

①

Texts & Hand Books:

- ① Welding HandBook (5 Vols.) , A.W.S (American Welding Society)
- ② Metals HandBook (11 Vols.) , A.S.M → 6th Vol.
- ③ Welding process & Technology; Welding technology; Welding science & practice → 1st. part
- ④ Welding Metallurgy; The Metallurgy of Welding → 2nd. part
- ⑤ The Rational Welding Design → 3rd. part ; The Design of Weldment.

۶- روش‌های نوین جوشکاری - هنرهای (ترجمه)

۷- تکنولوژی جوشکاری - صحبت

۸- طیف جوشکاری

۹- راهنمای جوشکاری آلومینیوم در ایران؛ جوشکاری فولادها با الکتروود رست؛ تکنولوژی جوشکاری؛ نقشه‌نگاری جوشکاری (کتاب)

Welding Journal -

مجله جوشکاری -

مجله مهندسی جوشکاری -

۱۱، ۱۱، ۱۴

« علمه اول »

فصل اول:
زادینه‌ها جوشکاری

اتصالات (Joinings):

در صنعت معماری اتصالات در بر روی شیرین به صورت پیاپی و هم‌تراز می‌باشند. اما از اجزای متصل شده به هم در تمام
صورت‌های مختلف به هم متصل شده‌اند. اتصالات به از روی ظاهر و مختلف تقسیم بندی کرده‌اند. یکی از آن‌ها:



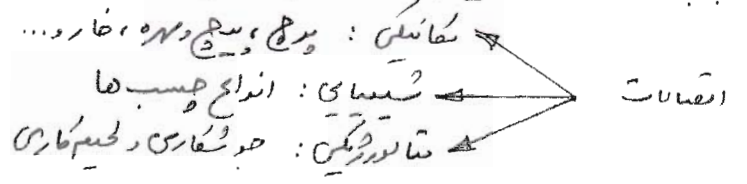
اتصالات وقت: به راحتی جدا می‌شوند مثل: پیچ، مهره، خار، Pin و ...
اتصالات نیمه وقت: به راحتی جدا می‌شوند و می‌توانند دوباره به هم متصل شوند.
اتصالات دائم: به راحتی جدا نمی‌شوند و می‌توانند دوباره به هم متصل شوند.

آن اعتبار خرید چاره‌انداز بسیار مشکل است. در این حالت انضمام داریم از اقساعات موقت استفاده کنیم و اجزاء جدا از هم باشند تا بتوانیم آن‌ها را از هم جدا کنیم و در یک جا بر روی هم قرار کنیم. حتی قطعات بدنه کشتی را هم به صورت سبک و سازه به هم نزنند. یعنی هر اجزای یک موتور را.

اقساعات نیمه موقت: این اقساعات به راحتی از هم جدا می‌شوند اما الزامی نیست با تدریس زحمت و توان آن‌ها را از هم جدا کرد مثل: کیمبرج، در صنعت اکثر تریک به بینیم قطعاتی که با کیمبرج به هم متصل شده اند بر اثر یک حرکت یک‌باره می‌شوند تا بتوانیم آن‌ها را از هم جدا کنیم بدون اینکه قطعه آسیب ببیند. همین طور در چرخ، می‌توانیم با یک متر زن چرخ را از هم جدا کنیم. خود اجزای آسیب نمی‌بینند فقط باید به سطح چرخ را عوض کنیم. گاهی بعضی از اجزای چرخ این رسته از اقساعات محسوب نمی‌شوند. این اجزای چرخ را جدا می‌کنیم (هم‌چون اجزای این رسته نیستند) بلکه اصل می‌توانیم و حسب داخل کرده و قطعات را از هم جدا کنیم.

اقساعات دائم: برای جدا کردن این اقساعات باید بیرون یا کیمبرج که در واقع چرخ‌های مهمتری است اقساعات دائم محسوب می‌شود. بعضی از کیمبرج‌ها (کیمبرج‌ها در زیر دست یا سخت) می‌توانند اجزای اقساعات دائم باشند. بعضی از اجزای چرخ‌ها هم می‌توانند اجزای اقساعات دائم باشند. اما بیشتر وقت‌ها چرخ‌ها را جدا می‌کنند.

بنابراین جوئینگ‌ها زیر مجموعه‌ای از joinings است. اقساعات به ترتیب زیر: در دوام تقسیم بندی می‌شوند:



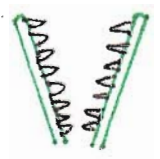
البته اینها حالت خاص بینابین و فصل مشترک هم دارند یعنی ما اقساعات کمانی، جوئینگ‌ها هم داریم. مثلاً فن‌های لیزری، کسود و جوش بر روی لوله‌های فولاد یا آلومینیمها شده.

انتخاب نوع اقساعات یکی از بحث‌های بسیار مهم در طراحی محسوب می‌شود. مثلاً در مورد اتصال Pt - Cu در مورد مختلف از روش‌های مختلف استفاده می‌کنیم چون باید هزینه‌ها کاهش پیدا کند، کیفیت مورد نظر تأمین شود و روش عملی‌تر هم داشته باشد. مثلاً در یک حالت یک جامد Cu ساخته ایم و در آن ضایعاتی در آن نوشته یا خطی که Pt ایجاد کنیم و در یک جا بر روی آن قرار می‌دهیم و اتصال در یک نقطه محلی یک نقطه بر حسب آن Pt روی آن ایجاد می‌کنیم. می‌بینیم که تا چه حد تفاوت‌ها هستند چه از نظر کیفیت و چه از لحاظ تعداد قطعات تولیدی.

در طراحی‌ها همیشه از جوئینگ‌ها استفاده نمی‌کنیم، بلکه همیشه باید بررسی کنیم که چه نوع اقساعاتی باید انجام شود.

که باید قطران 45 با سرب منبها ترسبی بر او می شود قطران شده 45. این قالب با فرسایش زیاد می شود و باید بطور متوسط 200 تا 100 هزار قطعه قالب سازی شود این قالبها بعد از مدتی خورد چون سوراخ ها بزرگتر می شود خود مثل Punch می کند. نسبت سرب منبها را می توانیم یک مقدار بیشتر کنیم یا سرب منبها را کم کنیم و قطر آن را تقلیل دهیم و قطر برسانیم، اما نسبت ماتریس که در دست به خوردگی می توانیم دست کنیم یا مقدار سرب منبها را در داخل آن قرار می دهیم تا به اندازه سوراخ خوردن نظم می شود که سوراخ نگران این هستند که وقتی سرب منبها را در آن انداخته در آن درج و سرب منبها B sh را هم کاری کنند بعد از بریدن بزنند. راه دوم هم سرب منبها داخل ماتریس است که بعد از جو سرب منبها را مجدداً سخت زدن و ما سرب منبها را می انجامیم در وقت تا سرب منبها را طوری تنظیم کنند که دقیقاً قطری که می خواهد خوردن در آن Punch شود ایجاد شود. و یا سخت گوشت در وقت که چوبک شده یا تا شده را بر این باز سازی سخت نفعی هم سرب منبها می کنند، دلیلش اینست که زدن چهارب بونیست. پس در این موارد هم عمل هم سرب منبها را انجام می دهیم بدون اینکه این عمل را به نام *finishing* بگویند.

