اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

فصل چهارم

مبانی جوشکاری

جوشکاری یکی از فرآیندهای اصلی تولید محسوب می گردد که وظیفه اتصال دائمی قطعات را بر عهده می گیرد. که آنرا می توان اتصال بین اتم های دو قطعه مختلف (نه الزاما با جنس یکسان) با حرارت یا بدون آن و با فلز پر کننده یا بدون آن و با فشار یا بدون آن در نظر گرفت. ولی در کل می توان گفت جوشی مطلوب ماست (جوش ایده آل)که نتوان آنرا از فلز اصلی تشخیص داد.چه از لحاظ ظاهری و چه از لحاظ خواص مکانیکی و شیمیایی.

با توجه به تعریف فوق می توان کلیه فرآیند های جوشکاری را به دو دسته ذوبی و غیر ذوبی تقسیم نمود. که معروف ترین روش نوع ذوبی، جوشکاری با قوس الکتریکی نام دارد که حرارت ناشی از جوشکاری ناشی از قوس الکتریکی حاصل است.این روش خود به گروه های زیر تقسیم می گردد:

۱- جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود پوشش دار (**SMAW**)

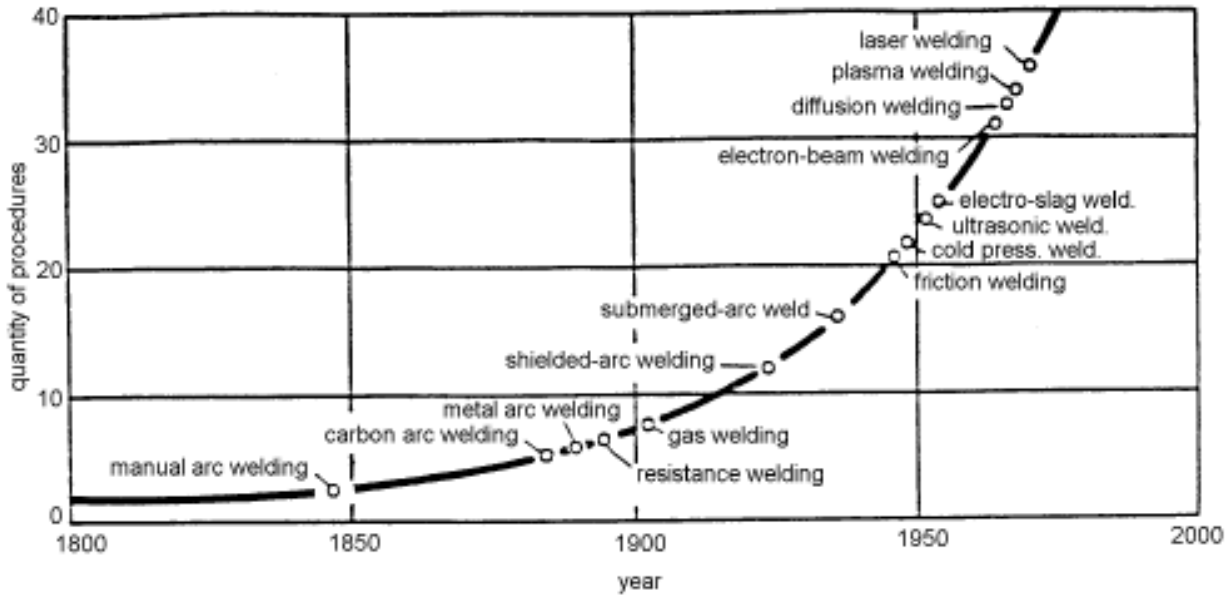
۲- جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ و الکترود تنگستنی(**GTAW**)

۳- جوشکاری قوس الکتریکی با گاز محافظ و فلز مصرف شدنی(**GMAW**)

۴- جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری(**SAW**)

۵- جوشکاری قوس الکتریکی توپودری(**FCAW**)

خلاصه تاریچه جوشکاری	
تقریبا ۳۲۰۰ سال قبل از میلاد	لحیم کاری جواهرات
تقریبا ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد	جوشکاری آهنگری
سال ۱۷۸۲ میلادی	"لیختنبرگ" قوس را کشف نمود.
سال ۱۸۸۵ میلادی	کشف اولین جوشکاری قوس الکتریک بوسیله **Olszewski**
سال ۱۹۰۸ میلادی	جوشکاری قوس الکتریک با الکترود پوشش دار توسط **Kjellberg**
سال ۱۹۴۰	جوشکاری تیگ با هلیوم



شناخت فلزات

تمام مواد و اجسامی که در طبیعت و در اطراف ما مشاهده می شوند را می توان از نظر جنس به دو دسته کلی تقسیم کرد. این تقسیم بندی عبارت است از : ۱- مواد فلزی ۲- مواد غیرفلزی

مواد فلزی که به طور تقریبی نیمی از عناصر موجود در طبیعت را تشکیل می دهند در زندگی امروزی بشر در سطح گسترده ای کاربرد دارند ، به گونه ای که امروزه زندگی بدون آنها شاید غیرممکن باشد. این عناصر فلزی همگی از طریق استخراج از پوسته زمین بدست می آیند و در اکثر مواقع به صورت ترکیب با اکسیژن و یا سایر عناصر یافت می شوند به جز برخی عناصر مانند طلا که به صورت خالص در طبیعت موجود می باشد. به مواد استخراج شده از پوسته زمین که عناصر فلزی را به صورت ترکیبی در خود جای داده اند اصطلاحا کانی می گویند. خواصی مانند رسانایی الکتریکی ، چکش خواری ، استحکام بالا , جلاپذیری ، قابلیت ترکیب با فلزات دیگر و .... باعث کاربرد وسیع فلزات شده است. بسیاری از عناصر فلزی موجود در طبیعت شاید کاربرد آنچنانی نداشته باشند ولی تعدادی از آنها نیز به طور فوسیعی مورد استفاده قرار می گیرند.. لذا برای شناسایی و تفکیک بهتر فلزات می توان از تقسیم بندی زیر استفاده کرد :

انواع فلزات از نظر ماهیت : ۱ - فلزات و آلیاژ های آهنی مانند فولاد ساختمانی ، فولاد آلیاژی ، چدن و .....

۲ - فلزات و آلیاژهای غیرآهنی مانند آلومینیوم ، مس ، روی ، نیکل ، برنج ، برنز

انواع فلزات از نظر خلوص : ۱- فلزات خالص مانند آهن ، مس ، روی ، آلومینیوم ، قلع ، سرب و .....

۲ – آلیاژها مانند فولاد ، چدن ، برنج ، برنز و .....

همانطور که از مثالهای بالا پیداست آلیاژ ترکیب یک فلز با یک یا چند فلز ویا ترکیب یک فلز با یک یا چند غیرفلز دیگر می باشدکه این ترکیب در جهت بهبود خواص مکانیکی ، شیمیایی و فیزیکی فلز پایه انجام می پذیرد و آلیاژ بدست آمده دارای خواص فلزی می باشد. باید توجه داشت که با اضافه کردن هر عنصر آلیاژی به یک فلز ، آلیاژی ساخته می شود که ممکن است خواص آن با خواص اولیه عنصر پایه آن آلیاژ کاملا متفاوت باشد. در آلیاژها معمولا فلزی را که بیشترین مقدار یا بیشترین درصد وزنی را در آلیاژ دارد فلزپایه می نامند و مابقی عناصر را عناصر آلیاژی می گویند. مانند آلیاژ فولاد که چون آهن بیشترین مقدار را در آن دارد فلز پایه نامیده می شود و عنصر کربن عنصر آلیاژی محسوب می گردد.

آلیاژهاي آهني

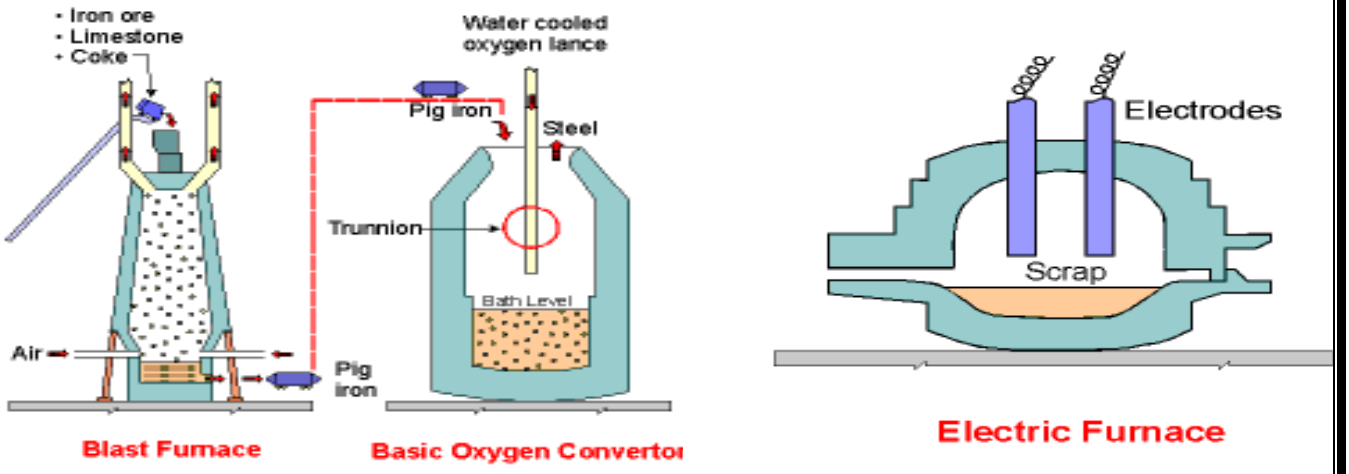
آلیاژهای آهن پرمصرف ترین آلیاژ در صنعت امروز دنیا است که تولید و مصرف آن در حال حاضر به حدود ۱۰۰۰ میلیون تن در سال رسیده است. در آلیاژهای آهنی فلزپایه آهن است که فلزی قدیمی است و در ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح مصریان آنرا فلز بهشتی می نامیدند. این فلز نرم ، ضعیف وکم استحکام است که به صورت خالص جز کاربردهای آزمایشگاهی کاربرد دیگری ندارد. بهترین راه از بین بردن نقاط ضعف آهن خالص , آلیاژسازی آن است.

آلیاژهای مشتق از فلز آهن دارای تنوع بسیاری است اما دو آلیاژ بسیار مهم به نامهای فولاد و چدن در بین این آلیاژها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اهمیت ، کاربرد و مصرف انواع فولادها و چدنها به عنوان آلیاژهای پرمصرف ، به شکلی است که امروزه در تمام جنبه های زندگی بشر وارد شده و در بسیاری از موارد همچون ساختمان سازی ، قطعات کارگاهی ، لوازم منزل ، وسایل حمل و نقل و ... کاربرد دارد. به طور کلی فولادها آلیاژهای دوگانه آهن – کربن و چدنها آلیاژهای سه گانه آهن – کربن – سیلیسیم می باشند.

برخلاف اکثریت فلزات آهن خالص جز دسته فلزاتی است که با افزایش دما ساختار کریستالی آن تغییر می کند.

روشهای تولید چدن و فولاد : ۱ – کوره بلند و کنورتور (**BF/ BOF**)

۲ – احیای مستقیم (**DR / EAF**)



تولید محصولات فولادي

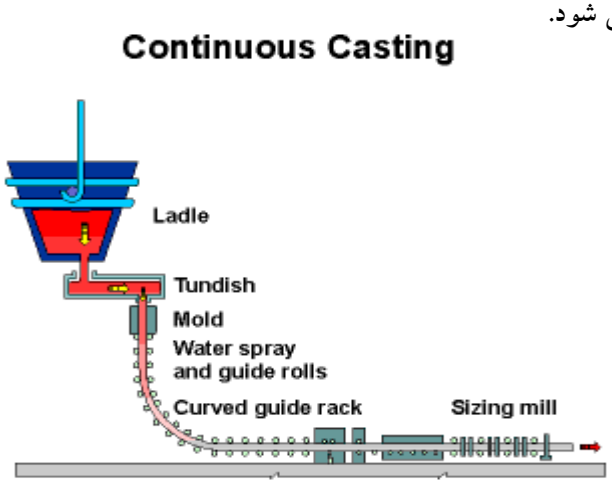
قسمت اعظم فولادهای موجود در صنعت به صورت محصولات نیمه تمامی همچون میلگرد ، ورق ، تیرآهن ، قوطی تولید می شود (شمش ریزی) که پس از تولید با انجام عملیاتهای تکمیلی به محصول قابل استفاده تبدیل می شوند و تنها قسمت جزیی از قطعات فولادی از طریق ریخته گری به طور مستقیم (قطعه ریزی) به محصول قابل استفاده تبدیل می شوند. فرآیند تولید محصولات نیمه تمام معمولا براساس دو روش انجام می گیرد :

الف) ریخته گري منقطع یا مجزا

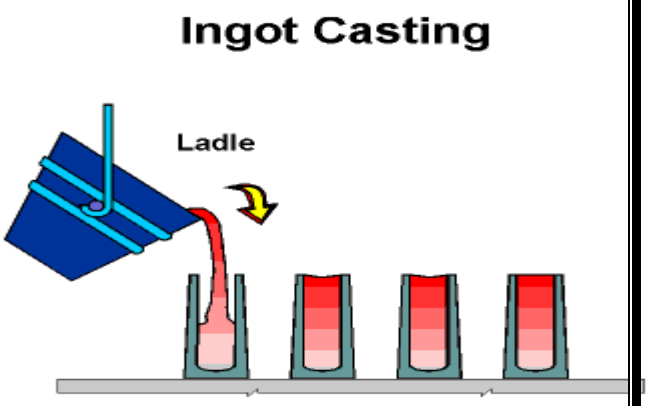
ریخته گری فولادها در قالبهای مجزا و عمودی روش مرسوم تهیه شمشهای فولاد برای کارگرم است. بیشتر فولادها به این روش ریخته می شوند چون روش خیلی ساده ای است. در این روش پس از آماده سازی فولاد مذاب ، پاتیل حاوی مواد مذاب به بالای قالبهای عمودی آمده و مذاب را داخل قالبها تخلیه می کند. با انجماد مواد مذاب درون قالب ، قالبها باز شده و شمش ها از درون قالب بیرون می آید ، شمش داغ برای پیش گرم جهت نورد گرم وارد کوره پیش گرم می شود تا به ورق یا تیرآهن تبدیل شود.

ب) ریخته گري مداوم

برخلاف روش اول در این روش مواد مذاب داخل قالبهای طولانی که نسبت به زمین در ارتفاع قرار دارند ریخته می شود و در تماس با بدنه سرد قالب (به علت آبگرد بودن بدنه قالب) به صورت سطحی منجمد می شود. شمشهای فولادی منجمد شده با غلطکهایی به بیرون از قالب کشیده می شود و محصول ، تختال فولادی پیوسته ای است که در مرحله بعدی برش خورده و به طولهای کمتر تقسیم می شود.



شمش ریزی پیوسته



شمش ریزی منقطع

برای تبدیل شمش تولید شده به قطعات مفید و قابل استفاده مانند ریل آهن ، تیر آهن ، میل گرد و .... از دو روش نورد سرد و نورد گرم استفاده می شود. اگر ارائه یک تعریف برای عملیات نورد مدنظر باشد به زبان ساده می توان گفت عبور شمش از بین دو غلطک و کاهش سطح مقطع شمش یا شکل گیری شمش بر اساس شکل غلطک(شکل ۱ – ۳). در عملیات نورد سرد ، شمش با دمایی کمتر از ۱/۳ دمای ذوب فلز نورد می شود در حالیکه در عملیات نورد گرم شمش تا دمایی حدود ^{o}C ۱۳۷۰ گرم می شود وسپس نورد می گردد. در عملیات نورد گرم احتمال دارد که چند حالت زیر رخ دهد :

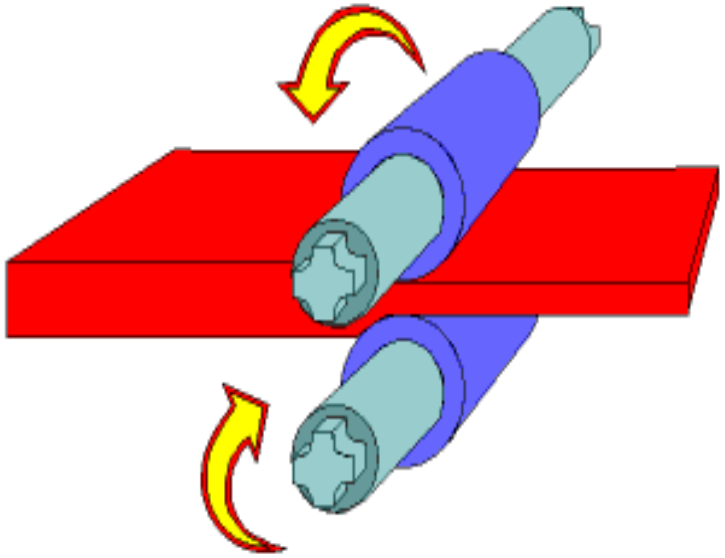
۱ – تولید ورق : شمش به کمک نورد به تختال مسطح تبدیل شده و سپس با نورد بیشتر به ورق یا صفحه تبدیل می شود.

