان بطور عملی ایجاد کرد.

**۱-۲-۳ نقاط نگهداری**.

باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که آزمون باید قبل از تکمیل هر گونه مراحل بعدی ساخت انجام شود، در نظر گرفته شود. این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه،بیشترین اهمیت را دارد.

**۲-۲-۳ روشهای جوشکاری**. مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روشهای قابل اعمال جوشکاری ،ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه؟مستندات مربوط به تایید یا صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود.طراحی ها و مشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد.برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی،جوشکاری بطور معمول بر طبق روشهای تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه ،ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود،تایید شده اند،انجام می گیرد.در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد.بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم-هیدروژن مورد نیاز باشد،وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

**۳-۲-۳ موادپایه.** قبل از جوشکاری ، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد.اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد.در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است.

**جلسه چهارم آموزش بازرسی چشمی جوش**

- 

**۳-۲-۴ مونتاژ اتصالات.** برای یک جوش،بحرانی ترین قسمت ماده پایه،ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال،آماده سازی می شود.اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد.بنابراین آزمون چشمی مونتاژ اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:

۱. زاویهٔ شیار (Groove angle)
۲. دهانه ریشه (Root opening)
۳. ترازبندی اتصال (Joint alignment)
۴. پشت بند (Backing)
۵. الکترودهای مصرفی (Consumable insert)
۶. تمیز بودن اتصال (Joint cleanliness)
۷. خال جوش ها (Tack welds)
۸. پیش گرم کردن (Preheat)

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده،دارند.اگر مونتاژ ضعیف باشد،کیفیت جوش احتمالا زیر حد استاندارد خواهد بود.دقت زیاد در طول اسمبل کردن یا سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد.اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد،البته این اشکالات ،محلهایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد.برای مثال،اگر اتصالی از نوع T (T-joint) برای جوشهای گوشه ای(Fillet welds)، شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد،اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود. بنابراین اگر بازرس بداند چنین وضعیتی وجود دارد،مطابق به آن ،نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود، و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود

## پیش گرمی و پس گرمی

در جوشکاری فولادهای پر کربن یا آلیاژی همیشه خطری وجود دارد که فلز جوش نشسته (weld deposit) و ناحیه متاثر از جوش (heat-affected zone) فلز سخت و شکننده ای بنام مارتنزیت(martensite) تشکیل دهند. در اینصورت فلز نرمی

(ductility) خود را از دست داده و امکان ترک خوردن هنگام سرد شدن دارد. با استفاده از پیش گرمی و پس گرمی ،می توان میزان مارتنزیت جوش را در حداقل نگهداشت.
پیش گرمی و پس گرمی را در کوره یا با استفاده از مشعل گازی ایجاد نمود.
**پیش گرمی**. پیش گرمی دمای فلز مجاور جوش را بالا برده و در نتیجه اختلاف دمای بین جوش و فلز مجاور آنرا تا حد امکان پایین نگه میدارد. فولادهای کم کربن به ندرت نیاز به پیش گرمی دارند.از آنجایی که سختی پذیری فولاد نسبت مستقیم با میزان کربن و عناصر آلیاژی دارد ،دماهای پیش گرمی مختلف خواهد بود.

## محاسبه دمای پیش گرمی:

برای فولادهای با ترکیب مشخص،دمای پیش گرمی را می توان بر اساس معادل کربن(CE) طبق معادله تجربی زیر محاسبه نمود:

طبق جدول زیر میتوان دمای پیش گرمی را با محاسبه CE از فرمول بالا بدست آورد:

| کربن معادل (%) | دمای پیش گرمی |
|---|---|
| تا ۰.٤٥ | پیش گرمی اختیاری میباشد |
| 0.45 تا ۰.۶۰ | 200 تا ٤۰۰ درجه فارنهایت |
| بالای ۰.۶۰ | 400 تا ۷۰۰ درجه فارنهایت |