3- باز سازی قطعات فرسوده و مستهلک:
یکی از فرسایش ها می باشد که در صنعت کسور و با خوردن قطعات که در صنعت راه سازی، صنعت نفت، خودرو و ملاح و غیره دارند که به دلایل فرسوده می شوند. بحث ما اینست، خوردن، فرسایش یا به سبب است یا با فرسایش ترک ها می باشد که در حین کار یا فرسایش از Thermal Shock و ... نفعی از قطعات ساده و از آن فرسایش می کنند که خیلی به باز سازی آن کاریستیم. آن ها را در عرض اندازه و یا به عنوان آراجه لایه زرد می کنند. اما قطعاتی هستند که یا تولید آن ها خیلی زحمت دارد و یا باید از خارج کشور وارد شود، حتی گاهی قطعاتی داریم مثل صنعت سیان که وزن آن ها حدود 5 تا 10 تن است و وارد کردن آن ها هم ساده نیست. وقتی قطعاتی فرسوده می شود، اولاً ممکن است بدون اینکه تعمیر آنها را به سبب فرسایش با سرب منبها انجام ندهیم بخوابیم سرب منبها هم چون قطعه سنگین است و کاربرد زیاد هم ندارد هر چند سال یکبار تولید شود. از طرفی فرسایش اگر در آن هم زیاد می شود. ممکن است خود قطعه به تنهایی زیاد مهم نباشد اما تعطل شدن قطعه تولید بسیار مشکل ساز است. مثلاً قطعه تولید می کند که چندین نفر در آن می بینند که بر این هواست تعطل قطعه، فرسایش بسیار زیاد می تعطل می شود. از این نوع قطعات در صنعت زیاد داریم که اینها قابل تعمیر و باز سازی هستند. حتی بعضی قطعات هستند که با تولید در این ساخت آن ها را تولید می کنند و دقیقاً لازم است که به طریق اینها تعمیر شوند. غنک ها در Continuous Coating و از طرفی هم که از یک طرف نوار مذاب را در آن خوردن از طرف دیگر هم در آن شمال می بیند. این غنک از یک طرف با نوار مذاب سرد کار دارد و از طرف دیگر با سرب منبها خشک کننده مثل آب، یعنی مقاومت به خوردگی به خوردگی سطح است و لایه ای که با جو سرب منبها روی غنک رسوب داده می شود پس از مدتی ترک می خورد. ترک ها اگر از یک طرف عمیق تر شوند، غنک اثر نمی تواند کار کند. چون زرد لایه ترک ها می رود و منبها می شود. در اینجا غنک را خارج می کنند روی آن را می آراهند و مجدداً به نام رسوب می دهند. لایه ای که رسوب می دهند عمدتاً از فولاد *stainless steel* است که مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش با این دارد *SI Norm* که در دنیا وجود دارد این است که غنک باید بتواند چیزی حدود 2 میلیون تن فولاد تولید کند و بعد از زرد خارج شود و به جهت تعمیر برسد.



نورانی که در صنعت معدن، آسیاب ها می باشد که ابعاد مختلف دارند. در فنک زاویه دار نسبت به هم هستند که یکی ثابت است و دیگری می حرکت رفت و برگشت را دارد. در این فنک ها بعد از مدتی سوراخ دارد که سوراخ آن ها را همسوز کنند. فنک ها بزرگتر از با داخل این فنک ها

و بعد عمل *press*

رختی شود این سنگ سگن با حرکت رفت بر سینی سنگ ها و فرود می آید و با یک عیار سطحی در آن خارج می شود
 این سنگ ها اثر با ابعاد 23 تیر و وزن چندین تنند و از نوادها می تمام در برابر سایش ساخته می شوند چون طبعی
 است که سنگ ها تا حدی که می کشند و سگن را در چهار سایش می کشد. پس سنگ ها باید در این سطحی با اواز
 طول toughness با با سنگ هم خوب بتوانند سنگ ها را فرود بدهند و سایش می شوند. اما بعد از کما ماه یا یک سال
 بتدریج سطحی سطح ها سایش می شود و در نتیجه رانندگی سنگ سگن با این می آید. یعنی سنگ به جایی می آید تا سطحی سطحی
 لغز فرود شود، می پودد. مجبوراً با حرکت سنگ می پودد با این می آید. از این جهت که با سنگ های سطحی سطحی می آید
 می آید بعد سطح را هم می کشند که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 چندین فرسودگی را در این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 4- ایجاد و رفع خاصیت با این سنگ ها می آید:

با سطحی داریم در صنعت که یک سطحی از آن سنگ سگن با یک سنگ سگن با یک سنگ سگن با یک سنگ سگن با یک سنگ سگن
 در این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 به دلیل سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 تمام شود و با سنگ های سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

سنگ سگن که در این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 در این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 باید زودتر هم لغز شود. از لحاظ سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 زودتر لغز شود. لغز شدن یعنی سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

است سایش می شود و یک وقت هم سنگ های سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 با این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 ایجاد کرد چون معمولاً سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 در این سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

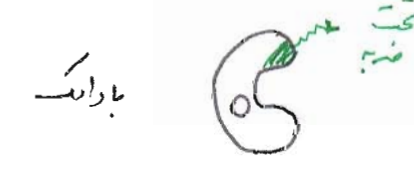
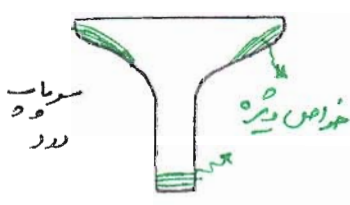
حالا اگر سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 وارد می شود که سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 از یک نوادگی سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

لبه سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

در بعضی موارد سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و
 سطحی سطحی می آید که رانندگی با این می آید. یعنی مجبوراً سطحی سطحی می آید که فرسوده شده و