۲ – تولید ریل و مقاطع ساختمانی : شمش به کمک نورد به مقطع مستطیل شکل که شمشه نام دارد ، تبدیل می شود و سپس با نورد بیشتر به ریل یا مقاطع ساختمانی تبدیل می شود.

۳ – تولید میل گرد ، میله و لوله های بدون درز : شمش با نورد به شمشال با مقطع مستطیل شکل تبدیل شده و با نورد بیشتر به انواع میله ، میلگرد و لوله تبدیل می گردد.

در پایان شکل گیری قطعه به کمک عملیات نورد گرم چند مرحله نورد سرد نیز انجام می شود. این امر برای نهایی کردن ابعاد و سطح قطعه و همچنین افزایش استحکام در سطح قطعه می باشد. لذا می توان هدف اصلی نورد سرد را

افزایش استحکام محصولات نورد شده به کمک کارسرد عنوان کرد. عیب مهمی که در حین نورد به وجود می آید و برروی خواص جوشکاری تاثیر مستقیم دارد لایه ای شدن یا (**Lamination**) می باشد. این عیب در اثر حضور ناخالصی های زورذوبی همچون **FeS** و **MnS** که در ابتدا کروی بوده و در طی نورد به شکل لایه ای در می آیند به وجود می آید. برای جلوگیری از پارگی قطعات جوشکاری شده در اثر حضور این ناخالصی ها تست مواد اولیه جوش الزامی است.



انواع فولادها

آلیاژهای آهنی تولید شده با روشهای مختلف بر اساس مقدار کربن موجود در آنها به دو گروه اصلی تقسیم می شوند چراکه درصد کربن به علت تاثیر مستقیم بر خواص مکانیکی و فیزیکی بهترین فاکتور برای تقسیم بندی است :

۱ – فولاد با ۱/۷ – ۰/۰۲۵ ٪ کربن ۲ – چدن با درصد کربن بیش از ۱/۷ ٪

در حال حاضر همزمان با پیشرفت صنعت و توسعه روشهای تولید ، انواع بسیار زیادی از فولادها تولید می شود. فولاد به دلیل خواص مناسبی همچون استحکام خیلی خوب ، مقاومت به ضربه خوب ، تولید ارزان و راحت پرکاربردترین آلیاژ موجود در صنعت می باشد که این خواص مناسب به افزایش کربن به آهن به عنوان عنصر اصلی آلیاژی و بهبود خواص آهن برمی گردد. به گونه ای که استحکام آن را ۱۰ تا برابر افزایش می دهد. اما به خاطر داشته باشید که میزان افزایش کربن به آهن دارای محدودیت است چرا که در بالاترین مقدار آهن تنها ۶/۶۷ ٪ کربن را می تواند در خود بپذیرد. اکثریت فولادها قابلیت بسیار خوبی برای جوشکاری دارند و در اکثر روشهای جوشکاری می توان از آنها استفاده کرد به نحوی که با انتخاب الکترود مناسب و روش صحیح می توان آنها را به راحتی جوش داد. به علت تاثیر قابل توجه افزایش کربن در خواص فولاد مهمترین تقسیم بندی فولادها بر اساس میزان کربن انجام شده است. افزایش کربن در فولاد خواصی را بوجود می آورد که نمونه هایی از آن در زیر آورده شده است.

۱ – نقطه ذوب فولاد را کاهش می دهد. ۲ – افزایش سختی ، شکنندگی و تردی فولاد

۳ – افزایش مقاومت در برابر خوردگی ۴ – مشکل تر کردن جوشکاری و تراشکاری فولاد

۵ – اعمال حرارت بر فولاد راحتتر می شود. ۶– افزایش قیمت فولاد

فولاد کم کربن یا فولاد ساختماني

این فولاد با۰۲۵/–۰ ٪ کربن کمترین مقدار کربن را در بین انواع فولادها دارد لذا آلیاژی نرم ، انعطاف پذیر و در عین حال با استحکام مناسب می باشد که کاربرد فراوانی در صنایع مختلف دارد مانند : مقاطع ساختمانی ، قطعات صنعتی ، مغزی اکثر الکترودها و ... به لحاظ درصد کم کربن ، جوشکاری این دسته از فولادها آسان بوده و تقریبا با تمام روشهای جوشکاری می توان آنها را بدون رعایت موارد احتیاطی جوش داد. در مقابل به علت درصد کربن کم نمی توان عملیات حرارتی سخت کردن را برروی آنها انجام داد.

فولاد کربن متوسط

فولادهایی که در این دسته قرار می گیرند معمولا حدود ۰/۵۵ – ۰/۲۵ ٪ کربن دارند و خواص مکانیکی آنها بهتر از فولادهای ساختمانی می باشد. با توجه به درصد کربن موجود در این فولادها در فرآیند جوشکاری آنها باید تمهیدات و پیش نیازهایی را در نظر گرفت. عدم رعایت اصول اولیه برای جوشکاری این فولادها با ایجاد ترکهای ریز در ناحیه جوش خورده همراه خواهد بود.

فولاد پرکربن

کربن موجود در این فولادها در حدود ۱/۷ – ۰/۵۵ ٪ می باشد و به لحاظ درصد کربن نسبتا بالا ، فولادهایی سخت و با استحکام هستند و معمولا در مواردی همچون ابزار سازی ، قالب سازی ، ساخت فولادهای آبدیده کاربرد دارند. جوشکاری این فولادها به لحاظ حضور درصد کربن بالا ، سخت می باشد و باید با روشهای مخصوص ، الکترودهای مخصوص و فراهم آوردن مقدماتی مبادرت به جوشکاری آنها نمود. جوش حاصل از جوشکاری این فولادها دارای خواصی مانند سختی و شکنندگی می باشد. این دسته از فولادها را با نام فولادهای ابزار نیز می شناسند و در ساخت قطعاتی مانند سوهان ، اره ، حدیده ، قلاویز و.... بکار می روند.

فولاد آلیاژي

این دسته از فولادها که بر اساس درصد عناصر آلیاژی موجود در فولاد به دو دسته کم آلیاژ (مقدار مجموع عناصر آلیاژی کمتر از ۵٪) و پرآلیاژ (مقدار مجموع عناصر آلیاژی بیشتر از ۵٪) تقسیم می شوند از طریق افزایش یکسری عناصر مانند کرم ، نیکل ، تنگستن ، کبالت ، وانادیوم , مولیبدن و منگنز به فولاد تهیه می گردند. هدف اصلی این افزایش بهبود خواص فولادهای معمولی یا فولادهای کربنی و تامین نیازهای صنعتی می باشد. به عنوان نمونه افزایش کرم به تنهایی و یا افزایش کرم و نیکل به طور همزمان به فولاد باعث افزایش مقاومت به خوردگی و زنگ زدگی فولاد می شود و یا افزایش تنگستن به فولاد مقاومت به سایش را در آن بالا می برد.از آنجاییکه خواص فولادهای آلیاژی بر اساس نوع و مقدار عنصر آلیاژی تغییر می کند فرآیند و تکنیک جوشکاری هر یک با دیگری متفاوت است. به عنوان مثال از بین فولاد زنگ نزن ، فولاد فنر ، فولاد SPK و فولاد ضد سایش که جز فولادهای

آلیاژی هستند جوشکاری فولاد زنگ نزن (استیل) با روش قوس دستی و به وسیله الکترود زنگ نزن (استیل) , روش **TIG** و روش **MIG** بیشترین عمومیت را دارد. در خانواده فولادهای زنگ نزن آلیاژ دارای ۱۸٪ کروم و ۸٪ نیکل به فولاد زنگ نزن نگیر و آلیاژ دارای ۱۸٪ کروم به فولاد زنگ نزن بگیر معروف هستند.

چند نکته در مورد جوشکاري فولاد آلیاژي

1– فاصله درز اتصال در جوشکاری فولاد آلیاژی کمتر از فاصله درزاتصال در فولاد ساده کربنی در حالت مشابه است.

۲ – قبل از جوشکاری و بسته به ترکیب شیمیایی ، قطعات فولاد آلیاژی باید تا حدود $200 - 300^{o}C$ پیش گرم شوند. (دمای پیش گرمایش–حین جوشکاری و پس از جوشکاری صرفا بر اساس استانداردها و متناسب با جنس آلیاژ تعیین شود)

۳ – انتخاب درست الکترود که از نظر نوع پوشش و اندازه آن باید با جنس و ضخامت فولاد مورد جوشکاری متناسب باشد.

۴ – شدت جریان جوشکاری برای فولاد آلیاژی کمتر از فولاد ساده کربنی در حالت مشابه است.

۵ – در جوشکاری فولادهای آلیاژی سرعت حرکت دست در پاس نفوذی کمتر از فولادهای ساده کربنی بوده و سعی می شود تا شکل گرده محدب باشد.

تاثیر عناصر آلیاژي بر خواص فولاد

۱ – منگنز : وجود منگنز در فولاد باعث افزایش سختی توام با افزایش استحکام و نرمی می شود به طوریکه می توان فولاد را تراش داد. افزایش نیکل یا کرم و یا هر دوی آنها نیز چنین خاصیتی دارد.

۲ – نیکل : اضافه کردن نیکل بدون تاثیر بر چکش خواری فولاد استحکام آنرا افزایش داده و با افزایش ۳۵ – ۲۵ ٪ کروم به فولاد ، مقاومت به خوردگی به طور چشم گیری افزایش می یابد.

۳ – وانادیوم : این عنصر فولاد را برای آب دادن و سخت کردن سطحی آماده می کند.

۴ – تنگستن : این عنصر مقاومت به سایش فولاد را بسیار افزایش داده و لذا برای ساخت ابزار و مته از آن استفاده می شود.

۵ _کبالت : مقاومت حرارتی فولاد را افزایش و در مواردی که در اثر سایش حرارت تولید می شود در فولاد کاربرد دارد.

۶ _ مس : مقاومت به خوردگی فولاد را در اتمسفر افزایش داده و هیچگونه تاثیری بر خواص جوشکاری ذوبی فولاد ندارد.

۷ _ سرب : به طور قابل ملاحظه ای قابلیت ماشین کاری فولاد را افزایش می دهد.

۸ – سیلیسیم : مقدار این عنصر در فولاد حدود ۳۰ – ۰/۰۵ درصد است که تاثیر کمی بر ساختمان و خواص مکانیکی فولاد دارد و بیشتر نقش اکسیژن زدا را بازی می کند.

۹ – مولیبدن : این عنصر همزمان با افزایش سختی پذیری فولاد ، مقاومت حرارتی آنرا نیز بالا می برد.

۱۰ – آلومینیوم : در کنار عمل اکسیژن زدایی این عنصر در فولاد ، ریز دانگی آستنیتی و افزایش خاصیت نیتروره کردن نیز از تاثیرات آلومینیوم است.

نامگذاري فولادهاي ساده کربني

فولادهای ساده کربنی بسته به نوع و کاربرد آنها ، در چند سیستم مختلف نام گذاری می شوند. بنابراین یک نام گذاری واحد که در تمام فولادهای ساده کربنی به کار رود وجود ندارد. سه سیستم **AISI** و **ASTM** و **DIN**سیستمهایی هستند که بیشتر بکار می روند.. به لحاظ کاربردی بودن دو سیستم **DIN** (استاندارد آلمان) و **AISI** (استاندارد آمریکا) در این مبحث به این دو استاندارد اشاره می شود.

نام گذاري فولاد ساده کربني در سیستم AISI

این سیستم در مورد نامگذاری میلگردهای نورد سرد و گرم ، سیم ها ، میله ها ، و لوله های بدون درز و محصولات نیمه تمام آهنگری به کار می رود. این سیستم برای شناسائی فولادهای مختلف از درصد کربن موجود در فولاد کمک میگیرد به این صورت که برای نام گذاری از چهار عدد استفاده می شود که اگر دو عدد اول ۱۰ باشد مشخص کننده فولاد ساده کربنی است. هر یک از اعداد ۲۰ و ۳۰ و .... به یک نوع فولاد آلیاژی خاص اشاره دارد که شرح کامل آن در جدول صفحه بعد آمده است. دو رقم بعدی مشخص کننده درصد کربن می باشد که با تقسیم بر عدد ۱۰۰ درصد واقعی کربن را نشان می دهد. به عنوان مثال فولاد ۱۰۲۰ فولاد ساده کربنی با ۰/۲ ٪ کربن می باشد. نکته قابل توجه در این سیستم نام گذاری این است که اگر درصد عناصر آلیاژی در فولاد کمتر از یک درصد باشد مقدار آن را صفر در نظر می گیرند. در کنار اعداد ذکر شده ممکن است حروفی نیز بکار رود که تعدادی از آنها به شرح زیر است :

A : فولاد آلیاژی زیمنس – مارتین
B : فولادی اسیدی بسمر
C : فولاد بازی زیمنس – مارتین
D : فولاد اسیدی زیمنس
E : فولاد کربن دار یا فولاد آلیاژی کوره بلند

نام گذاري فولاد ساده کربني در سیستم DIN

در این سیستم از یک نام چند قسمتی برای نام گذاری فولادهای کربنی ، کم آلیاژی و آلیاژی استفاده شده و برای هر گروه هم علامت خاصی در نظر گرفته می شود. برای نام گذاری فولادهای کربنی , علایمی به شرح زیر کاربرد دارد :

St : فولاد نورد شده
CM : فولادهای با قابلیت ماشین کاری یا خوش تراش
GS : فولادهای ریخته شده
CF : فولادهای دارای قابلیت عملیات حرارتی کلی
CQ : فولادهای کم کربن با قابلیت کوئینچ و تمپر
CK : فولادهای پرکربن با فسفر و گوگرد بسیار کم

اعدادی که بعد از این حروف قرار می گیرند با ضریب ۱۰۰۰ استحکام کششی فولاد را بر اساس واحد **psi** نشان می دهد.

مثال : **St37** فولاد کربنی نورد شده ای با **psi** ۳۷۰۰۰ استحکام کششی

انواع چدن

به لحاظ بسیاری از خواص مناسب و قابل توجه ، چدن پس از فولاد مهم ترین آلیاژ صنعتی می باشد. چدنها آلیاژهایی دارای ۴/۵ – ۱/۷ ٪ کربن و مقدار ۳ – ۰/۵ ٪ سیلیسیم هستند که برای کنترل برخی از خواص حدود ۱/۳ – ۰/۲ ٪ منگنز در آنها مشاهده می شود. خواص مناسبی مانند مقاومت به ضربه ، استحکام مناسب ، چقرمگی خوب ، لرزه پذیری عالی ، هزینه کم تولید و انعطاف پذیری مناسب در تولید قطعات بزرگ و کوچک ، باعث شده تا چدنها به طور وسیعی مورد توجه قرار گیرند. همچون فولادها ، چدنها نیز تقسیم بندی می شوند اما این تقسیم بندی بیشتر بر اساس شکل کربن و نوع زمینه چدن صورت می گیرد.

چدن سفید

از آنجائیکه سطح مقطع شکست این چدن سفید رنگ است به آن چدن سفید می گویند و کربن موجود در آن به صورت ترکیب با آن یا کربن ترکیبی (سمانتیت) می باشد. از خواص این نوع چدن می توان به مقاومت به سایش خوب ، سختی مناسب و استحکام قابل قبول اشاره کرد. اما در مقابل این خواص خوب این دسته از چدنها هیچگاه جوشکاری نمی شوند. یکی از دلایل مهم عدم جوشکاری چدن سفید انقباض زیاد در حین انجماد است که احتمال وقوع عیوب زیادی همچون ترک را در جوش افزایش می دهد. درصد سیلیسیم در چدن سفید کمتر از ۱٪ است. لذا کربن توانایی آزاد شدن و ایجاد گرافیت آزاد را نداشته و به صورت ترکیبی در می آید.