**پس گرمی**. هدف از پس گرمی مشابه پیش گرمی می باشد.در حقیقت پس گرمی همراه با پیش گرمی استفاده میشود.بوسیله حرارت دادن قطعه جوش خورده همینکه جوش تکمیل شد ،دمای قطعه کار را می توان در حد بالایی نگه داشت تا جوش به آرامی سرد شود.همچون پیش گرمی هرگونه عملیات پس گرمی ناحیه جوش خورده را نرم تر نگه میدارد.
دماهای پس گرمی و مدت زمان آن به نوع و ضخامت فولاد بستگی دارد.دما از ۶۰۰ درجه فارنهایت برای فولاد نوع 10XX تا ۱۲۰۰ درجه فارنهایت برای فولادهای 43XX می تواند تغییر کند،این در حالی است که زمان مورد نیاز جهت پس گرمی از ۵ دقیقه تا چندین ساعت متغیر می باشد.

**عناصر مختلف در فولاد چه تاثیری در خواص جوشکاری آن ایجاد میکنند؟**

## تاثیر عناصر در فولاد

عناصر مختلف که بطور متداول در فلزات یافت میشوند تاثیر مشخصی روی قابلیت جوشکاری آنها دارند. بعضی از این عناصر مهم و اثرات حاصل از آنها بر جوشکاری فولاد عبارتند از:

۱- کربن (Carbon) از آنجایی که میزان *سختی پذیری* (hardenability) در فولاد را معین میکند مهمترین عنصر موجود در فولاد است. هرچه میزان کربن بیشتر باشد فولاد سخت تر میشود.اگر فولاد کربنی (بالای ۰.۳۰ درصد) جوشکاری شود و ناگهان سرد شود یک ناحیه ترد و شکننده (brittle) در کنار جوش ایجاد میگردد. بعلاوه اگر کربن اضافی از مخلوط گازهای جوشکاری بدست آید، جوش بوجود آمده آنقدر سخت میشود که به آسانی ترک میخورد.

**بطور کلی بهترین جوش هنگامی ایجاد میشود که میزان کربن موجود در فولاد تا جای ممکن کمترین حد خود باشد.**

۲- منگنز (Manganese) در فولاد باعث *افزایش سختی پذیری و استحکام کششی* (tensile strength) میشود. به هر حال اگر مقدار منگنز بالای ۰.۶۰ درصد باشد و بخصوص اگر با درجه بالایی از کربن ترکیب شود، قابلیت جوشکاری قطعا کم خواهد شد.در این شرایط معمولا ترک افزون ایجاد خواهد شد. اگر میزان منگنز خیلی کم باشد تخلخل داخلی (internal porosity) و ترک ممکن است گسترش یابد.

**بهترین نتیجه جوشکاری وقتی بدست می آید که فولاد محتوی ۰.۴۰ تا ۰.۶۰ درصد منگنز باشد.**

۳- سیلیکون (Silicon) برای *بهبود کیفیت و استحکام کششی* در فولاد بکار می آید.میزان بالای سیلیکون بخصوص همراه با کربن بالا منتج به ترک می شود.

۴- گوگرد (Sulfur) اغلب برای *بهبود خواص ماشین کاری*(machining) فولاد به آن اضافه میگردد. به هر حال مقدار آن در انواع دیگر فولاد پایین نگه داشته میشود (۰.۰۳۵ درصد و حداکثر ۰.۰۵ درصد) زیرا که درصد بالای گوگرد احتمال ترک را افزایش میدهد. فولادهای ماشینی پر گوگرد بطور معمول با الکترود کم هیدروژن بدون هیچ دشواری جوشکاری می شوند.

۵- فسفر (Phosphorus) به عنوان *ناخالصی* در فولاد در نظر گرفته می شود در نتیجه مقدار آن تا حد امکان پایین نگهداشته میشود .میزان فسفر بالای ۰.۰۴ درصد باعث میشود که جوش شکننده (brittle) شود.

۶- عناصر دیگر (نیکل،کروم،وانادیم و غیره) تاثیرهای مختلفی بر قابلیت جوشکاری فلزات دارند.جوشکاری این آلیاژها باید با احتیاط خاصی انجام گیرد و معمولا برای جلوگیری از ایجاد نواحی سخت و شکننده در جوش پیش گرمی(preheat) و پس گرمی(postheat) مورد نیاز میباشد.