نیزه خود را حفظ کند و بر اجزای عمل برسی انجام می شود. (2) جمله چنین روشی که از فرسایش صورت سنتی انجام می شود
 یعنی تستی که باید عمل برسی را انجام دهد خاص می کنند و بعد از نوارها H.S.S و ... نوارها را که مطابق عملیات طیارسی سختی
 با داراوند به صورت یک تست و ظاهر هم تست لقمه درون آن را پر می کنند (سردخل و قنادین شود) بعد اینها برآسته می شوند
 عملیات طیارسی می شوند و بعد منت می زنند و تغییر می کنند. یعنی یک نظام این از ضمنی دستر را به این ترتیب به قالب اصلی
 وصل می کنند و عمل برسی را انجام می دهند. در وقت هم که اینها شکست آن قطعه را خارج می کنند، قطعه دیگر عمل
 آن می سازند و آن محل را در می دهند. (3) در این روش بعد از مقدار می خالی می کنند و بعد با جوشکاری: یک پاس زیر، یک پاس
 وسط و یک پاس آخر بعد از ایجاد می کنند. از آنکه در فلز سرد سطح Hard Surfacing استفاده می کنند که حدوداً 20 هزار
 تومان هستند. از آنکه در فلز معمولی حدود 1000 تومان هستند) با این تست با من آخر را در آن جوش می دهند و با این آخر خود را
 که تا من خود را هم ایجاد می کنند.

مفهوم دیگر سوپاپ است مخصوصاً سوپاپ دود. می توان سوپاپ خود را با ماسه تستی و ...
 باشد. تست فلزی سطح شده در شکل باید خواص ویژه ای داشته باشد. خواصی
 که مطابقت با خواص سوپاپ دود: مقاومت به خوردگی (خوردگی را می نامند)
 چگونگی محصل احتراق سوخت و گاز می تولید می کند و در 50 و 50 باشد ...
 مقاومت به ماسه - مقاومت به ضربه. این خواص باید توانا و دود داشته باشد یعنی
 طوره نشود، ساییده نشود و هم نشود. سوپاپی که در این شکل شده خود را در می گیر
 مهم است که فیت شود. فیتیک فلز دود دارد که با استفاده از جوشکاری به آن



تست با خواص دود نظر را می دهند و با بقیه تست ها تفاوت دارد. از این دست سال ها مته های فلزی، Mixer ها
 مختلف، خنجر ساره از ریخته گری، Mixer فلزی که سوار می شل شو، ماسه و بتن حتی کاشی باوار نیسیا می چام جامی کنند
 از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل می کنند و یا سیستم های spiral یا چرخونی، لبه های اینها باید شادمت با نترد خواص ویژه ای
 داشته باشد. بادانک فلزی که در صنعت خود رو بکار می ریزند حرکت رفت و برگشتی ایجاد می کنند (حرکت چرخشی را)
 تبدیل به حرکت رفت و برگشتی می کنند) تست های سطح شده را تحت فرسایش است و باید خواص جداگانه
 داشته باشد.

سال در آن درآسیات در کجایه ها، در کجایه ها قطعات بسیار خیز و سنگینی هستند به سخت نساز بسیار خیز درآب
 ترند دارند. بنابراین هم ابعاد خیز و هم استحکام باها بد داشته باشند. از طرفی هم با آب و بخار آب در تماس است
 دکت خود را می چینی است. وقتی که خود را می مطلع می خورد این چیزی که به زدن می رسد استفاده از Stainless Steel ها
 است. برای یک قوری مثلاً خیلی راحت می توانیم تقسیم کنیم که تمام آن را از S.S با زدن خود آن حدود 3000 است
 و تفاوت قیمت خیلی شکل سازی نیست. اما در مورد درجه ای که زدن آن حدود 15 است اگر خواص از فلزها معمولی
 کیوی 260 تومان استفاده کنیم و هم را تبدیل کنیم به S.S کیوی 2 یا 3 هزار تومان، قیمت خیلی تفاوت می کند و از نظر
 چندان ظاهر خیلی راحت این تقسیم را می توانیم بپذیریم. یعنی کل درجه از S.S بدهیم نقطه ای این خاطر که یک طرف
 آن با آب سروکار دارد. از طرف دیگر سطل است از یک فولاد از آن قیمت ما فقط از پنج اتم استفاده کنیم و
 پنج اتم تستی که با آب سروکار دارد را بر ماسه درصیم مثل لعاب، زنت یا Galvanize یا امثال Electroplate
 کنیم. اما من بینیم که در کجایه فلزات از فلز که باز می شود و یا فلزات آفری که مته ها شود تحت فشار شدید آب

و مسوولت بسیار زیاد از روی درجه رادی شود و هیچ قسمتی هم نیست که همراه آب یک مقدارش را ما سه ریزد درست وجود نداشته باشد بدینجا در تمام ریف یا لایه آب کردم ریزه جویا بلور مانیت چون آب خیلی راحت میخوردت همین دست هم در هم بدین ترتیب که ما پرستش داده ایم را می ساید در می برد و در زیر پرستش وجود ندارد. کاری که در اینجا انجام می دهند این است که همین دست از زمین فولادها را محسوس با فولادها می بردند و آن قسمت های که با Erosion Corrosion همراه است یک سایه S.S. آن قسمتی که در هر دو قسم بدین ترتیب، بلکه در هر 5 یا 10 میلیمتر روی آن قرار می دهند در نتیجه آن قسمت با سائیدن زراتش را سه در آب خیلی راحت از بین می رود از نظر اقتصادی هم Balance شده است. از این گونه کارها اخیراً در صنایع فولاد فضا و صنایع نفت و گاز بسیار مطرح است. یعنی در فلزی؛ از این نظر تفاوت مثلاً یک سایه فولاد معمولی یک سایه S.S. یک سایه S.S. یک سایه Ti. تمایزهای گوناگونی وجود دارد یک کاربرد دیگر هم وجود دارد از تکنولوژی جوشکاری که در کارهای فلزی استفاده می شود.

تعریف جوش:

جوش ایده آل، محل اتصالی گفته می شود که به وسیله طریق نتوانیم از دست های دیگر قسمی دهیم، چه شیمیایی چه مکانیکی و چه ساختار میکروسکوپی.

این تعریف مربوط به جوش با هدف اتصال است. یعنی اگر یک فنون برای آنالیز شیمیایی تهیه کنیم وسیله تفاوتی ترکیبی با قسمت ها بدین داشته باشد. همین فلز اگر یک فنون است که شش تهیه کنیم، وسیله تفاوتی بین قسمت جوش با سایر قسمت ها وجود نداشته باشد. این دو خیلی مشکل نیستند. اما همین خاصیت که شکل است و آن است که وسیله تفاوتی بین قسمت جوش و سایر قسمت ها از لحاظ ساختار میکروسکوپی وجود نداشته باشد. یعنی اگر فنون را زیر میکروسکوپ با درست نماییم همان مختلف نگاه کنیم جوش ایده آل نباید تفاوت ساختاری داشته باشد.