چدن خاکستري

برخلاف چدن سفید در چدن خاکستری کربن به شکل آزاد و یا گرافیت رشته ای وجود دارد. نام گذاری این نوع چدن نیز همانند چدن سفید بر اساس رنگ سطح مقطع شکست می باشد چرا که رنگ سطح مقطع آن به رنگ خاکستری تیره است. این چدن با توجه به سهولت و هزینه های کم تولید و بسیاری از خواص مناسب دیگر پرکاربردترین نوع چدن به حساب می آید. خواصی همچون استحکام خیلی خوب ، چقرمگی خوب ، مقاومت به ضربه عالی و قابلیت ماشیکاری خوب باعث شده تا این آلیاژ در بسیاری از کاربرد های مهندسی مورد توجه قرار گیرد. مانند دیگر چدنها ، ریخته گری رایج ترین روش تولید این نوع چدنها است. عامل اصلی تبدیل کربن از حالت ترکیبی به حالت آزاد یا گرافیت در چدن خاکستری سیلیسیم می باشد. به عبارت دیگرعناصری مانند سیلیسیم و آلومینیوم و .... عناصر گرافیت زا هستند. دقت داشته باشید که لایه ها و رشته های گرافیت در چدنها به عنوان نقطه ضعف محسوب می شوند لذا برای رسیدن به خواص مکانیکی مناسب باید مقدار گرافیت در حداقل مقدار خود اندازه آنها حتی الامکان کوچک و توزیع آنها

یکنواخت باشد. به لحاظ احتمال ترکیب کربن آزاد با آهن و تشکیل فازهای ترد و شکننده , جوشکاری این نوع چدنها همراه با یکسری موارد احتیاطی است که در فصل پانزدهم به آن اشاره شده است.

چدن نشکن یا داکتیل

همانند چدن خاکستری کربن در این نوع چدن به صورت آزاد ولی نه به شکل رشته ای بلکه به شکل کروی وجود دارد. در این نوع چدن علاوه بر سیلیسیم عنصر منیزیم باعث کروی کردن کربن می شود. همانطور که از نام این چدن پیداست این چدن علاوه بر دارا بودن خواص مناسب چدن خاکستری از مقاومت به ضربه بسیار عالی نیز برخوردار است. خواص این چدن با اندازه کره های گرافیت و نحوه توزیع آنها ارتباط مستقیم دارد. در میان انواع چدنها , چدن نشکن مناسب ترین چدن برای جوشکاری است.

چدن با گرافیت فشرده

با توجه به شکل گرافیت در این چدن ، خواص این آلیاژ مابین چدن خاکستری و چدن نشکن قرار دارد چرا که گرافیت در آن به شکل رشته ای فشرده یا متمرکز دیده می شود. به عبارت دیگر در این نوع چدن گرافیت مانند چدن خکستری در تمام زمینه توزیع نشده و در مناطق مختلف تجمع نموده است. از طرفی تمرکز گرافیت به نحوی نیست که به شکل کروی درآید. به احتمال زیاد این چدن به علت کمبود میزان منیزیم طی فرآیند تولید چدن نشکن به وجود آمده است.

چدن مالیبل یا چدن چکش خوار

به علت ضعف برخی از خواص چدن سفید به کمک یک فرآیند عملیات حرارتی چند مرحله ای و طولانی چدن سفید به چدن چکش خوار تبدیل می شود که در اصطلاح به این آلیاژ چدن مالیبل یا چدن قیچی می گویند. گرافیت در این چدن به صورت ذرات کروی برفکی شکل است. مهم ترین خاصیت این نوع چدن مقاومت به ضربه خوب آن به خصوص در مقایسه با چدن خاکستری است.

چدن آلیاژي

در توضیح فولادهای آلیاژی عنوان شد که هدف اصلی افزایش عناصر آلیاژی به فولادها بهبود خواص فولادهای معمولی و تامین نیازهای صنعتی است. به دلیل مشابه برخی عناصر آلیاژی مانند کروم ، نیکل ، کبالت و .... به چدنها افزوده می شود تا چدنهای آلیاژی با خواصی ویژه به دست آید. چدنهای آلیاژی می توانند با افزایش عناصر آلیاژی به هر یک از انواع چدنها به دست آید. مانند چدنهای نسوز و چدنهای نای هارد

خواص فلزات

برای شناخت و بکاگیری فلزات مختلف لازم است تا به خواص مختلف آنها از جنبه های گوناگونی پرداخت یا به عبارت دقیق تر ، بررسی خواص فلزات از جنبه های فیزیکی ، مکانیکی , شیمیایی و حتی جوشکاری لازم به نظر می رسد. در میان تمامی فلزات بررسی خواص فلزات و آلیاژهایی چون انواع فولادها ، انواع چدنها ، آلومینیوم و آلیاژهای

آن و مس آلیاژهای آن به خاطر کاربرد فراوان مهمتر می باشد. لذا در طی توضیح خواص فلزات به خواص این آلیاژها اشاره بیشتری خواهد شد. (به خصوص فولادها) با اطلاع از خواص فلزات و با استفاده از روشهای ساده می توان بسیاری از فلزات را از هم تمیز داد. کمک گرفتن از خواصی چون رنگ قطعه ، سبکی یا سنگینی قطعه ، رنگ سطح مقطع شکست ، صدای ضربه ، جذب شدن یا نشدن به آهنربا و .... در این راه به ما کمک می کند. به عنوان مثال فلز خالص مس را از رنگ قرمز آن و آلیاژ برنج را از رنگ زرد آن می توان شناخت یا چدن سفید را از رنگ سفید سطح مقطع شکست و چدن خاکستری را از رنگ تیره سطح مقطع شکست می توان تفکیک کرد. چدن و فولاد را هم به راحتی با استفاده از آزمون صدا می توان از هم جدا کرد.

خواص فیزیکی

در زمینه خواص فیزیکی فلزات به طور خلاصه به کمیتهایی همچون نقطه ذوب ، چگالی یا جرم حجمی ، قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی خواهیم پرداخت که شرح کامل آنها در جداول زیر آمده است.

قابلیت هدایت حرارتی و الکتریکی

نام فلز	هدایت الکتریکی مس = ۱۰۰	هدایت حرارتی مس = ۱۰۰
نقره	۱۰۶	۱۰۸
مس	۱۰۰	۱۰۰
طلا	۷۲	۷۶
آلومینیوم	۶۲	۵۶
فولاد	۱۷ – ۱۳	۱۷ – ۱۳
چدن	۱۶	۱۸

درجه حرارت ذوب و چگالی برخی فلزات

ردیف	نام فلز یا آلیاژ	جرم حجمی g / cm^3	درجه ذوب (^oc)
۱	آهن خام	۷/۵ - ۷/۲	۱۳۰۰
۲	فولاد ساختمانی	۷/۸	۱۴۰۰
۳	چدن خاکستری	۷/۳	۱۳۰۰- ۱۲۰۰
۴	چدن چکش خوار	۷/۳	۱۳۰۰- ۱۲۰۰
۵	فولاد ریخته گری	۷/۸۵	۱۶۰۰
۶	مس	۸/۹	۱۰۸۳
۷	سرب	۱۱/۴	۳۲۷
۸	روی	۷/۱۴	۴۱۹
۹	برنج	۸/۵	۹۸۰
۱۰	آلومینیوم	۲/۷	۶۶۰
۱۱	آلیاژهای آلومینیوم	۲/۸ – ۲/۶	۵۷۰
۱۲	آلیاژهای منیزیم	۱/۸	۶۵۵

آزمون شناخت فلزات

الف) تشخیص از راه رنگ آلیاژ

بسیاری از فلزات خالص و آلیاژها را می توان از طریق رنگ ظاهری و یا رنگ سطح مقطع شکست شناسایی کرد. به عنوان مثال رنگ ظاهری مس قرمز و رنگ ظاهری برنج زرد است. تعدادی از رنگهای سطح مقطع شکست در جدول ۱ – ۴ آمده است.

جدول ۱ – ۴ – رنگ سطح مقطع شکست برخی فلزات

ردیف	رنگ سطح مقطع شکست	فلز
۱	سفید نقره ای	چدن سفید
۲	خاکستری تیره	چدن خاکستری
۳	خاکستری تیره	چدن چکش خوار
۴	خاکستری براق	آهن نرم
۵	خاکستری براق	فولاد کم کربن
۶	خاکستری خیلی براق	فولاد پرکربن
۷	خاکستری براق	فولاد ریختگی

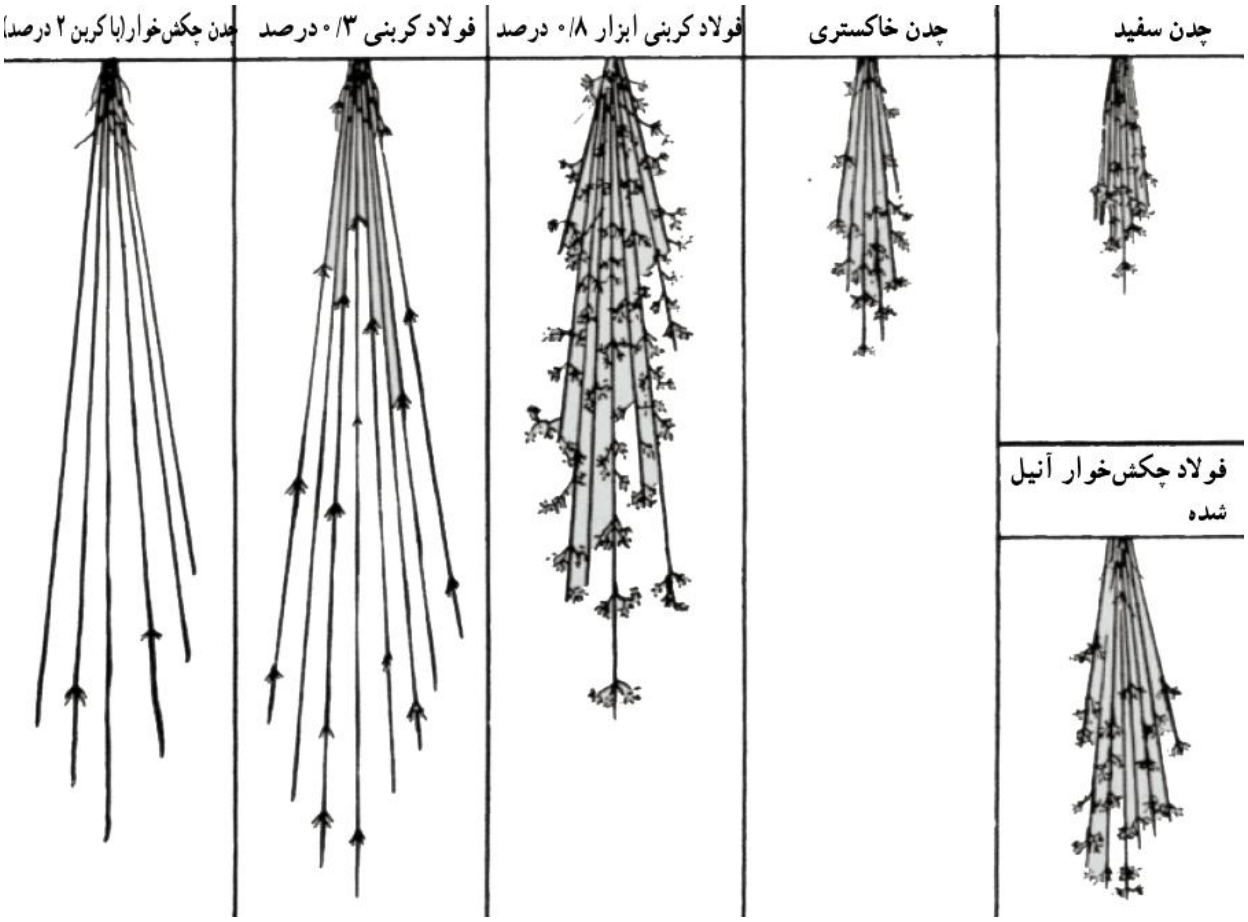
ب) آزمون صدا

دو قطعه هم اندازه از چدن خاکستری یا نشکن و فولاد کم کربن یا کربن متوسط را از یک ارتفاع یکسان رها کنید. از مقایسه صدای برخورد قطعات با زمین می توان جنس آنها را تشخیص داد. فولاد با صدای زیر و شکننده به زمین برخورد می کند اما چدن با صدای بم و خفه به زمین می خورد. قابل ذکر است که صدای برخورد چدن سفید به زمین هم مانند فولاد است. روش دیگری هم در مورد تشخیص فولاد و چدن وجود دارد و آن هم لمس سطح مقطع شکست است. چنانچه سطح مقطع شکست دانه دانه بود و انگشت را سیاه کرد آلیاژ چدن است و اگر سطح مقطع شکست صاف بود و انگشت را سیاه نکرد فولاد می باشد.

ج) آزمون جرقه

انجام این آزمون نیاز به تجربه و اطلاعات کافی دارد. به بیان ساده , این آزمون به کمک تماس قطعه کار با سنگ فرز و بررسی شکل جرقه آن انجام می شود. اگر این آزمون برروی فولاد کم کربن انجام شود جرقه های حاصل دارای دنباله های بلند و همراه با انشعاب است شکل ذرات جرقه , سوزنی شکل با انتهای ستاره ای می باشد. اگر در این آزمایش با انشعابات و پرشهای سوزنی شکل بیشتری برخورد کردید بدانید که درصد کربن کمی افزایش یافته و فولاد کربن متوسط را آزمون می کنید. جرقه های حاصل از سنگ زنی فولاد پرکربن سفید رنگ به همراه ذرات سوزنی فراوانی است. در آزمون جرقه بر روی فولادهای کم آلیاژ ، جرقه هایی شبیه جرقه های فولاد کم کربن با طول کمتر به دست می آید. چنانچه هدف از انجام آزمون جرقه مقایسه فولاد با چدن باشد ذرات فولاد به رنگ زرد روشن ، به شکل

ستاره و با طول ۷۰ – ۶۵ سانتی متر می باشد اما ذرات جرقه چدن مثلثی شکل ، نارنجی رنگ و به طول ۳۵ – ۳۰ سانتی متر می باشد.



خواص مکانیکي

در این بخش به خواصی پرداخته می شود که نقش مهمی در طراحی های صنعتی و انتخاب مواد برای یک کاربرد مشخص دارند. خواص مکانیکی فلزات خواصی هستند که فلزات در مقابل انواع نیروها از خود نشان می دهند و با فرآیندهایی مثل آلیاژسازی , عملیات حرارتی و کار سرد می توان مقدار آنها را تغییر داد. استحکام کششی ، استحکام فشاری ، سختی و ..... از جمله این خواص هستند.

الف) استحکام کششي

این کمیت در مقایسه فلزات با یکدیگر کاربرد وسیعی دارد و به زبان ساده عبارت است از مقاومت فلزات در مقابل نیروهای کششی یا به طور دقیق تر میزان نیروی کششی که یک فلز تا مرحله شکست تحمل می کند. در زمینه استحکام کششی ، فولادها دارای خواص مناسبی هستند. در میان فولادها نیز ، فولاد نرم یا فولاد ساختمانی به لحاظ درصد کم کربن دارای استحکام خیلی خوبی است. پس از فولادها ، چدن خاکستری ، آلیاژهای آلومینیوم و بعد از آنها مس و آلیاژهای آن دارای استحکام کششی مناسبی هستند. واحد اندازه گیری این کمیت **psi** یا **Mpa** می باشد.

ب) استحکام فشاري

این کمیت که بیشتر در مورد غیرفلزاتی همچون سرامیکها کاربرد دارد عبارت است از تحمل مواد در مقابل نیروهای فشاری که تا حد از هم پاشیدگی ماده ادامه خواهد داشت. مواد و فازهای سخت و شکننده معمولا دارای استحکام فشاری مناسبی هستند مانند چدن سفید .

ج) سختي

این کمیت یکی از کاربردی ترین خواص مکانیکی است که در شناخت و آزمایش فلزات کاربرد فراوان دارد. سختی عبارت است از مقاومت یک فلز در مقابل ورود و نفوذ یک جسم خارجی مانند سمبه ، مته و سوزن خط کشی. سختی را که با واحدهایی همچون ویکرز ، برینل و راکول اندازه گیری می کنند رابطه مستقیمی با مقاومت به سایش دارد. به عبارت دیگر هر فلز یا آلیاژ و یا فازی که مقاومت به سایش خوبی داشته باشد سختی آن نیز بالاست. فولادهای آبدیده (کربن متوسط و پرکربن) انواع فولادهای آلیاژی تنگستن دار (ضد سایش) و چدن سفید از این دسته هستند.

د) مقاومت به سایش

به زبان ساده مقاومت به سایش مقاومت فلز در مقابل براده برداری است. همان طور که در قسمت سختی گفته شد مقاومت به سایش رابطه مستقیمی با سختی دارد و می توان این گونه بیان کرد که هر فلز یا آلیاژی که سختی بالایی داشته باشد مقاومت به سایش خوبی نیز دارد.

ه) مقاومت به ضربه

مقاومت هر ماده در مقابل اعمال نیروهای ناگهانی را مقاومت به ضربه گویند که مقدار آن رابطه مستقیمی با میزان استحکام کششی و استحکام تسلیم یا ناحیه زیر منحنی تنش و کرنش دارد. لذا اکثریت فلزهایی که دارای استحکام

بالایی هستند از مقاومت به ضربه خوبی نیز برخوردار هستند. اما در مقابل ، فلزات و آلیاژها و فازهای سخت دارای مقاومت به ضربه کمی می باشند.