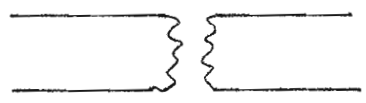
آیا واقعا می توان جوش ایجاد کرد؟ بله تمایزهای وجود دارد برای کاربردهای ویژه. البته خیلی General نیست در صنعت اما می توانیم در سطح جود را هم به هم جوش دهیم که به وسیله طریق نتوان محل جوش را مشخص کرد.

در صنعت ما همیشه نیاز نداریم به این تعریف رسم. طبقاً رسیدن به این تعریف هزینه بر است. در بعضی جاها ضرورتی هم ندارد. یکی از کارها ما در صنعت این است که تحقیق دهیم که فنون لازم است به این تعریف نزدیک شویم و حقو را برای آن فنون بدین لازم چه از نظر Process و چه از نظر دانش فن. مثلاً یک تاب چهار جوب در، در چهار نقطه جوش داده می شود. این کارها که ما از این جوش داریم این است که این چهار جوب تا زمانی که عمل می شود در این بیج و آخر کار می برد از هم جدا نشود و بعد هم دو تا فولاد در می آن می خورد و در روی آن قرار می گیرد. در این آن چند محل اتصال چند آن تنگی و نیرو و ولتاژها شود اصبت این جوش در همین جداست. یعنی آنالیز شیمیایی مکانیکی که وسیله حتماً از نظر ظاهر هم می توان جوش را مشخص داد و در همین حال جویا بلور سروسین با هم هست. اما در مورد جوشکاری یک مخزن باید در این اصبت جوش بسیار زیاد است و یا مخزن یک گاز سستی در یک با استخاه خاصیت بسیار بیشتری دارد. نیاز داریم از بهترین آزمایشها جوشکاری، بهترین مواد صرفن و قویترین جوشکاری از لحاظ دانش فن استفاده کنیم و با انواع و اقسام تست ها خوب و غیر خوب ضرب اطمینان ها را با هم ببریم. پس بسته به ضرورت می توانیم از تعریف خیلی لو ر شویم یا به آن خیلی نزدیک شویم.

شأن دیگر آن چند مخزن گاز مایع است: مخزن گازی که در روی آن جوش با قطار وجود دارد یا مخزن گازی که در با استخاه بندر با هم یا مخزن وجود دارد و یا کپسول گاز خانگی است.

نمونه این موارد مخزن گازهای هگسند. اما گاز Picnic یا گاز ۱۱ کربنی در اکثر حالتی ممکن است جداگانه درون دهنده باشد، اما کربنی که درون تریل است در اکثر اوقات با سطح ۵۰۰ متره هگسند ترکیب می کند. کربنی که در باقیاتگاه تریل است (کپسول کربنی) مشخص است که نشانه و انفجاری چه فاجعه این خواهد بود. در تمام این موارد جو شکاری انجام می شود. نوع مواد که استفاده می شود برای مخزن در تمام این موارد فرق دارد طبقاً جو شکاری آن ها در تمام تفاوت خواهد بود.

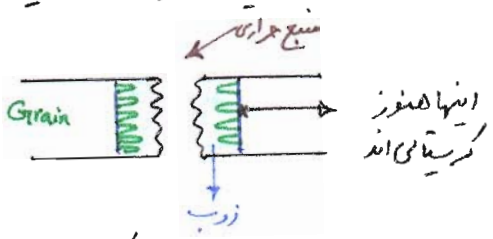
در خواصیم بینیم در عمل با چه مکانیزم هایی می توانیم به تعریف جو شکاری ایده ال نزدیک شویم. ابتدا سوالی مطرح می کنیم. چرا وقتی یک قطعه ای تحت نیرویی می کشیم، وقتی در قسمت شکسته شده با فشار کم قرار می دهیم چرا مجدداً اتصال برقرار نمی شود؟ نیرویی که اتصال را برقرار می کند نیرویی جاذب است که در سطح آن قرار می گیرد. البته نام جایی ها گفت می کشیم که برای جدا کردن و شکستن لازم است کمتر از این نیرویی جاذب است. اما وقتی این دو قطعه را کنار هم قرار می دهیم در حقیقت هم تماس کنیم و نیرویی جاذب برقرار نمی شود.



چون نامواد در قسمت تماس شکسته شده، تا به اندازه مقداری بین دو سطح و بعضاً تا به اندازه ۱۰ تا ۲۰ میکرون که در این سطح تماس می شود و یا چیزی مانع می شود که این دو سطح بتوانند به آن فاصله چند A برسند و جاذب مجدداً برقرار شود. ممکن است در این فاصله میکرون اتقی که فاصله در سطح، چند تا ده تا ۱۰ تا ۲۰ تا به آن فاصله برسند و جاذب هم بین آنها برقرار شود اما این نیروی جاذب قابل لمس نخواهد بود. ممکن است بتوانیم اثر سطح را مشاهده کنیم، صاف کنیم چگونه؟

سطح به ظاهر صاف می شود اما هنوز در Scale میکروسکوپی صاف نیست و این نا هموارگی ها هنوز وجود دارد. یعنی هنوز تا به اندازه هم وجود دارد. در نتیجه های جو شکاری این سطح بعد از تقویت کردن کنار هم گذاشته می شوند و وقت آمدن مواد زمان به آن وضعیت Diffusion می دهیم و عمل اتصال انجام می شود. در عمل ما دو مکانیزم اصلی داریم:

① Fusion Welding (ترکیب شدن جو شکاری ذوبی):



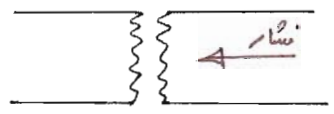
به وسیله یک منبع حرارتی (شعله، قوس، اشعه لیزر...) بخش از سطح را ذوب می کنیم. وقتی این سطح ذوب شد، چند عمل با هم اتفاق می افتد. یکی اینست که در این شکل معنای ذوب می شود از خصوصیات

معدنی است که شکل آن را به خود می کشد که در آن رخ می کشند یعنی در این صورت در این صورت یکدیگر است. دیگر نام هوای کم معنای ذوب، چون هوای صورت جابجایی های از ذوب خارج می شود. اگر حرارت، اکسید یا ناخالصی باشد یا می سوزد در اثر حرارت یا ایند صورت ناخالصی در سطح جمع می شوند چون اثر آن سطح ترازی می کشند. مقدار هم ممکن است به ذوب باقی بماند که تا اثر جاذب می تواند بگذارد. وقتی منبع حرارتی را برداریم یا حرکت داریم به یک نقطه دیگر، بخش از حرارت به بیرون منتقل می شود و بخش در داخل قطع جاذب می شود در ادامه هدایت. تا اینده به وجه حرارت ایجاد می رسد و عمل ایجاد انجام می شود. ایجاد یعنی دوباره نظم رستی می پیدا کردن. می دانیم در حالت ذوب طبق تعریف می توانیم حالتی است که هم ها نظم رستی ندارند و آن نیرویی جاذب به صورت قبل وجود ندارد به همین علت است که حتی می توانیم با یک ملاتر بخش اینده از آن جدا کنیم، فقط یک نیرویی جاذب می کشیم سطح داریم. وقتی عمل ایجاد انجام می شود یک سری از آن ها از درون آن ها می کشند که هنوز نظم رستی دارند (هنوز جاذبند) شروع می کنند به نظم رستی

بیدار کردن و فرود آمدن روی جهت خاص، اما نظم کریستالی بهم نمی خورد (Bcc یا H.c.p یا F.c.c) البته به شرایط محدودی برای ایجاد وجود دارد. ایجاد نمودن این دو ترم هاس حرارت شروع، بیشتر می کنند که اصطلاحاً آن ها را نه (Grain) می نویسند یا برخی به آن بلور یا Crystal می نویسند. به ترتیب تمام اتم های که بین نظم بردند هر کدام نسبت به اتم های مجاور نظم بیدار کنند و پس آن ها نیز پس از آن برقرار می شود در نهایت این روش به نظم تبدیل می شوند. این مکانیزم اساس اکثر فرآیندهای جوشکاری است. همان اتمی که در این میان منتوی هم زرد شود و به نظر افشان شود و یا سطح با گاز آرگون محافظت شود... مسائل فیزیکی است. ولی اساساً مکانیزم جوشکاری زردی همین است. هر چه در مایه های زردی بیشتر می آید و اتم با هم، نظم و نوعی از زردی می شود و بهتر است.

② Solid State Welding (non-fusion Welding):

در فرآیندهای جوشکاری حالت جامد یا غیر ذوبی از طریق فشار و تغییر شکل پلاستیکی (میکنید یا مار)



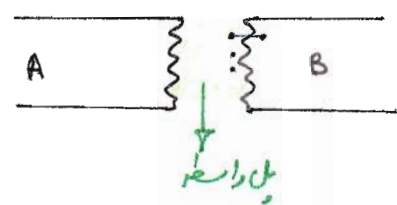
عمل اتصال را انجام می دهیم. در این حالت نام فواصل وجود دارد، نام های چسبی را که در ناخالصی وجود دارند. اتم های که به هم نزدیک هستند و به هم می رسند چسبندگی لازم است که فاصله بین آن ها کمتر شود، اما اتم های که دورتر هستند

با تغییر شکل تدریجی به فاصله مورد نظر می رسند. در اینجا نام فواصل به ریج می رود. اتم ها اگر پوسته های اکسیدی وجود داشته باشند می توانند شکسته شود و خرد شود. گسیل از کار می رود می زنند در عرض و در هم نمی چسبند، به هم چسبند یک ذره ناخالصی داخل مایه می ماند و نهایتاً عمل اتصال انجام می شود. مثل در تکه خنجر که وقتی در هم می نزنیم یک نامی نامی خود را می بیند آن ها مانع اتصال است و یک نامی نامی که در سطح خنجر خشک شده اما وقتی در هم می نزنیم یک نامی نامی که در هم می چسبند و به هم متصل می شوند. یعنی خنجر خشک شده شکسته می شود، بعد از آن در هم می نزنیم و کار با هم می آید اما عمل اتصال را ما داریم. در مورد ذرات نامی عمل را می توانیم انجام دهیم در مورد طلا و نقره و مس و آلومینیوم هم می توانیم در میان محیط عمل این اتصال می تواند برقرار شود. یعنی از ذرات مثل فولاد تا به در میان محیط چسبندگی راحت تر است آن ها را تغییر شکل داده می توانیم آن ها را تا 400 یا 500 درجه سانتیگراد در هم می نزنیم و بعد از آن عمل را در هم می نزنیم، مهم این است که ذوب اتفاق نیفتد اما تغییر شکل پلاستیکی را می توانیم در میان محیط و یا در میان با هم داشته باشیم. این مکانیزم در تعدادی از فرآیندهای جوشکاری استفاده می شود که نام آن Solid State W. یا non-Fusion W. نام برده می شود که در آن می تواند حرارت استفاده شود یا نشود.

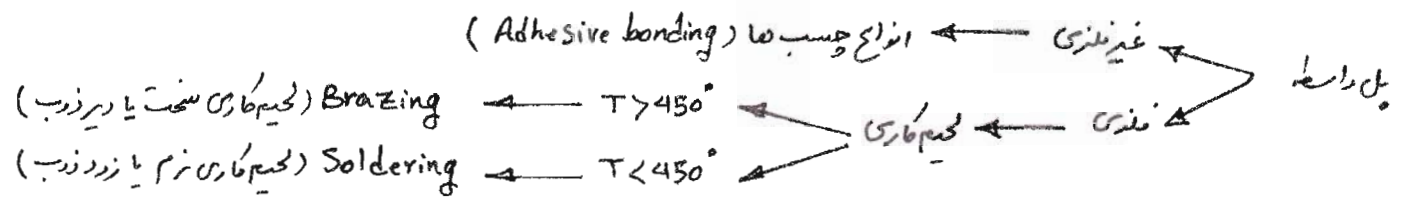
در باره جوشکاری جوشکاری جوشکاری در این جا نواره است که فرآیندی است که تحت عنوان Forge Welding یا جوشکاری تکه ای یا جوشکاری آهنی. به نامش است که با آتش آتش می شود وقتی آتش جایی ایجاد می کند در آن یک ذره می چسبند می آید که وقتی سرد می شود لذت خوب و از سختی خود را بهتر می دارد. در اینجا با فلز آتش می شود و به هم می نزنند، آن شکل دهد در این اتصال در تکه ای یک شفاف ایجاد کرد و در آن در آن قرار داد و با یک سس، دیگر آن را بگوید که وقتی در عرض کتاب چاپ این آن نام "اتصال نوک غازی" به کار برده شده. در این روش های قدیم هم برای اتصال سس یک تکه را ساخته می کردند و در آن در آن می گذاشتند و آنقدر می بوسیدند تا عمل اتصال انجام شود.

کلیتاً سرد و در جوشکاری نیست. در اینجا نام فواصل نامی فواصل نامی می کنند می کنند یعنی در این اعدادی که اینها زرد می شوند یا تحت فشار در هم می نزنند نیست. بلکه توسط یک واسطه با یک اتصال A و B می شود.