و) مقاومت به خوردگي

اصطلاح خوردگی را که عامه مردم به عنوان زنگ زدگی می شناسند می توان مخرب ترین عامل در از بین بردن تجهیزات فلزی دانست. این خاصیت فلزات جز خواص مکانیکی محسوب نمی شود اما به لحاظ توجه فراوانی که به آن می شود در این قسمت به آن اشاره شده است. با توجه اهمیت بسیار زیاد خوردگی ساخت فلزات و آلیاژهایی که مقاومت در برابر خوردگی یا زنگ زدگی داشته باشند بسیار مفید و الزامی است. فلزات بسته به میزان مقاومت به خوردگی ، نسبت به یکی از محیطهای خورنده حساس هستند. محیطهای خورنده ای مانند هوای مرطوب ، آب ، آب نمک ، انواع اسیدها و .... می توانند به سرعت بر روی فلز اثر خورندگی ایجاد کنند. فولادهای کربنی یا فولادهای معمولی به راحتی در هوای مرطوب ، آب و دیگر محیطهای خورنده زنگ می زنند. برای از بین بردن این نقیصه با افزایش عناصر آلیاژی مانند کروم و نیکل آلیاژهای مقاوم به خوردگی تولید می شود که به نام فولادهای زنگ نزن یا **Stainless Steel** شناخته می شوند.

قابلیت جوشکاري

قابلیت جوشکاری خاصیتی از خواص قطعات فلزی است که به جنس فلز و روش انجام عملیات جوشکاری بستگی دارد. مواد مختلف براساس قابلیت جوشکاری به سه دسته قابلیت خوب ، قابلیت مشروط و نامناسب تقسیم می شوند که البته به کمک انتخاب طراحی مناسب می توان این قابلیت را افزایش داد. عوامل مختلفی بر قابلیت جوشکاری موثر هستند که از آن جمله به موارد زیر می توان اشاره کرد.

۱ – خواص فیزیکی مثل رفتار انبساطی ، نقطه ذوب ، قابلیت هدایت حرارتی و ....

۲ – خواص متالورژیکی مانند وجود ناخالصی ها در فلز پایه ، اندازه دانه فلز پایه ، نوع شبکه کریستالی و .....

۳ – ترکیب شیمیایی فلز پایه از نظر میل به ترک گرم ، رفتار حوضچه مذاب ، سختی پذیری و .....

از آنجایی که فولاد پرکاربردترین آلیاژ در عملیات جوشکاری است بررسی قابلیت جوش انواع فولادها بسیار مهم می باشد. خاصیت جوش پذیری بیشتر به واسطه نحوه ایجاد اتصال و طراحی جوش تحت تاثیر قرار می گیرد. تناسب قابلیت جوشکاری با افزایش یا کاهش عناصر آلیاژی و میزان ناخالصی به خصوص در فولاد یک امر قطعی است. در زمینه جوشکاری فولادهای غیرآلیاژی یک قانون کلی حاکم است. بر اساس این قانون هر چه درصد کربن فولاد کمتر باشد جوشکاری آن راحت تر است و به طبع با افزایش درصد کربن جوشکاری آن مشکل تر می شود. بنابراین در جوشکاری فولادها و چدنها تعیین کننده اصلی درصد کربن است.

به علت بالا بودن درصد کربن در فولادهای پرکربن یا چدنها جوشکاری آنها با یک سری عملیاتهای جانبی همراه بوده و جوشکاری آنها باید با روشهای مخصوص و الکترودهای ویژه انجام شود. چراکه قابلیت جوش در جوشکاری

ذوبی و فشاری متناسب با درجه حرارت ورودی به محل جوش تغییر می کند. به عنوان مثال برای جوشکاری چدنهای خاکستری یا چدنهای نشکن نیاز به یک عملیات پیشگرم (حرارت دادن قبل از جوشکاری) و یک عملیات پس گرم کردن (حرارت دادن بعد از جوشکاری) می باشد این در حالی است که فولاد کم کربن بدون هیچ گونه عملیات خاص و با اکثر روشها , جوشکاری می شود. در کنار نقش تعیین کننده درصد کربن برای جوشکاری فولاد و چدن عناصر آلیاژی به خصوص در فولادهای آلیاژی نیز نقش مهمی در قابلیت جوشکاری دارند. به منظور بررسی قابلیت جوش پذیری فولادها سه حالت وجود دارد :

الف) بررسی جوش پذیری فولادهای غیرآلیاژی : در صورتی که درصد کربن این فولادها $C \leq ۰/۲۲$ ٪ باشد قابلیت جوش مناسب است اما اگر درصد کربن بین ۰/۴ – ۰/۲۲ ٪ باشد جوشکاری مشروط انجام می شود.

ب) ارزشیابی جوش پذیری فولادهای کم آلیاژ : چنانچه درصد کربن معادل $C_{eq} \leq$ ٪ ۰/۴ باشد جوش پذیری این فولادها قابل ارزیابی است اما اگر $C_{eq} >$ ٪ ۰/۴ باشد یا باید قطعه را پیش گرم کرد و یا مقدار انرژی حرارتی را افزایش داد.

$$C_{eq} = \%C + (\% Mn / 6) + (\% Cr + \% Mo + \% V / 5) + (\% Ni + \% Cu + \% Si / 15)$$

ج) بررسی جوش پذیری فولادهای پرآلیاژ: جوش پذیری این فولاد براساس میزان کروم و نیکل معادل بررسی می گردد.

عملیات حرارتي

عملیات حرارتی به فرآیند حرارتی گفته می شود که قطعات برای رسیدن به اهدافی مانند افزایش استحکام , تغییر فاز , افزایش سختی سطحی , تنش زدایی و یا یکسان سازی خواص در تمام نقاط قطعه در حالت جامد با یک سرعت مشخص حرارت دیده و سپس با یک سرعت معین سرد می شوند.. دمای عملیات حرارتی روی آلیاژها و فلزات و به خصوص فولاد بسته به نوع و هدف عملیات و ترکیب شیمیایی متغییر است ولی به طور حتم در زیر دمای ذوب آلیاژ می باشد. عملیات های حرارتی که در قطعات جوشکاری شده کاربرد دارد معمولا از نوع پیش گرم و پس گرم یا تنش زدایی می باشد که ممکن است درباره تمام آلیاژهای آهنی و غیرآهنی بسته به ترکیب شیمیایی بکار رود. عملیات پیش گرم با هدف جلوگیری از تشکیل فازهای ترد و شکننده و یا برهم خوردن ترکیب شیمیایی در محل جوش انجام می شود. عملیات تنش زدایی نیز جهت کاهش تنشهای انقباضی ناشی از انجماد سریع و سرد و گرم شدن قطعه مورد جوشکاری اجرا می شود. برای اجرای عملیات تنش زدایی , قطعه تا زیر دمای بحرانی حرارت دیده , مدتی در این حرارت نگه داشته می شود و سپس به آرامی سرد می گردد. جدا از این دو نوع عملیات حرارتی که بیشتر بر روی قطعات جوشکاری شده انجام می شود عملیات های مختلف حرارتی دیگری نیز وجود دارد که دو نمونه آن در زیر آورده شده است. این دو نوع عملیات حرارتی بیشتر بر روی فولادها کاربرد دارد.

۱ – عملیات حرارتی آبدهی یا سخت کردن سطحی که در آن قطعه فولادی تا دمای سرخ شدن یا منطقه آستنیته حرارت داده می شود و بلافاصله در آب یا روغن فرورفته و سریع سرد می شود. با این کار سطح قطعه سخت و ضدسایش می شود. این امر در اثر بوجود آمدن فاز ناپایدار ماتنزیت و یا بینیت می باشد.

۲ – عملیات حرارتی نرماله کردن : در حین فرآیند تولید بسته به عملیاتهای مختلفی که برروی قطعه انجام می شود امکان دارد خواص درونی قطعه درتمام نقاط آن یکسان نباشد لذا با استفاده از این عملیات حرارتی خواص درونی را در تمام قطعه یکسان یا همگن می کنند. در این روش قطعه درکوره تا منطقه آستنیته حرارت می بیند و سپس بسیار آهسته سرد می شود.(در اکثر موارد درون کوره سرد می شود.)

معرفي چند آلیاژ مهم

۱ – فولاد و چدن که به تفسیر به معرفی آنها پرداخته شد. اما این نکته قابل ذکر است که صنعت فولاد سازی در هر کشور یکی از صنایع مادر محسوب می شود و یکی از معیارهای رشد صنعتی در یک کشور کمیت و کیفیت تولید این آلیاژ می باشد.

۲ – برنج : این آلیاژ ترکیبی از مس (حداقل ۵۰٪) و روی با ترکیبهای مختلف است که بسته به مقدار مس ، رنگ آن از برنج قرمز تا برنج زرد متغییر است. این آلیاژ نرم و شکل پذیر است و هرچه درصد مس بیشتر باشد قابلیت تغییر فرم نیز بدون براده برداری افزایش می یابد. برنج مقاومت خوبی در برابر خوردگی دارد لذا در کاربردهای زیر قابل مصرف است : شیر آلات ، سرپیچ لامپها ، رادیاتور ماشین

۳ – برنز : از ترکیب مس با ۵ عنصر آلیاژی انواع برنز به وجود می آید مانند (مس + قلع = برنز قلع) ، (مس + فسفر = برنز فسفر) ، (مس + آلومینیوم = برنز آلومینیوم) ، (مس + نیکل = برنز نیکل) و (مس + برلیم = برنز برلیم). این آلیاژها مقاومت خوردگی خوب ، استحکام کششی مناسب و مقاومت به سایش عالی دارند. لذا از آنها در ساخت پوسته یاتاقانها ، انواع نوارها ، مفتول و ..... استفاده می شود.

۴– لحیم : مهمترین آلیاژ قلع آلیاژ لحیم است که دارای ۹۰ – ۱۲ درصد قلع بوده و علاوه بر سرب فلزات دیگری مانند آنتیموان ، بیسموت ، کادمیم ، مس و نقره نیز به آن اضافه می کنند. این آلیاژ دارای دمای ذوب پائینی است و در لحیم کاری کاربرد دارد و لذا به آن آلیاژ لحیم گفته می شود.

۵ – سرب خشک : این آلیاژ ترکیبی از روی و آلومینیوم است که به علت ترد و شکننده بودن و نزدیکی خواص آن به سرب به آن سرب خشک اطلاق می شود. به دلیل قابلیت ریخته گری خوب این آلیاژ در قالبهای تحت فشار می توان از آن در تهیه وسایل زینتی ، دستگیره ها و حروف چاپی استفاده کرد.

معرفي فرآيندهاي جوشكاري

1- جوشكاري قوس الكتريكي – الكترود دستي (Manual Melting Arc Welding: MMA) (SMAW: Shielded Metal Arc Welding)

این روش اولین بار در سال ۱۸۸۱ میلادی و با استفاده از الکترودهای کربنی و پس از آن در سال ۱۸۸۵ میلادی با الکترود فولادی انجام گرفت. در هر دو حالت قوس الکتریکی بین الکترود کربنی یا فولادی و قطعه کار ایجاد می شد. به علت ناپایداری قوس الکتریکی و عدم کیفیت نهائی جوش حاصل از این روش ، مواد و ایده های جدیدی این روش را تکمیل کرد. به طوریکه الکترودهای پوشش دار با ترکیب پوشش و مغزی متفاوت جایگزین الکترودهای اولیه شد. وجود پوشش روی الکترود به کیفیت نهایی جوش و حفاظت از منطقه جوش در برابر عناصر مضر کمک می کرد. به طور کلی اصول اولیه این روش عبور جریان الکتریسیته از دو فلز هادی توسط یک دستگاه مولد یا مبدل برق است. هرگاه دو فلز هادی (الکترود و قطعه کار) در یک فاصله معین نسبت به یکدیگر نگه داشته شوند با عبور جریان برق ، قوس الکتریکی برقرار می شود که دارای انرژی و حرارت بسیار بالایی است. این انرژی و حرارت الکترود و قطعه کار را ذوب کرده و باعث اتصال دو قطعه می شود. روش جوشکاری قوس الکتریکی – الکترود دستی به علت مزایایی همچون سادگی انجام ، ارزانی ، قابلیت انعطاف پذیری در زمان استفاده کاربردهای فراوانی در صنعت دارد و به عنوان عمومی ترین روش جوشکاری شناخته می شود. اما در مقابل این مزایا دارای محدودیتهایی نیز می باشد که در زمان کاربرد باید مدنظر قرار گیرد :

۱ –کیفیت پایین جوش در مقایسه با دیگر روشها

۲ – نرخ رسوب پایین و در نتیجه راندمان کم جوشکاری

۳ – وابستگی شدید به مهارت جوشکار

۴ – وجود سرباره بر روی جوش نهایی چراکه این سرباره خاصیت جذب رطوبت را دارد.

۵– زمان بر بودن فرآیند

2 - روش جوشكاري زير پودري (Submerged arc welding یا SAW)

جوشکاری زیر پودری یکی از فرآیندهای جوشکاری قوسی با نرخ رسوب بالا می باشد که در صنایع مختلف به ویژه برای جوشکاری مخازن تحت فشار ، دیگهای بخار ، مخازن ذخیره ، لوله های قطور به صورت طولی و کشتی سازی کاربرد دارد. در این روش همانند روش قوس الکتریکی – الکترود دستی حفاظت از جوش توسط مواد پوشش انجام می شود با این تفاوت که پوشش به شکل پودر یا **flux** و جدا از الکترود بر روی مسیر جوشکاری ریخته می شود. این مواد همانند پوشش الکترودها از مواد معدنی ساخته می شوند.

در روش زیرپودری قوس الکتریکی که از یک منبع قدرت ولتاژ ثابت (ژنراتور یا ترانسفورماتور) تامین می شود بین الکترود و قطعه کار و در زیرفضایی پوشیده شده از **flux** برقرار می شود. منابع قدرت ولتاژ ثابت دستگاه هایی هستند که در آنها ولتاژ قابل تنظیم است و شدت جریان بر اساس سرعت تغذیه سیم به طور خودکار تنظیم می گردد به

شکلی که با افزایش سرعت تغذیه ، شدت جریان نیز افزایش می یابد. در طی فرآیند جوشکاری مقداری از پوشش ذوب شده و به شکل سرباره بر روی جوش می نشیند و مابقی پودر هم بدون تغییر مانده و پس از پایان عملیات جهت استفاده مجدد بازیابی می شود. الکترود مصرف شدنی هم توسط یک سیستم خودکار به صورت مداوم در محل جوش تامین می شود. پودر پوشش که توسط یک نازل مداوم به محلی قبل از محل جوشکاری تزریق می شود چهار وظیفه اصلی را بر عهده دارد :

۱ – محافظت جوش و نوک الکترود از اتمسفر هوا

۲ – پایداری قوس با وجود بعضی ترکیبات مناسب در پودر

۳ – تصفیه و تصحیح ترکیب شیمایی فلز جوش

۴ – کنترل باند و یا گرده جوش

با توجه به نرخ رسوب بالای فلز جوش ، این روش برای جوشکاری ورقهای ضخیم مناسب می باشد. با استفاده از جوشکاری زیرپودری می توان از ورق ۴/۵ میلی متر به بالا را جوشکاری نمود و هیچ محدودیتی برای جوشکاری ضخامتهای بالا وجود ندارد. جوشکاری زیرپودری به صورت نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک مورد استفاده قرار می گیرد. الکترود مصرفی در این روش معمولا در قطرهای ۷/۹ – ۳/۲ میلی متر با پوشش نازک مسی و به صورت کلافهای ۱۰۰ – ۲۵ کیلویی یافت می شود. محدوده جریان در این روش حدود ۲۰۰۰ – ۳۰۰ آمپر بوده و به علت همین شدت جریان بالا معمولا حرارت ورودی بالا می باشد. نوع جریان بکار رفته نیز در این روش می تواند **AC** و یا **DC** باشد. در صورت جوشکاری با جریان **DCRP** معمولا به صورت تک سیم عملیات انجام می شود. در جوشکاری با جریان **DCSP** نفوذ کم شده و نرخ رسوب افزایش می یابد و جریان **AC** نیز خواصی بین **DCRP** و **DCSP** دارد. در جوشکاری با چند سیم معمولا سیم اول **DCRP** بوده و سیم های بعدی به جریان **AC** متصل می باشند. این کار مانع ایجاد وزش قوس می گردد. نکته مهمی که در تهیه پودر برای این روش باید مدنظر قرار گیرد دانه بندی پودر بر اساس کاربردهای مختلف است. بسته به جنس قطعه ، ضخامت قطعه کار و .... باید اندازه دانه **flux** را انتخاب کرد. در حال حاضر سه نوع پوشش یا پودر در این روش مورد مصرف قرار می گیرد :

۱– فلاکس به هم چسبیده : مواد این پوشش ابتدا خرد شده و سپس با چسبهای سیلیکاتی به هم می چسبند ، ذرات به هم چسبیده مجدد خرد شده و در نهایت دانه بندی می شوند.

۲ – فلاکس پیش ذوب شده : این نوع پودر با ذوب کردن مواد اولیه , قالبگیری ودر نهایت خردکردن و دانه بندی آنها به دست می آید.

۳ – پودرهای زینتر شده

با توجه به مشخصات ذکر شده از روش جوشکاری زیرپودری می توان مزایا و محدودیتهای این روش را به شرح زیر عنوان کرد

الف) مزایا

۱ – روشی است که به صورت خودکار و نیمه خودکار انجام می شود.

۲ – این روش دارای نرخ رسوب بالایی (۲۰ **kg/h**) می باشد.

۳ – در این روش قابلیت جوشکاری قطعات ضخیم وجود دارد.

۴ – عدم مشاهده قوس که خود باعث کاهش خطرات می شود.

۵ – کیفیت و یکنواختی مناسب در طول مسیر جوشکاری شده و امکان ایجاد چند پاس جوشکاری بر روی هم.

۶ – استفاده برای روکش کاری و بازسازی قطعات فرسوده و امکان جوشکاری در محیط باز بدون محافظت در برابر وزش باد.

۷ – امکان استفاده همزمان از چند الکترود به صورت موازی یا سری جهت افزایش سرعت تولید

ب) محدودیت

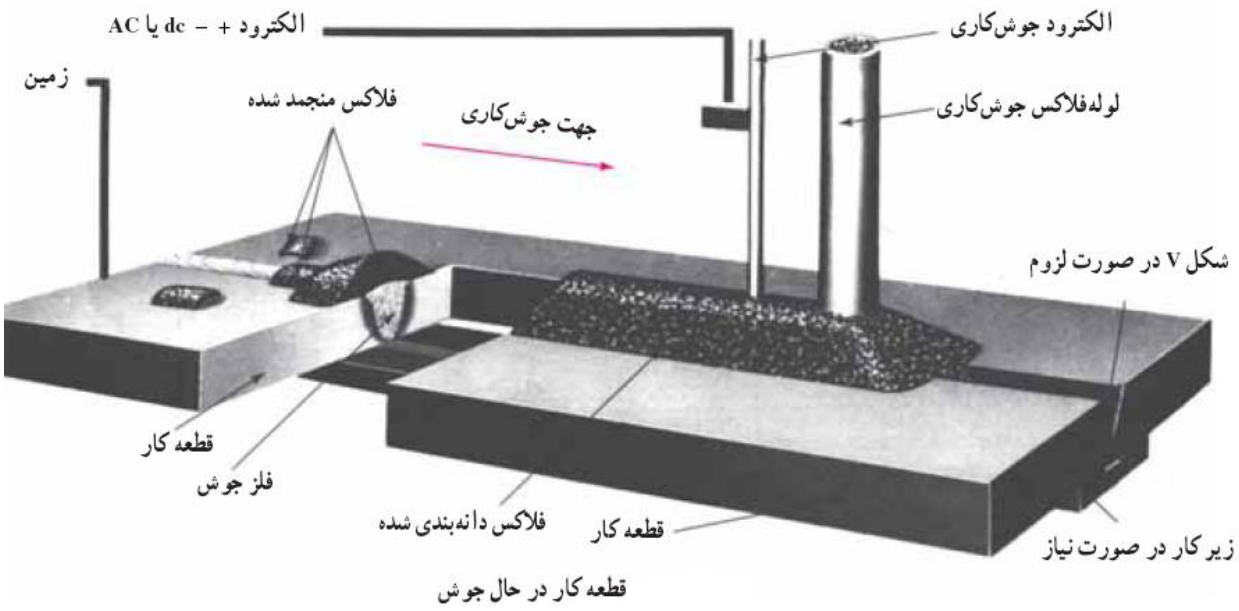
۱ – در هنگام جوشکاری ، سطح کاملا باید افقی باشد و شیب آن از 15^{o} کمتر باشد.(جوشکاری فقط در حالت **PA** و **PB**)

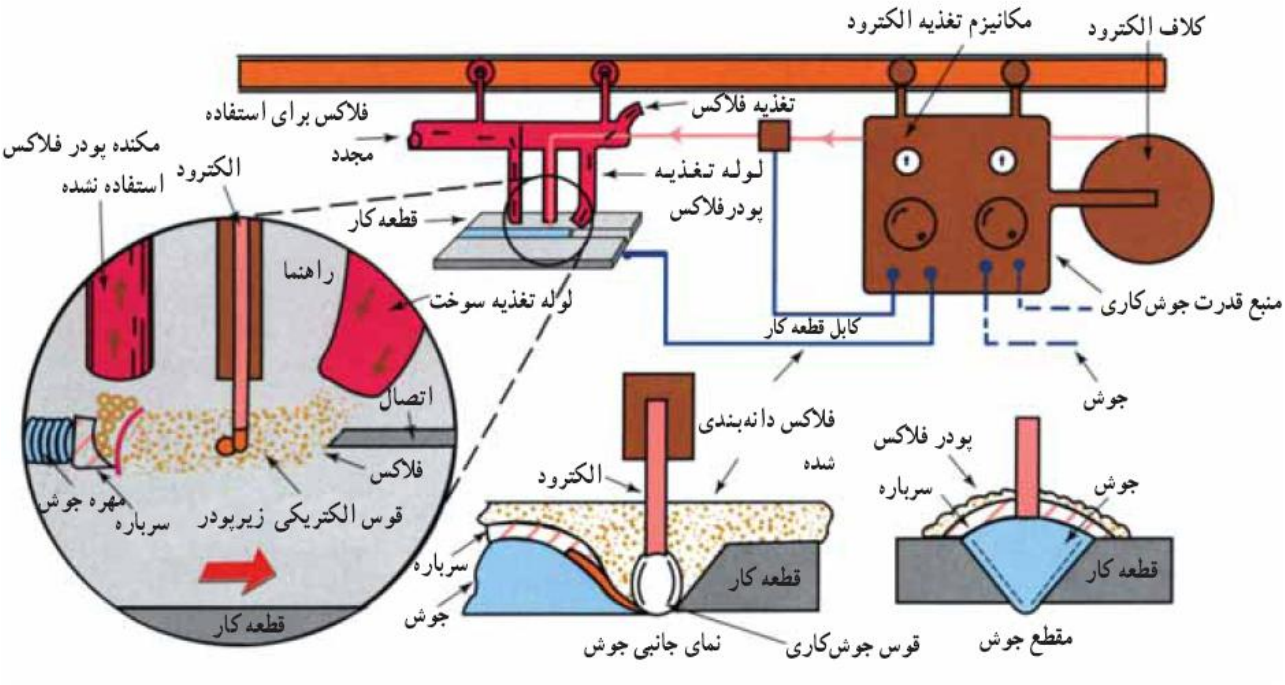
۲ – این روش برای جوشکاری قطعات با ضخامت بالاتر از ۴/۵ میلی متر کاربرد دارد.

۳ – به علت مخفی بودن قوس ، کنترل مسیر جوشکاری ، محل جوش و نحوه پرشدن محل اتصال امکان پذیر نیست.

۴ – امکان تغییر سطح در مسیر جوشکاری وجود ندارد.

وجود معایب و مزایای فوق در روش جوشکاری زیر پودری کاربرد این روش را در مواردی که نرخ رسوب بالا و راندمان خوب نیاز می باشد باعث شده است. تجهیزات مورد نیاز در جوشکاری زیرپودری شامل : منبع نیرو ، سیستم تغذیه سیم ، مشعل ، سیستم حرکتی ، سیستم تغذیه فلاکس و فیکسچرها می باشد. در این روش جوشکاری پارامترهایی مثل شدت جریان ، ولتاژ قوس ، سرعت پیشروی ، زاویه سیم جوش نسبت به قطعه ، مقدار بیرون بودن سیم جوش از سر نازل ، ضخامت پودر موجود بر روی حوضچه مذاب ، نوع پودر و اندازه دانه پودر تاثیر مستقیمی بر روی کیفیت نهایی جوش دارند.





یک دستگاه جوش زیرپودری

3 - روش جوشکاري قوس الکتريکي – گاز محافظ و الکترود مصرف نشدني

(GTAW: Gas Tungsten Arc Welding، TIG)

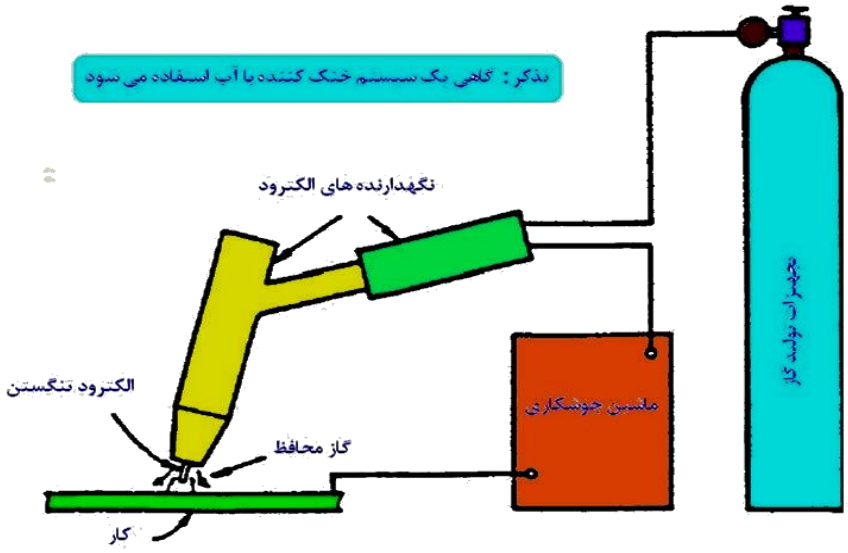
جوشکاری با الکترود تنگستنی و گاز محافظ (**GTAW**) یک فرآیند جوشکاری ذوبی بوده که حرارت لازم برای اتصال از طریق قوس الکتریکی بین الکترود تنگستنی (مصرف نشدنی) و سطح کار ایجاد می شود. این روش جوشکاری تمیزترین ، دقیق ترین و قابل کنترل ترین روش جوشکاری دستی است و اغراق نیست اگر بگوییم با این روش حتی می توان تیغ ریش تراشی را به لنگر کشتی جوش داد. در تشریح دو روش قبلی عنوان شد که محافظت از جوش و حوضچه مذاب و همچنین تصفیه و کنترل سرد شدن جوش به عهده روپوش الکترود یا فلاکس بود. برخلاف آن دو روش , در روش **TIG** محافظت از جوش توسط جریان گازهای خنثی انجام می شود. این گازها معمولا هلیم ، آرگون ، آرگون / هیدروژن (جوشکاری فولاد زنگ نزن) وآرگون / هلیم می باشد که با خروج از سر نازل به محل جوشکاری هدایت شده و هوا و ناخالصی های اطراف جوش را پس زده و به طور دایم محیط خنثی و تمیزی را حول حوضچه مذاب ایجاد می کند. با استفاده از گاز هلیم نفوذ بیشتری نسبت به گاز آرگون ایجاد می شود چراکه ولتاژ یونیزاسیون گاز هلیم بالاتر است. در روش **TIG** به هنگام جوشکاری ، الکترود تنگستنی از میان سر مشعل خارج شده و با یونیزه کردن هوای بین الکترود و قطعه ، بین الکترود و قطعه کار قوس را برقرار می کند. جریان گاز هم توسط فنجانی های سرامیکی همزمان با برقراری قوس از کپسول به محل جوش هدایت می شود.

در روش **TIG** از الکترودهای مصرف نشدنی که از فلز تنگستن و آلیاژهای آن تهیه شده استفاده می شود که معمولا دارای طول **cm۹۱** و قطر ۶/۴ – ۲/۵ میلی متر هستند. این الکترودها از دمای ذوب بالایی برخوردار بوده و لذا در دمای جوشکاری ذوب نمی شوند. افزایش عناصر آلیاژی به تنگستن جهت تهیه الکترود مصرف نشدنی با هدف بالا رفتن قابلیت پخش الکترونها ، بهبود شروع قوس ، پایداری قوس و افزایش طول عمر الکترود بوده است. انتخاب الکترود در این روش بسیار مهم است چرا که اندازه الکترود با توجه به شدت جریان جوشکاری و ضخامت فلز پایه انتخاب می شود به نحوی که معمولا اندازه قطر الکترود نصف ضخامت قطعه کار است. شکل نوک الکترود هم با توجه به جنس فلزپایه معین می شود بدین صورت که الکترودهای نوک تیز برای جوشکاری انواع فولادها و الکترودهای نوک گرد برای جوشکاری آلومینیوم و فلزات غیرآهنی کاربرد دارد. در شرایطی که درز اتصال بزرگتر باشد از فیلر یا پرکننده برای اتصال کامل استفاده می شود. طبقه بندی الکترود در این روش طبق استاندارد **AWS A5.12** است که با حرف **E** به معنی الکترود و سپس حرف **W** به معنی تنگستن شروع می شود و حروف پس از آن مقدار و نوع عناصر آلیاژی موجود در الکترود را نشان می دهد. شرح الکترودهای جوشکاری **TIG** در جدول زیر آمده است :

جدول ۲–۱ الکترودهای مورد مصرف در روش **TIG**

نام الکترود	عناصر آلیاژی	رنگ انتهای الکترود	توضیحات
EWP	تنگستن خالص	سبز	جوشکاری آلومینیوم و عمر مفید ۴۰ ساعت
EWCe -2	٪ ۲/۲ – ۱/۸ سریم	نارنجی	—
EWLa - 1	یک درصد لانتالیوم	مشکی	—
EWLa – 1.5	٪ ۱/۵ لانتالیوم	طلایی	—
EWLa - 2	٪۲ لانتالیوم	آبی	—
EWTh - 1	٪ ۱/۲ – ۰/۸ توریم	زرد	—
EWTh - 2	٪ ۲/۲ – ۱/۷ توریم	قرمز	فلزات آهنی
EWZr	٪۰/۴ – ۰/۱۵ زیرکونیوم	قهوه ای	خروج آسان الکترونها

تجهیزات مورد استفاده در این روش شامل منبع تغذیه از نوع جریان ثابت ، کپسول گاز خنثی به همراه رگلاتور و متعلقات کامل آن ، منبع تامین آب یا هوا ، سر مشعل جوشکاری یا تورچ جوشکاری و الکترود می باشد.



طرح شماتیکی از جوشکاری تنگستنی با گاز محافظ

استفاده از آب یا هوا جهت خنک کردن سرمشعل جوشکاری به جهت افزایش عمر سرمشعل و جلوگیری از فرسوده شدن آن در اثرحرارت زیاد است. متغییرهای جوشکاری **TIG** عبارتند از : ولتاژ قوس یا طول قوس ، شدت جریان ، سرعت جوشکاری و نوع گاز محافظ. مقدار حرارت ورودی به ولتاژ قوس و شدت جریان بستگی دارد. در روش **TIG** از شدت جریانی حدود ۸۰۰ – ۰/۵ استفاده می شود. در جوشکاری ورقهای نازک از شدت جریان کم ، جریان **DCEN** ، خنک کننده هوا و الکترود نوک تیز ، در جوشکاری ورقهای متوسط از شدت جریان متوسط ، جریان **AC** ، خنک کننده هوا و الکترود نوک گرد و در جوشکاری ورقهای ضخیم از شدت جریان زیاد ، جریان **DCEN** ، خنک کننده آب و الکترود نوک تیز استفاده می شود. در این روش برای جلوگیری از تمرکز حرارت در الکترود و عدم ذوب آن فقط از جریان **DCEN** و **AC** (جهت جوشکاری آلومنیوم)استفاده می کنند.

حرارت ورودی و همچنین تمرکز حرارت در این روش بالاست لذا برای جوشکاری فلزات هادی حرارت مثل آلومینیوم بسیار مناسب است از طرفی در قطبیت **DCEN** خاصیت تمیز کردن قوس وجود دارد لذا این روش برای اتصال فلزاتی که تولید اکسیدهای دیرگداز می کنند مثل **Mg** و **Zr** بسیار مناسب است. فرآیند **TIG** جوشی با کیفیت بالا را ایجاد می کند که به تجهیزات کمی نیاز دارد. این روش جوشکاری بدون پاشش جرقه می باشد که حداقل دود ممکن را ایجاد می کند و می تواند در تمام حالات جوشکاری بکار رود. روش **TIG** را می توان بدون فلز پرکننده یا با فلز پرکننده انجام داد چراکه منبع حرارت مستقل از فلز پرکننده است. ورقهای نازک و ورقهای ضخیم را با کنترل عالی نفوذ پاس ریشه می توان با فرآیند **TIG** جوشکاری نمود. اما در مقابل تمامی این مزایا , محدودیتهایی هم در این روش وجود دارد که به شرح زیر است :

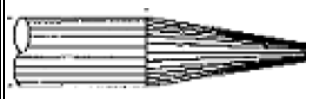
۱ – راندمان پایین روش به علت انتقال حرارت از طریق الکترودهای مصرف نشدنی و کم بودن نرخ رسوب

۲ – احتمال آلودگی جوش از طریق ناخالصی تنگستن که منشا آن الکترود است.