مکانیزم ساده‌تری در این میان قرار می‌گیرد. مقدار چسبندگی است. چسبندگی یا کشش سطحی به مفهوم آنست که مثلاً بین دو سطح در تماس از آب خارج کنیم و یک مقدار مقاومت در برابر جدا کردن سطح این دو وجود دارد. چسبندگی کشش سطحی به این مفهوم در اینجا مطرح است و منظور فقط چسب نیست.



بخشی دیگر از مکانیزم این است که اتم‌هایی هستند که می‌توانند در یک فاصله خیلی کوچکی نفوذ کنند و درون شبکه کریستالی قرار بگیرند و یک نیروی جاذبه بین اتم‌ها در B و میل واسطه بوجود آید که به آن اصطلاحاً inter locking می‌گویند (مثل قفل و کلید یا قفل بین کریستالی). بر اساس این دو مکانیزم عمل اتصال می‌تواند انجام شود. بر اساس این دو واسطه از چه جنسی باشد:

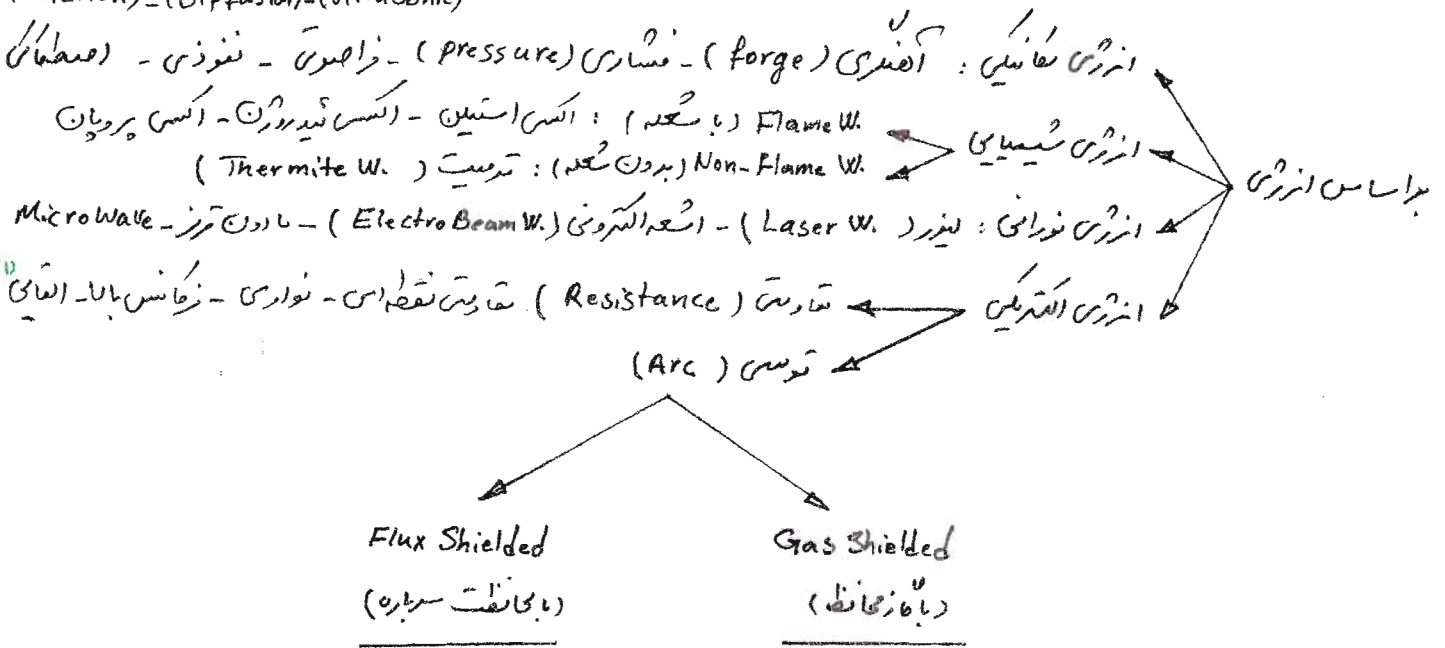


از میل واسطه فلزی با شد چون فلزات غیر از هاله در دمای محیط مذاب نیستند مجبوریم حرارت در قسم تا زوب شوند و درون این فصل مشترک توزیع شود و بخش شود به علت تقاطع که بکار می‌بریم به آن لحیم کاری می‌گویند و دسته به آنست که زوب آلیاژ یا فلزها حقیقتاً باشد به آن لحیم کاری نرم یا لحیم کاری سخت می‌گویند. لحیم کاری، جوئیکاری نیست. مکانیزم لحیم کاری به مکانیزم چسب نزدیک است تا جوئیکاری. مثلاً دست در رابطه با چسب به نوع اتصال می‌توانیم تغییر بودن سطح خیلی مهم است. حتی جوئیکاری است هم می‌تواند با نوع اتصال مناسب شود که عیناً این سله در مورد لحیم کاری هم وجود دارد. در کاخانه تراکتور سازی ایران یکی از چیزهایی که جلب توجه می‌کند انواع حسام‌ها را شناسایی است تا سطوح کاغذی تغییر شوند در انتها کار هم قطعات را با رستلش یا هم این‌ها را جابجا کنند. در مورد چسب، دست چسب را مثلاً به چوب یا کاغذ می‌زنند آن را فشار می‌دهند تا هر چه چسب افشان است بیرون زده شود تا اتصال بهتر انجام شود. هیچ‌گاه نمی‌توانیم هر چه چسب بی‌شرکتین در قطعه چسب با شد، اتصال بهتر انجام می‌گیرد. عین این سله در مورد لحیم کاری صادق است.