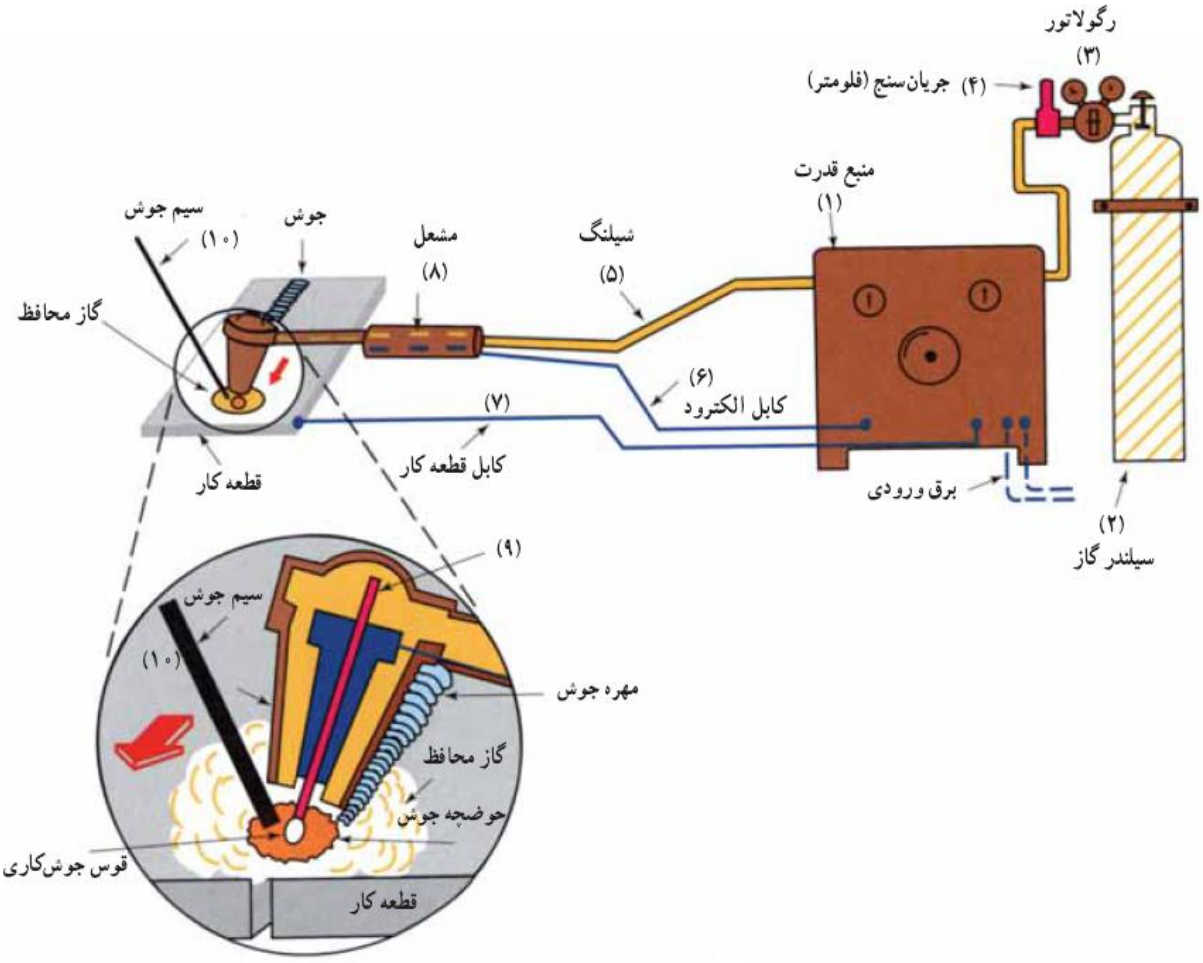
۳ – گرانی روش به علت تجهیزات گران ، استفاده از گازهای خنثی و کند بودن فرآیند و نیاز به مهارت بالای جوشکار

۴ – محدودیت به کارگیری در فضای باز چرا که جریان هوا بر روی جریان گاز تاثیر منفی دارد. (سرعت باد کمتر از **8 km/h** باشد.)

۵ – اشعه شدید و خطرناکی که از منطقه جوش متصاعد می شود. (بعلت عدم وجود گل جوش و همچنین دود در منطقه جوشکاری نور ایجاد شده شدیدتر از فرآیند قوس الکتریک دستی است.)



بایستی توجه کرد که در حین تیز کردن نوک الکترود شیارهای ایجاد شده ستونی باشند نه حلقوی.

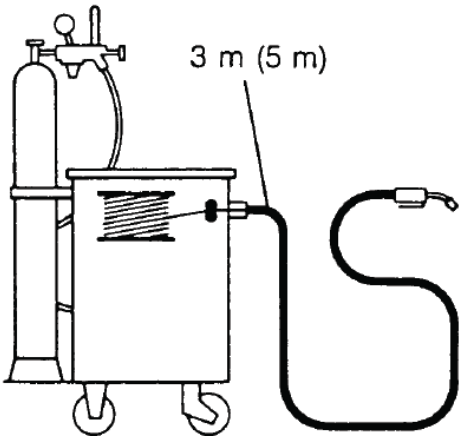


دستگاه جوش‌کاری TIG

4 - روش جوشکاري قوس الكتريكي – گاز محافظ و الكترود مصرف شدني

(MIG/MAG ، GMAW : Gas Metal Arc Welding)

اصول اولیه این روش همانند روش **TIG** است به این معنی که محافظت از حوضچه جوش توسط گاز خنثی آرگون ، هلیم و CO_2 انجام می شود. اما دارای یک تفاوت اصلی است و آن کاربرد الکترود مصرفی به جای الکترود تنگستن است. الکترود مصرف شدنی که معمولا توسط قرقره های مخصوص به صورت مداوم تامین می شود توسط غلتکهای پیشران جهت برقراری قوس الکتریکی به محل جوش هدایت می شود. این الکترودهای کلافی با قطری بین ۱/۲ – ۰/۸ میلی متر موجود می باشند.



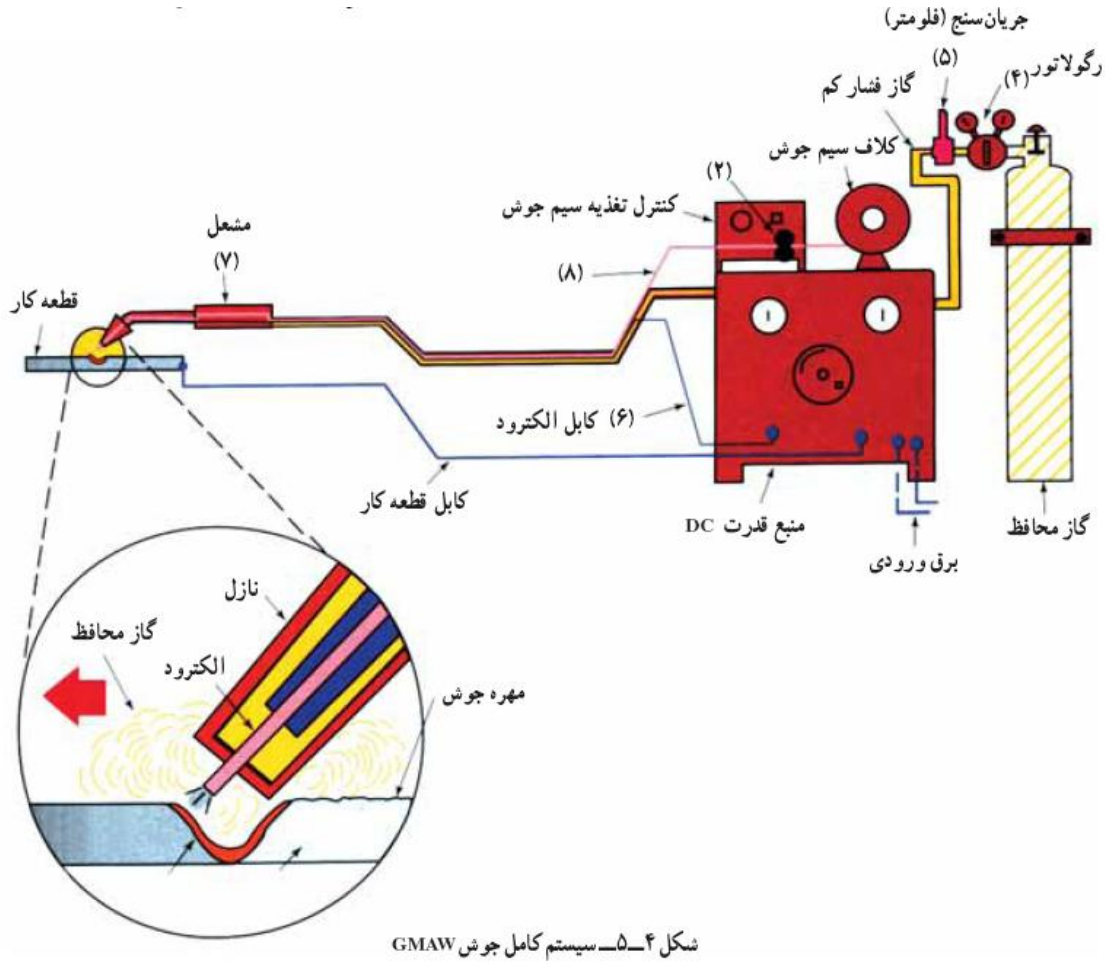
در این روش تجهیزات شامل منبع قدرت که از نوع ولتاژ ثابت بوده ، سیستم تغذیه الکترود که سرعت تغذیه را تنظیم می کند ، کپسول گاز و تورچ جوشکاری می باشد. در این روش تورچ یا سرمشعل دو وظیفه مهم

هدایت الکترود و انتقال جریان برق جهت برقراری قوس را بر عهده دارد. روش **GMAW** خود به دو روش فرعی دیگر تقسیم می شود:

۱ – روش **MIG** که در آن از گاز محافظ آرگون یا هلیم برای حفاظت از جوش استفاده می شود. البته گاز آرگون کاربرد بیشتری دارد چرا که ارزان بوده ، سنگین تراست و در ولتاژ کم و جریانهای پایین راحت یونیزه می شود. در بازار به این روش جوشکاری آرگون هم می گویند. اما در مقابل , هلیم از قدرت حرارتی بالایی برخوردار بوده و در جوشکاری مس و وضعیت بالا سر یا سقفی کاربرد دارد.

۲ – روش **MAG** که در آن از گاز محافظ CO_2 استفاده می شود. این گاز در جوشکاری فولادها کاربرد فراوانی دارد و از هلیم و آرگون ارزانتر است. همچنین گاز CO_2 از هوا پنجاه درصد سنگین تر است و بسیار عالی حوضچه مذاب را پوشش می دهد. ولتاژ یونیزاسیون CO_2 بسیار بالا است. در بازار به این روش جوشکاری CO_2 نیز گفته می شود که بیشتر در موارد حساس از آن استفاده می شود. کپسول گاز CO_2از فولاد و به شکل بدون درز ساخته شده که گاز با فشار Kg / Cm^2 ۱۵۰در آن ذخیره می شود و فشار خروجی توسط یک رگلاتور تنظیم می گردد. به طور کلی این روش برای جوشکاری فولادهای ساده کربنی بسیار مناسب بوده و محدوده جریان در آن حدود ۱۰۰۰ – ۱۰ **A** می باشد ، قطبیت هم در این روش معمولا **AC** و **DCEP** (به علت ذوب راحتتر الکترود) است.

از مزایای این روش می توان به نرخ رسوب بالا ، حساسیت کم آن در مقابل تغییر طول قوس ، جذب کم هیدروژن در منطقه حوضچه مذاب و **HAZ** (ناحیه اطراف جوش که تحت تاثیر جوشکاری خاص متالورژیکی یا مکانیکی آن تغییر کرده است) به علت عدم استفاده از فلاکس ، عدم وجود سرباره و افزایش سرعت جوشکاری ، کنترل و حفاظت راحت حوضچه مذاب و در نتیجه کیفیت خوب جوش و در نهایت استفاده از تمام طرح اتصالها و تمام وضعیتهای جوشکاری اشاره کرد. اما در مقابل , تلاطم حوضچه مذاب به دلیل معیوب بودن نازل ، وجود ذوب ناقص در اثر طول قوس کوتاه در قطعات ضخیم ، گران بودن روش ، مشکل وزش باد و وجود حفرات گازی به علت آلودگی الکترود و قطعه کار از عیوب این روش می باشد. آخرین نکته اینکه با فرآیند **MIG** و **MAG** تقریبا تمام فلزات و آلیاژها را می توان جوشکاری نمود. حدود ضخامت قطعه کار در این فرآیند از ۰/۵ میلی متر تا ضخامتهای حدود ۱۲ میلی متر می باشد. پیشنهاد می شود که ضخامتهای بالای ۱۲ میلی متر را در صورت امکان با فرآیند زیرپودری جوشکاری نمود.



شکل ۴ــ۵ــ سیستم کامل جوش GMAW

5 - جوشکاري باگاز سوختني يا جوشکاري اکسي - استيلن (Oxy Fuel welding يا OFW)

در چهار روش جوشکاری که تاکنون به آنها اشاره شد ، منبع تولید حرارت جریان الکتریسیته یا به طور دقیق تر قوس الکتریکی بود اما در این روش از سوختن یا ترکیب شدن یک گاز سوختنی مانند استیلن با اکسیژن حرارتی تولید می شود که از آن برای ذوب دو لبه قطعه کار و اتصال آنها استفاده می شود. محافظت از حوضچه مذاب در این روش با شعله می باشد. تجهیزات این روش هم شامل منبع اکسیژن ، منبع گاز سوختنی ، رگلاتور تقلیل فشار و تنظیم فشار ، مشعل و شلنگهای هدایت گاز می باشد. در مشعل جوشکاری اکسی – استیلن محلی برای اختلاط گاز با اکسیژن وجود دارد که نسبت ترکیب گاز با اکسیژن را به وسیله آن می توان تنظیم کرد. این روش جهت جوشکاری ورقها و لوله های نازک فولادی و تعمیر کاری روی قطعات کارکرده کاربرد دارد.

6- فرآيند جوشکاري قوسي توپودري (FCAW :Flux Core Arc Welding)

این فرآیند شباهت زیادی به فرآیند **GMAW** دارد با این تفاوت که در فرآیند **FCAW** از الکترود لوله ای و توپی که داخل آن از پودر پرشده است استفاده می شود. در این فرآیند دو نوع الکترود کاربرد دارد ، در نوع اول فلاکس داخل الکترود برای محافظت از جوش کافی است اما در نوع دوم علاوه بر فلاکس داخلی , برای محافظت از جوش از گاز خنثی هم استفاده می کنند. این فرآیند اغلب جهت جوشکاری فلزات آهنی شامل فولادهای کربنی و

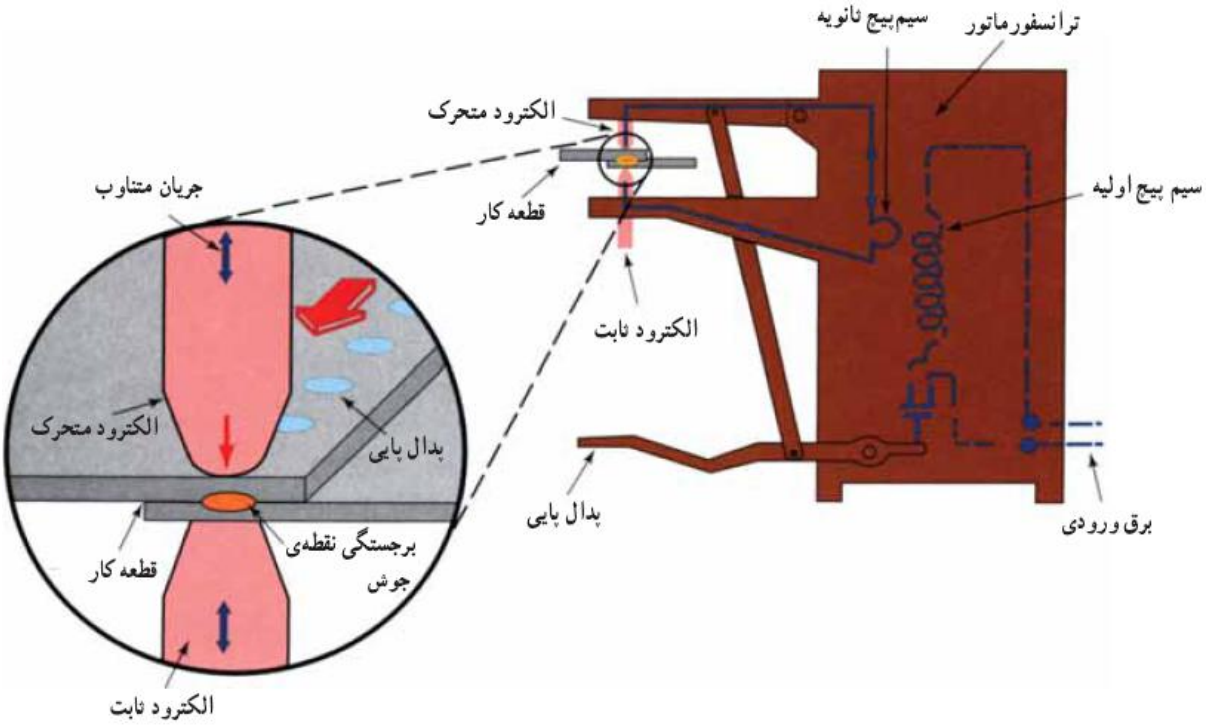
فولادهای زنگ نزن به کار می رود. بعضی از الکترودهای مخصوص فولاد زنگ نزن از یک تیوپ فولاد کربنی ساخته شده اند که عناصر آلیاژی مثل کروم و نیکل از طریق پودر داخلی الکترود تامین می شود.