نورده بندی زایندهاں جو شکاری

زایندهاں جو شکاری راں توان با اساس عبارعاں مختلف بہ روشناں مختلف دستہ بندی کرد . دریک نفاہاں توانیم بدویم دو نوع جو شکاری داریم : یکی آن ہاں کہ با ذوب سرد کار دارند ، یعنی آن ہاں کہ ذوب نفاں شونند . از دیدہ ظاہراں دیگر ہم سں توان تقسیم بندی کرد : از دیدہ ظاہر انرژس - از این نظر کہ (Pillermer) یا پرکنندہ افزائش سؤدی یا خیر - از دید نوع محافظت (گاز یا سربارہ) - از دیدہ اینکہ جو شکاری دستہ باشد ، اثراتیک باشد یا نفیم اثراتیک . در اینجائیک تقسیم بندی بر اساس انرژس انجام سں دسیم :

(Friction) - (Diffusion) - (UltraSonic)



Manual Metal Arc W. (MMA) با الکترود دستہ
 Submerged Arc W. (S.A.W) زیر بودری
 Flux cored Wire الکترود تو بودری

Gas Tungsten Arc W. = GTAW با الکترود تنگستن و گاز خنثی
 Metal inert Gas Arc W. = MIG با الکترود صرفاً و گاز خنثی
 CO₂ Metal Arc W. جو شکاری CO₂
 Plasma Arc W. جو شکاری پلازما
 Spark W. جو شکاری صاعقہ ای
 Flash W. جو شکاری برقہ ای

عمدہاں جو شکاری ہاں Solid State سں مل دستہ انرژس مکانیکی سں شونند .
 در نورده انرژس شیمیایی ، ما از واکنش ہاں شیمیایی حرارت ترا استفادہ سں کنیم و بر اساس اینکہ واکنش با سؤد کفراہ
 با سؤد یا نہ باشد بہ دو دستہ با سؤد و بدون سؤد تقسیم سں شؤد . در سبب با سؤد معدودہ واکنش سؤختمن نیگا زا اینست کہ
 یک حالت بین انرژس شیمیایی و مکانیکی وجود دارد کہ با آن جو شکاری انفجاری (Explosive W.) سں شونند کہ اصل
 اصل آن شیمیایی است و بعد تبدیل بہ انرژس مکانیکی سں شؤد .

(۱) : Spot Resistance W. - Seam Res. W. - High Frequency Res. W. - Induction W.

- در فرآیندهای جوشکاری مقاومتی، در اثر عبور جریان از یک تقاربت الکتریکی بر اساس قانون رول حرارت تولید می شود و از حرارت آن در جوشکاری استفاده می شود

- در فرآیندهای جوشکاری توسط تولید حرارت بر اساس قانون نیست بله لذا ماهیت قوس استفاده می شود. در اثر قوس هم حرارت تولید می شود و هم نور. در جوشکاری با نور آن کاری نداریم و از حرارت ناشی از آن استفاده می کنیم.
- یک حالت بینابینی هم داریم که ابتدا با قوس الکتریکی شروع می شود و بعد با تقاربت الکتریکی ادامه می یابد. آن جوشکاری با سرباره الکتریکی "من تولید یا Electro Slag W. = E.S.W
- جوشکاری تقاربتی نوعی، در سلیقه هم می تولید. جوشکاری زیر پودری، قوس مخفی هم می تولید.

- در جوشکاری اصطلاحی در واقع این است که خواص هم متصل شوند، در اثر اصطکاک انرژی مکانیکی با انرژی حرارتی تبدیل می شود و منطقه اتصال حالت تغییر می دهد و بعد در نقطه هم متصل می شوند. فرآیندهای مختلف برای Friction W. داریم مثلا حالتی که یک قطعه ثابت است و قطعه دیگری چرخد و بعد از مدتی در هم متصل می شوند. ریا به جایی است که از قطعات بچرخند، هر دو قطعه ثابت باشند و یک چرخد دیگر می بین آن ها بچرخد و انرژی مکانیکی (جنبشی) در اثر اصطکاک حرارتی تبدیل شود و در واقع هم متصل می شوند. یا مثلا یک Ring در وسط چرخد در اثر حرارت ناشی از اصطکاک در فشار خود Ring هم کشش از کار می شود.

- یا در مورد فرآیندهای MIG یا فرآیند GTAW بازمی توانیم تقسیم بندی های نوعی بر اساس معیارهای مختلف داشته باشیم
o مبنی بر اساس دسته بودن، نیم اتوماتیک بودن یا اتوماتیک بودن کامل (رصد روباتیک)
o بر اساس نوع جریان، پالس، و تقاربت
o بر اساس اینکه با سیم باشد یا بدون سیم و بعد سیم گرم باشد یا نباشد (Hot Wire)

فرآیندهای جوشکاری قوس " Arc W.

و جدا شدن این فرآیندها استفاده از انرژی الکتریکی است. قبل از اینکه راجع انواع این فرآیندها صحبت کنیم، لطفاً از سطح ما سیم

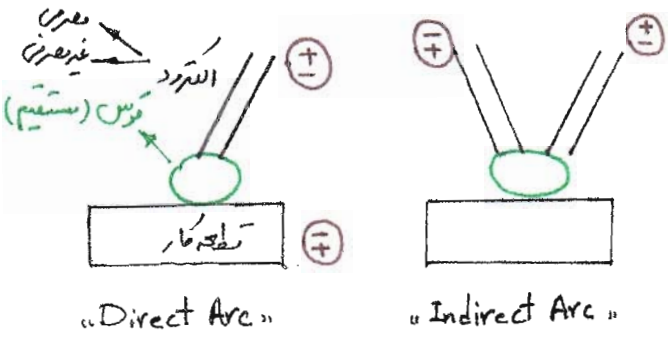
لطفاً در مورد نیز یک قوس:

یک نیز یک قوس یا فیزیک و یا معنای یک بسیار منفصل است که در کتاب های نیز یک سطح می شود. در اینجا فقط مطالب مرتبط با جوشکاری سطح می کنیم که شامل: تعریف قوس - انواع قوس - دمای قوس - شروع قوس - نبردهای که در قوس وجود دارند و باید این قوس را...

- ماهیت قوس (تعریف قوس): قوس الکتریکی پدیده ای است که مابین دو طرف خود هم در بینیم آن با اسم های دیگران همانند سیم مثلا پدید می آید و در صورت نوعی قوس الکتریکی است که بین دو تار لبر موجود در آیدر ما ظاهر صدا نور آن را می بینیم و گاهی هم حرارت آن که صاف است، یعنی خان شدن بار الکتریکی بین تار بار دارد است. همین طور جرقه ای که در سطح اتوموبیل زده می شود نوعی قوس موقت است. با جرقه بین دو سیم در سربا قوس الکتریکی است. از لحاظ تعریف، قوس الکتریکی عبارت است از: خان شدن بار الکتریکی بین دو قطب که در اثر اختلاف پتانسیل هستند در یک کانال پرینتر شده.
این خان شدن بار بین دو الکترود (قطب) باید در یک کانال پرینتر شده اتفاق بیفتد یعنی ما باید آنم های داشته باشیم که خزش نباشند و بتوانند اکثر آن ها را عبور دهند.