7- روش جوشكاري مقاومتي – نقطه اي يا SRW

برخلاف روشهایی که تاکنون درباره آنها بحث شد و در آنها عامل حرارت باعث ذوب و اتصال دو قطعه به یکدیگر می شد در این روش علاوه بر عامل حرارت ، عامل فشار هم به اتصال کمک می کند. همانند چهار روش اول حرارت توسط جریان الکتریسیته تولید می شود. اساس این روش به شرح زیر است :

فلزات به دلیل مقاومت الکتریکی ذاتی خود در اثر عبور جریان الکتریکی گرم شده و حتی اگر جریانی قوی از آنها عبور کند به حالت ذوب می رسند. حال اگر دو فلز بر روی هم قرار گیرند مقاومت الکتریکی در محل اتصال آنها بیشتر خواهد شد. در این حالت اگر جریان الکتریکی از دو قطعه عبور داده شود ، حرارت ایجاد شده در محل اتصال قطعات را ذوب خواهد کرد. در جوشکاری مقاومتی – نقطه ای جریان الکتریکی از طریق دو الکترود ساخته شده از آلیاژهای مس به دو قطعه منتقل می شود. ابتدا عبور جریان در محل اتصال دو قطعه را درست در زیر الکترودهای مسی ذوب کرده و سپس با فشار وارده از طرف الکترودها دو قطعه به یکدیگر متصل می شوند. در پایان جوشکاری در محل عملیات دایره سیاه رنگی بر روی قطعه می ماند که همان محل اتصال بوده و به آن دکمه می گویند.

به طور کلی فرآیند جوشکاری مقاومتی یکی از بهترین روشهای اتصال ورقهای نازک است که دارای سرعت تولید خوبی می باشد. در فرآیند جوشکاری مقاومتی – نقطه ای فاکتور شدت جریان و زمان از طریق دستگاه قابل کنترل است اما مقاومت الکتریکی به جنس وضخامت قطعه ، فشار بین الکترودها و تمیزی سطح بستگی دارد. منبع تامین انرژی معمولا با جریان متناوب ولتاژی حدود ۲۵۰ – ۲۲۰ **V** تولید می کند اما در عمل جریان جوشکاری حدود ۱۰۰۰۰ – ۱۰۰۰ **A** و ولتاژی حدود ۱۰ – ۰/۵ **V** مورد نیاز است. در اکثر دستگاههای جوشکاری نقطه ای دو الکترود و به عبارتی دو فک دستگاه به وسیله پدال پایی برروی هم قرار می گیرند و دکمه را ایجاد می کنند. براساس جنس ورق ، ضخامت ورق و محل کاربرد , قطر دکمه و فواصل یکسان دکمه ها باید کنترل شود. ناگفته نماند که برای جلوگیری از فرسوده شدن الکترودها و عدم اتصال آنها به قطعه کار ، هر دو الکترود توسط سیستم آبگرد سرد می شود.



دستگاه جوش مقاومتی استفاده از سیستم مکانیکی

روش **SRW** بیشتر برای اتصال ورقهای فولادی کاربرد دارد اما در کاربرد آن باید به مزایا و محدودیتهای آن نیز توجه کرد.

الف) مزایای روش جوشکاری نقطه ای

۱ – به علت ذوب موضعی و ذوب در محل اتصال نیازی به محافظت از جوش وجود ندارد.

۲ – جوش نهایی دارای بهترین کیفیت است.

۳ – سرعت تولید بالاست.

۴ – منطقه جوش کوچک بوده و لذا قطعه کمتر تحت تنش حرارتی قرار می گیرد.

ب) معایب روش جوشکاری نقطه ای

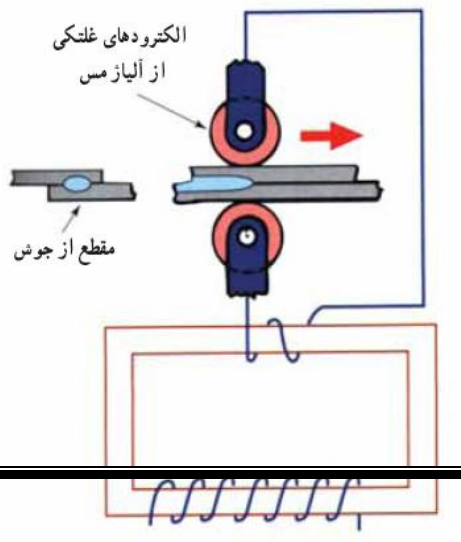
۱ – در این روش محدودیت طرح اتصال وجود دارد به این معنی که اتصال فقط باید لب روی هم باشد.

۲ – قطعات ضخیم را با این روش نمی توان جوش داد و این روش فقط برای ورقهای نازک کاربرد دارد.

۳ – به علت سرعت سرد شدن بالا احتمال ایجاد ترک در قطعه وجود دارد.

۴ – تمامی فلزات را نمی توان با آن جوش داد. به عنوان مثال مس با این روش جوشکاری نمی شود.

۵ – تجهیزات این روش قابل حمل و نقل نیست.



حالت خاصی از جوشکاری مقاومتی ، جوشکاری مقاومتی نواری است. در این روش به جای الکترود از غلطک استفاده می شود. به عبارت دیگر ورقهایی که

با جوشکاری نقطه ای به هم متصل می شوند در ظاهر دارای دکمه هایی هم قطر و با فواصل یکسان هستند که این دکمه ها محل اتصال را نشان می دهند اما در جوشکاری نواری محل اتصال به شکل نوار مداوم ، متصل و هم عرض دیده می شود که در طول محل اتصال ادامه دارد.

8- روش جوشکاري ترميت يا آلومينو ترميت

همانند جوشکاری اکسی استیلن در این روش از یک منبع شیمیایی برای اتصال و ایجاد حرارت استفاده می شود. در این روش که بیشتر برای اتصال ریلهای آهن کاربرد دارد از ترکیب یا واکنش دو ماده استفاده می شود. واکنش این دو ماده حرارت زا بوده و اتصال را در پی دارد. واکنش این روش به شرح زیر است :

$$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3 + 18500\ cal$$

پودر اکسیدآهن و آلومینیوم در یک بوته با هم ترکیب شده و واکنش بالا رخ می دهد. در اثر ایجاد حرارت آهن ذوب شده و درز اتصال را پر می کند. در این روش ماده Al_2O_3 یا آلومین نقش محافظ را دارد.

9 - فرآيند جوشكاري نفوذي يا DW

در این روش دو قطعه با تمیزی سطح بسیار بالا در یک محیط خنثی یا خلا در تماس با هم قرار می گیرند و با اعمال دما و گذشت زمان در اثر نفوذ ، دو قطعه به هم متصل می شوند. این روش در دو حالت بدون لایه واسطه (دمای عملیات ۰/۸ – ۰/۵ دمای ذوب قطعه پایه) و با لایه واسطه (دمای عملیات ۰/۴ – ۰/۳ دمای ذوب قطعه پایه) انجام می گیرد. این روش جوشی با کیفیت بسیار بالا ایجاد کرده و امکان اتصال قطعات غیر هم جنس را بوجود می آورد اما در مقابل ، به علت به کارگیری محیط خنثی این روش گران قیمت بوده و معمولا زمان آن هم حدود ۴۸ – ۲۴ ساعت می باشد.

10 - فرآيند جوشكاري انفجاري يا EXW

برای انجام این روش جوشکاری به محل مخصوص و مواد منفجره نیاز است.دراین روش دراثر انفجار مواد منفجره ، حرارت ایجاد شده واتصال برقرار میشود. این روش نیاز به ایمنی بالایی دارد و مواد جوشکاری شده با این روش باید مقاومت به ضربه خوبی داشته باشند. روش **EXW** که معمولا ازراه دور کنترل می شود در جوشکاری زیرآب هم کاربرد دارد و می توان مواد غیر هم جنس را با آن جوش داد.

11 - فرآيند جوشكاري ليزر يا LBW

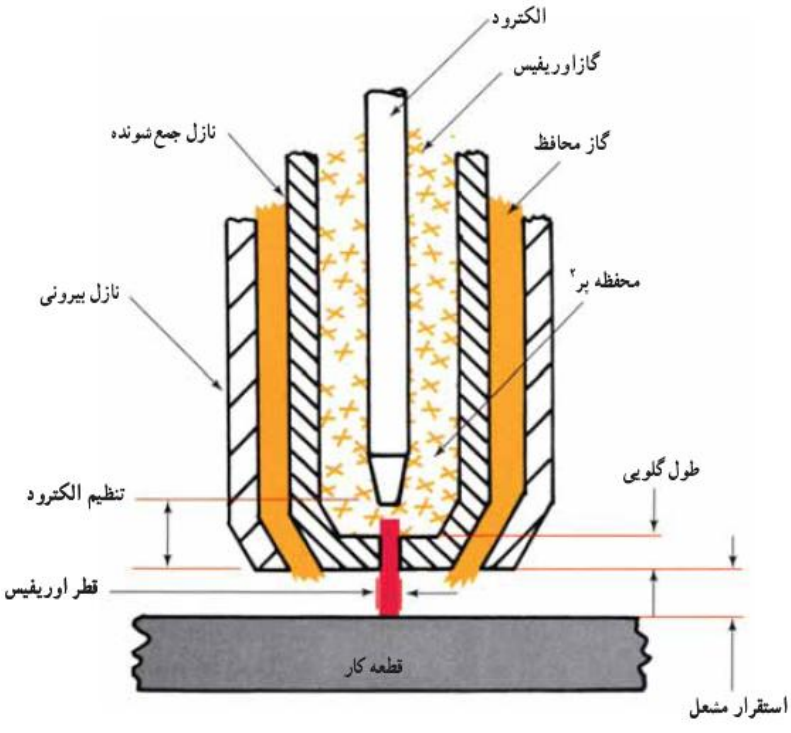
اصطلاح لیزر به نور متمرکزی گفته می شود که در یک محفظه الکترونی که کاتد آنها به وسیله الکتریسیته گرم شده است، بوجود می آید. جوشکاری لیزر مانند جوشکاری باسوزنی است که تا درجه حرارت نور سفید گرم شده است. در این روش ذوب فلز پایه به وسیله متمرکز شدن یک شعاع نوری تحریک و تقویت شده درروی یک نقطه تقریبا به قطر یک موی سر انجام می شود. با جوشکاری لیزر می توان فلزات غیر هم جنس و فلزاتی مانند مس ، نیکل ، آلومینیوم ، فولاد زنگ نزن و ... را جوش داد. علت توانایی جوشکاری این فلزات توسط لیزر تمرکز حرارت در نقطه جوش و انتقال کمتر حرارت جوش به نقاط دیگر قطعه می باشد.

12 - فرآیند جوشکاري پرتو الکتروني یا EBW

در این روش که از دسته روشهای جوشکاری ذوبی است از اشعه یا پرتو الکترونی جهت ذوب و اتصال دو قطعه استفاده می شود. به شکلی که الکترونها از یک رشته تنگستنی که تا **2000** درجه سانتی گراد گرم شده و انرژی بالایی دارند منتشر می شوند و با برخورد به محل اتصال حرارت لازم جهت ذوب را فراهم می سازد. جوشکاری پرتو الکترونی دارای عمق نفوذ بسیار بالا بوده و منطقه ذوب شده در آن بسیار باریک است اما در مقابل روش گرانی بوده و نیاز به تجهیزات فراوانی دارد چرا که باید در خلا انجام شود. در پایان قابل ذکر است که تمام قطعات را نمی توان با آن جوش داد چراکه برخی از مواد پرتو را بر می گردانند و لذا برای کاربران آن خطرآفرین است ، اما فلزاتی مثل تنگستن ، مولیبدن ، کلومبیوم و زیرکونیوم را می توان با این روش جوش داد.

13 - روش جوشکاري پلاسما یا PAW

اصطلاح پلاسما به گاز یونیزه اطلاق می شود که آنرا حالت چهارم ماده در نظر می گیرند. به عبارتی پلاسما گازی است که از ذرات خنثی ، یونها و الکترونهای آزاد تشکیل شده است. در جوشکاری قوس الکتریکی در محل قوس , فرآیندی شبیه تولید پلاسما رخ می دهد. در جوشکاری پلاسما گاز از یک هادی یا یک ژیگلور به سمت قطعه کار هدایت شده و در اثر حرارت ناشی از جریان الکتریکی به پلاسما تبدیل می شود. این پلاسما دمای لازم برای جوشکاری را تامین می کند. در جوشکاری پلاسما همچون روش **TIG** و **MIG** محافظت منطقه جوش با گاز محافظی است که همزمان با گاز پلاسما از نازل خارج می شود. در واقع روش **PAW** شباهت زیادی به روش **TIG** دارد با این تفاوت که در روش **PAW** قوس ستونی بوده و حرارت آن متمرکزتر است لذا نفوذ جوش بیشتر خواهد بود. تفاوت دیگر روش **PAW** با روش **TIG** در نوع نازل آنها است ، در روش **TIG** فقط یک نازل برای هدایت گاز محافظ وجود دارد. اما در **PAW** دو نازل وجود دارد که یکی برای هدایت گاز پلاسما شونده و دیگری برای هدایت گاز محافظ است. شباهت فرآیند **PAW** و **TIG** نیز در این است که هر دو از الکترود مصرف نشدنی تنگستن برای جوشکاری استفاده می کنند.



برش یک مشعل جوشکاری پلاسما

فرآيندهاي لحيم كاري

در فرآیندهای لحیم کاری برخلاف فرآیندهای جوشکاری فلز پایه ذوب نشده و حرارت اعمال شده به اندازه ای است که فقط فلز پرکننده را ذوب کند. در این فرآیند هیچگونه امتزاجی بین فلز پایه و فلز پرکننده صورت نمی گیرد اما استحکام قابل قبولی بدست می آید. فرآیند لحیم کاری از نظر نقطه ذوب فلز پرکننده به دو دسته لحیم کاری سخت و لحیم کاری نرم تقسیم بندی می شود. در لحیم کاری سخت نقطه ذوب فلز پرکننده بیشتر از ۴۵۰ درجه سانتی گراد و در لحیم کاری نرم نقطه ذوب فلز پرکننده کمتر از ۴۵۰ درجه سانتی گراد می باشد.

جوشکاری فلزات غیر آهنی:

در بررسی مباحث جوشکاری و توضیح و تفسیر متغییرهای آن بیشترین تمرکز بر روی انواع فولادهاست. چراکه به علت خواص مناسب جوش پذیری ، این دسته از آلیاژها با اکثر فرآیندهای جوشکاری متصل می شوند. اما اتصال دو فلز از طریق فرآیند جوشکاری تنها به فولادها خلاصه نمی شود بلکه در برخی موارد اتصال فلزات غیرآهنی و چدنها نیز از طریق جوشکاری باید انجام شود. در این شرایط به علت خواص ذاتی این دسته از فلزات و آلیاژها مانند دمای ذوب پایین ، انتقال حرارت زیاد و ضریب انبساطی بالا باید تمهیداتی را جهت ایجاد یک اتصال مطمئن و سالم درنظر گرفت. علاوه برآن اتصال فلزات غیرآهنی و برخی فولادها و چدنها با تمام فرآیندهای جوشکاری امکان پذیر نیست. لذا سعی می شود تا در این فصل به روشهای جوشکاری چند آلیاژ مهم و معروف پرداخته شود.

جوشكاري مس

فلز مس به لحاظ انتقال حرارت زیاد و ضریب انبساطی بالا باید با احتیاط تمام جوشکاری شود. جوشکاری مس را معمولا به دو روش جوشکاری گاز و جوشکاری قوس الکتریکی – الکترود دستی انجام می دهند. اگر روش جوشکاری گاز برای اتصال قطعات مسی مدنظر باشد باید از شعله خنثی استفاده کرد چراکه در صورت استفاده از دیگر شعله ها مس سریعا اکسید می شود. نازل سرپیک نیز به علت ضریب هدایت حرارتی بالای مس ۲ – ۱ شماره نسبت به نازل فولاد بزرگتر در نظر گرفته می شود. استفاده از تنه کار به علت کف کردن بر روی قطعه مجاز نیست. تکنیک جوشکاری هم در این روش به شکلی است که ابتدا قطعه کار گرم شده و سپس جوشکاری از وسط درز اتصال آغاز می شود. در پایان هم جهت افزایش استحکام درز اتصال , عمل چکش کاری روی قطعه کار گرم صورت می گیرد. سیم جوش به کار رفته در این فرآیند باید مخصوص بوده و معمولا اندازه قطر آن حدود یک میلی متر کمتر از ضخامت قطعه کار است.

برای انجام جوشکاری مس با روش قوس الکتریکی – الکترود دستی از جریان مستقیم و الکترود مثبت استفاده شده و شدت جریان هم بالاتر از حالت مشابه جوشکاری فولاد انتخاب می شود. زاویه الکترود همانند جوشکاری فولاد بوده و طول قوس حدود ۱۵ – ۱۰ میلی متر انتخاب می گردد. الکترودهای بکار رفته در این روش می تواند ذغالی ، آلیاژ مس – قلع – فسفر ، برنز آلومینیوم و برنز فسفر باشد. به هنگام مونتاژ دو قطعه کار در هر ۳۰ سانتی متر از طول

مسیر جوشکاری حدود ۳ – ۲ میلی متر به درز اتصال اضافه می شود. نکته مهم در مورد جوشکاری مس تمیزی سطح قطعه کار می باشد. برای رسیدن به یک اتصال موفق انجام عملیاتهای تمیز کاری سطحی مانند سوهان کاری ، برس کاری و ... الزامی است.

جوشکاري برنج

برنج آلیاژی است از مس و روی که با نسبتهای مختلف با هم ترکیب شده اند. این آلیاژ مقاوت خوبی در برابر خوردگی دارد و از مس و چدن آسان تر جوشکاری می شود اما از آنجائیکه در دمای جوشکاری ، روی بخار می شود علاوه بر هم خوردن ترکیب آلیاژ ایجاد دود سیاه و خطرناک از معایب جوشکاری برنج می باشد. در فرآیند **SMAW** برای جوشکاری برنج از الکترودهای گرافیتی استفاده می شود. طول قوس در این حالت ۶ – ۵ میلی متر بوده و جریان مستقیم با قطبیت معکوس کاربرد دارد. خال جوش زدن برای اتصال دو قطعه برنجی مجاز نبوده و معمولا از قید و بند برای اتصال دو قطعه استفاده می شود.

در جوشکاری برنج با گاز باید دقت شود که شعله اکسیدی بوده و از سیم جوشهایی با ترکیب ۸۲ – ۴۲ ٪ مس استفاده شود. میزان اکسیژن شعله به ترکیب شیمیایی آلیاژ بستگی دارد اما هرگاه مقدار اکسیژن در حدی باشد که درز جوش سوراخ و خورده نشود ، ترکیب گاز با اکسیژن صحیح است. استفاده از تنه کار در جوشکاری برنج با گاز مجاز نیست چراکه باعث سوراخ شدن قطعه می شود. ورقهای نازکتر از ۴ میلی متر را از راست به چپ و ورقهای ضخیمتر از ۴ میلی متر را از چپ به راست جوش می دهند. دقت شود که تهویه محیط جوشکاری و خروج گازهای مضر از محیط کارگاه به هنگام جوشکاری برنج الزامی است.

جوشکاري آلومینیوم

جوشکاری آلومینیوم خالص و آلیاژهای آلومینیوم شباهت زیادی به هم دارند. این فلزات را نیز می توان هم از طریق جوشکاری قوسی و هم از طریق جوشکاری گاز به یکدیگر متصل کرد. تنها آلیاژ آلومینیوم – منیزیم (با بیش از ۲/۵ ٪ منیزیم) است که به علت تشکیل لایه اکسیدی به سختی جوشکاری می شود لذا برای اتصال این آلیاژ نیاز به مهارت بالا و رعایت مواردی خاص می باشد. در جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن با روش اکسی – استیلن شروع جوشکاری با شعله احیا و ادامه جوشکاری با شعله خنثی انجام می شود. سیم جوشی هم که در این روش از آن استفاده می شود از جنس آلومینیوم خالص و یا آلیاژ **Al - % 5 Si** می باشد. قطر این سیم جوشها کمی بیشتر از ضخامت قطعه کار بوده و پس از گرم کردن ، در ماده روانساز فرو برده می شود. ورقهای آلومینیوم با ضخامت کمتر از ۰/۵ میلی متر را به صورت لبه ای و بدون سیم جوش متصل می کنند. ورقهای با ضخامت کمتر از ۳ میلی متررا هم بدون پخ جوشکاری می نمایند اما ورقهای بیش از ۳ میلی متر را چنانچه بتوان دوطرفه جوشکاری کرد بدون پخ و در غیر این صورت پخ دار جوشکاری می نمایند. قطعات ریخته شده آلومینیوم را نیز فقط در حالت جناقی افقی جوش می دهند. استفاده از پنبه نسوز یا آجر نسوز در پشت قطعات جناقی جهت جلوگیری از ریزش مذاب الزامی است. همانند

دیگر فلزات غیر آهنی تمیزکاری سطح قطعه آلومینیومی باید با دقت انجام شود. پس از پایان عملیات هم سطح قطعه جهت از بین بردن روانساز باقی مانده و مواد زائد در چند مرحله شسته می شود.

جهت جوشکاری قوس الکتریکی – الکترود دستی آلومینیوم معمولا از الکترودهای با پوشش ضخیم که جنس مغزی آنها از آلیاژ **Al - % 5 Si** می باشد ، می توان استفاده کرد. قطر الکترود متناسب با قطعه کار بوده و از آنجائیکه پوشش آن حساس به رطوبت می باشد خشک کردن الکترودها در دمای **۲۰۰ °c** انجام می گیرد. زاویه الکترود نسبت به قطعه کار کمتر از حالت مشابه فولاد بوده و قبل از جوشکاری نوک الکترود و قطعه کار جهت برقراری اتصال سمباده زده می شود. طول قوس نیز در جوشکاری قوس الکتریکی – الکترود دستی آلومینیوم باید حتی الامکان کم نگه داشته شود. به طور کلی جوشکاری قوسی آلومینیوم با صدای زیاد و پاشش فلز مذاب همراه است.

قطعات آلومینیوم با ضخامت بیش از ۵ میلی متر را تا دمای **۲۰۰ °c** و قطعات با ضخامت تا ۲۰ میلی متر را تا دمای **۴۰۰ °c** پیش گرم می کنند. پس از پایان جوشکاری و به هنگام تعویض الکترود باید حداقل گل جوش را تا ۳۰ میلی متر قبل از محل گره زدن از بین برد. نوع جریان جوشکاری آلومینیوم از نوع مستقیم با قطبیت معکوس است و همانند جوشکاری آلومینیوم با گاز بعد از خاتمه جوشکاری باید تفاله جوش را از روی گرده جوش پاک و سطح جوش را شستشو داد.

برای جوشکاری آلومینیوم به روش قوس دستی باید حتما از روانساز استفاده نمود. این روانساز با پخش شدن در سطح کار به هنگام جوشکاری اکسید آلومینیوم را در خود حل کرده و جوشکاری را تسهیل می نماید. در صنعت دو نوع روانساز وجود دارد ، یکی گرد جوشی که در آب حل می شود و به شکل خمیر در می آید و دیگری گرد جوشی غیر قابل حل در آب که در جوشکاری درزهای گونیا بکار می رود. به غیر از روش جوشکاری قوس الکتریکی – الکترود دستی و جوشکاری گاز ، آلومینیوم و آلیاژهای آنرا با روشهای **TIG** و**MIG** هم جوشکاری می نمایند. در این میان استفاده از روش **TIG** برای اتصال قطعات آلومینیومی بسیار کاربرد دارد. مسلم است اجرا دو روش **TIG** و **MIG** بر روی آلومینیوم با فولاد متفاوت بوده و نیاز به مهارت و تغییر در برخی تکنیکها دارد. اما از آنجائیکه در این کتاب سعی می شود تا تمام مباحث مربوط به روش **SMAW** بیان شود از توضیح جوشکاری آلومینیوم با روش **TIG** و **MIG** خودداری می کنیم.

جوشکاري چدن

در صورتیکه هدف جوشکاری چدن به روش جوشکاری گاز باشد باید از سیم جوشهای برنجی که نقطه ذوب آنها حدود **۹۳۰ °c** است استفاده نمود. این سیم جوشها دارای درصد زیادی مس و درصد کمی نیکل می باشند. در جوشکاری چدن با سیم جوش برنجی از شعله ملایم ، نازل بزرگ و فشار گاز کم استفاده می شود. اگر فشار گاز زیاد شود گرد مخصوص جوشکاری چدن از درز اتصال خارج شده و اتصال سالم به دست نمی آید. پیش گرم قطعات چدنی در این روش در دمایی حدود **۲۱۰ – ۳۰۰ °c** انجام شده و پس از پایان عملیات هم قطعات در محفظه های مخصوصی نگه داشته می شوند تا به آهستگی خنک گردد.

در جوشکاری چدن به روش قوس الکتریکی – الکترود دستی شدت جریان کمتر از حالت مشابه فولاد انتخاب می گردد , طول قوس نیز تا جاییکه الکترود به قطعه کار نچسبد کوتاه می شود. طول هر پاس جوشکاری چدن حداکثر ۴۰ – ۳۰ میلی متر است. همانند فلزات دیگر تمیزی سطح قطعه چدنی باید با دقت انجام شود به شرط آنکه بکارگیری روشهای تمیز کننده به شکنندگی چدن کمک نکند. زاویه الکترود مشابه جوشکاری فولاد بوده و قطر الکترودها حتی الامکان کم در نظر گرفته می شود تا گرده جوش عریض نگردد. انتخاب درست اندازه الکترود به ضخامت قطعه ، نوع پخ و اندازه پخ بستگی دارد. الکترودهای جوشکاری چدن به روش **SMAW** دو دسته هستند :

۱ – الکترودهای آلیاژهای غیرآهنی که معمولا از نیکل و آلیاژهای آن ساخته شده و اتصال دو قطعه چدنی را به خوبی برقرار می کنند. اما استحکام لازم را بوجود نمی آورند لذا از این الکترودها برای مرمت قطعات شکسته و فرسوده و روکش کاری قطعات چدنی و همچنین اتصال چدن به فولاد استفاده می شود.

۲ – الکترودهای فولادی با روپوش قلیایی. این الکترودها دارای جوشکاری مشکل ولی استحکام مناسب می باشند. گرده جوش این دسته از الکترودها قابل ماشین کاری نیست و لذا در جوشکاری پایه ماشین ها ، میله های چدنی بزرگ ، لوله های چدنی و انواع فلکه و چرخهای تراکتور کاربرد دارد. دمای پیش گرم قطعات چدنی تا حدی است که دست جوشکار تحمل حرارت قطعه را داشته باشد. از آنجاییکه درصد کربن در چدنها بالابوده و سرعت سرد شدن قطعات چدنی نیز در حین جوشکاری سریع است احتمال تشکیل فازهای شکننده افزایش یافته و این قطعات مستعد ترک خوردن می شوند. به طور کلی سه روش جهت جلوگیری از ترک خوردن قطعات چدنی در حین و بعد از جوشکاری وجود دارد که عبارتند از : به کار بردن پیچ به خصوص در قطعات ضخیم ، به کار بردن سوراخ در اطراف محل جوش و در نهایت پیش گرم و پس گرم کردن قطعات. تنها در دو مورد سرد بودن قطعات چدنی در حین جوشکاری بلامانع است و آنهم جوشکاری چدن خاکستری و چدن چکش خوار است. به خصوص در مورد چدن چکش خوار که امکان ایجاد چدن سفید وجود دارد فاصله بین هر پاس جوشکاری باید به اندازه ای باشد تا قطعه سرد شده و بتوان قطعه را با دست لمس کرد. این دما برای روش **SMAW** حدود **^{o}C** ۶۰۰ – ۴۰۰ است و همانند روش جوشکاری با گاز در محفظه هایی مخصوص قطعات را به آرامی خنک می کنند.

جوشکاري فولاد زنگ نزن

در جوشکاری فولاد زنگ نزن به روش اکسی – استیلن معمولا از شعله خنثی استفاده می شود چراکه مقدار اضافه اکسیژن و یا استیلن با عناصر آلیاژی فلز پایه واکنش داده و باعث فقر منطقه جوش از عناصر آلیاژی و در نهایت خوردگی منطقه جوش می شود. به علت هدایت کم حرارتی این آلیاژ در مقایسه با فولاد کربنی ، قطر نازل سرپیک کوچکتر از حالت مشابه جوشکاری فولاد کربنی انتخاب می گردد. سیم جوش نیز در این روش جوشکاری باید از جنس فولاد زنگ نزن باشد که معمولا از فلز پایه باریکه ای را بریده و به عنوان سیم جوش استفاده می کنند. این سیم جوش باید مداوم در روانسازی که به صورت خمیری در آمده فرو برده شود علاوه بر اینکه خمیر مذکور بر روی درز جوش هم مالیده می شود. زاویه مشعل در جوشکاری اکسی – استیلن فولاد زنگ نزن **^{o}** ۹۰ – ۸۰ و زاویه سیم جوش

حدود ^{o} ۴۰ – ۲۰ است که در پشت شعله نگه داشته می شود تا همزمان با لبه کار ذوب شود. برای جلوگیری از اکسید شدن فلز پایه نوک مخروطی شعله با ناحیه مذاب دائما در تماس است و هیچ گاه شعله به صورت ناگهانی از روی قطعه برداشته نمی شود.

جوشکاری فولاد زنگ نزن با فرآیندهای قوسی مانند **SMAW** و **GTAW** و **MGAW** بسیار متداول است. مهم ترین اشکال جوشکاری قوسی فولاد زنگ نزن به هم خوردن ترکیب شیمیایی فلز پایه در محل جوش است که خوردگی های بعدی را در پی دارد. اتصال قطعات فولاد زنگ نزن جهت جوشکاری قوسی معمولا با گیره و بستهای مناسب می باشد. ورقهای فولاد زنگ نزن با ضخامت کمتر از ۱/۲ میلی متر را به علت احتمال سوراخ شدن ، با روش قوسی جوشکاری نمی کنند. در جوشکاری فولاد زنگ نزن به روش **SMAW** از الکترودهای طبقه **AWS A5.5** استفاده می شود. نام گذاری و شناسایی الکترودهای جوشکاری فولاد زنگ نزن به روش **SMAW** شبیه نام گذاری خود فولادهای زنگ نزن است که به تفسیر در فصل شناسایی الکترودها آمده است. جریان کاربردی نیز **AC** بوده و قطعات نیازی به پیش گرم ندارند. گرده حاصل از جوشکاری قوس دستی فولاد زنگ نزن ناصاف بوده و پشت خط جوش معمولا سیاه و ناهموار است. جوشکاری فولاد زنگ نزن با روش **TIG** همانند جوشکاری فولاد کم کربن و فولاد ۴۱۳۰ با روش **TIG** است با این تفاوت که نیاز به جریان اضافی گاز آرگون برای محافظت پشت خط جوش می باشد. بکار بردن گاز محافظ در پشت جوش جهت جلوگیری از تبلور فلز پایه است. در جوشکاری **MIG** برروی فولاد زنگ نزن سیم مناسب با توجه به عناصر آلیاژی موجود در فولاد انتخاب می شود. در اغلب موارد از سیم های سری ۳۰۰ برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن سری ۳۰۰ استفاده می گردد.

اگر ترکیب آلیاژ نامعلوم باشد بهتر است از سیم **ER – 308** استفاده کرد که سیمی همه کاره است.