توس الکتریکی را در یک تعریف دیگر می‌توانید چندان دقیق بنامید اینگونه بیان کرده اند:

تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی و حرارتی. یعنی بدیده ای که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی و حرارتی تبدیل می‌کند. با عمدتاً در صنایع فولاد سازی با انرژی حرارتی کار می‌کنیم. از توس الکتریکی علاوه بر جوشکاری (Arc W.) در پهن تان یا Arc Cutting هم استفاده می‌کنیم. همین Arc Furnace یا کوره های توسی که صنایع ذوب استفاده می‌شود. از نور توس در جاهای خاصی استفاده می‌شود مثلاً یک روش آنتی رولش کوانتومتری است. یعنی از طیف نور حاصل از توس می‌توانیم به نوع ماده ای که آنتی رولش می‌کنیم پی ببریم. همین طور در مکانی یا فیلم برداری ممکن است از نور توس استفاده کنیم. اما در جوشکاری نور توس برای ما مضرتر است. از لحاظ مسائل ایمنی برای چشم و پوست می‌تواند مشکل آفرین باشد.

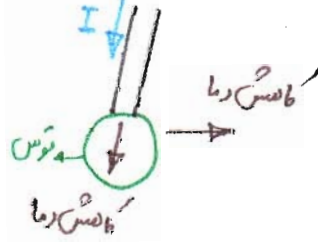


انواع توس: چند نوع توس در جوشکاری داریم. ابتدا توس بین دو قطعه ایجاد می‌شود که سطح آن‌ها را الکترود و دیگر قطعه کار می‌نامیم. یک قطب منفی و دیگر قطب مثبت است و بین آن‌ها توس الکتریکی ایجاد می‌شود. به این حالت توس مستقیم و یا Direct Arc می‌گویند.

اما اگر نخواهیم مثلاً جوشکاری را در دو سر امپ انجام دهیم می‌توانیم به این صورت عمل کنیم چون سولید هادی جریان الکتریکی نیست. در این حالت توس را بین دو الکترود ایجاد می‌کنیم و توس ایجاد شده می‌تواند بصورت غیر مستقیم توسط سرامیک از ذوب کندیا فلز می‌گذرد و یا برش دهد. به این حالت Indirect Arc (توس غیر مستقیم) می‌گویند.

همه حالت اول که توس مستقیم بین دو قطعه کار ایجاد می‌شود می‌تواند بصورت الکترود مصرفی (Consumable Elec.) و یا الکترود غیر مصرفی (Non-Consumable Elect.) باشد. یعنی در الکترود مصرفی، حرارت توس هم کار را از ذوب می‌کند و هم الکترود را و فلز الکترود را آئینه ای از کار می‌شود. در الکترود غیر مصرفی خود الکترود ذوب نمی‌شود مثل الکترود تنگستن یا الکترود زرنیک یعنی حرارت توس صرفاً قطعه کار را از ذوب می‌کند.

دما توس: دما توس الکتریکی قطعاً بالاتر است به همین دلیل است که تمام فلزات زیر توس الکتریکی ذوب می‌شوند و حتی بعضی بخار می‌شوند. اما اینکه دما ذوب حیدر باشد به چه عواملی بستگی دارد در مواردی اهمیت دارد. بطور کلی درجه حرارت توس الکتریکی بین (20,000 - 4000) است. علت گسترش طیف دما توس، عواملی است باعث تغییر دما می‌شوند. این عوامل عبارتند از:



• مکان مورد نظر: اینکه در کدام توس می‌کنیم. دما در نقاط مختلف توس متفاوت است. دما توس از محور به پایین کاهش می‌یابد و از محور به کناره ها هم کاهش می‌یابد. اینکه چگونه دما توس را اندازه گیری می‌کنند به همان روشی که دما خود سنج در ستاره‌ها را اندازه گیری می‌کنند.

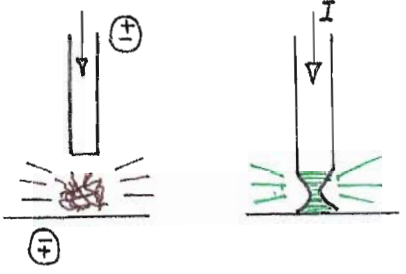
• شدت جریان عبوری: شدت جریان عبوری از الکترود بر دما توس اثر دارد. شدت جریان علاوه بر دما بر نور توس هم اثر می‌گذارد یعنی باید سینه حفاظت بسته به نوع فرکانس جوشکاری توسی در میزان آئینه عبوری تغییر کند تا به چشم آسیب نرساند.

• مالیت مستون یونیزه شده: ترکیبات و مالیت این مستون یونیزه شده بر دما و قوس اثر دارد. چیزی که معلوم است این است که این مستون خدایت نیست. اتم های هفتند که یونیزه شده اند و آن کانال یونیزه شده یا پلازما (حالتی بین ماده و انرژی) را بوجود آورده

• جنس الکترود: الکترود استفاده می کنیم بر دما و قوس نور است. اگر الکترود پوسش داشته باشد، جنس پوسش نور است
 • مقطع کار
 • جنس گاز محافظ در اثر گاز محافظ استفاده کنیم

به عنوان مثال اگر با الکترود معمولی با 200 A قوس ایجاد کنیم، دما و قوس Max به 4000 تا 5000 °C برسد. اما اگر با الکترود تنگستن، گاز Ar و قطعه کار Al در قطعه کار کنیم دما و قوس می تواند به 15000 °C برسد.
 وقت عوامل شدت جریان (I) و کانال یونیزه شده را مطرح می کنیم ممکن است مقاومت الکتریکی تداعی شود یعنی در رابطه $R = \rho \frac{l}{S}$ و $Q = RI^2t$ مثل بخاری، یعنی فوجیه مقاومت الکتریکی بیشتر باشد حرارت تولید شده بیشتر است. اما روابط اهم و تا فون طول در مورد قوس الکتریکی صادق نیست یعنی قوس الکتریکی مقاومت نیست که برای آن گام S قابل سویم.

- شروع قوس یا Arc Ignition (Arc Initiation):



برای شروع قوس شرط اول این است که مایک اختلاف پتانسیل داشته باشیم یعنی حتماً یک Power Source داشته باشیم. همین طور یک کانال یونیزه شده داشته باشیم که جریان از آنجا برقرار شود. برای ایجاد این کانال یونیزه شده دو راه معمولاً وجود دارد: 1- ابتدا بخارات فلزی بوجود آوریم که این بخارات فلزی بتوانند یونیزه شوند و جریان الکترودها برقرار شود. در کارگاه جوشکاری با الکترود دستی می بینیم که در ابتدا چند بار الکترود را به کار می مالیم تا قوس بوجود آید و بعد آن قوس را قطع می داریم

و البته الکترود هم کار می چسبد. در واقع مدار مالیدن الکترود به کار با وجود آن در حقیقت (یک مقدار کمی ذوب روی کار بوجود می آید که بصورت یک قطره کوچک است که از یک طرف می فرود آید، الکترود بچسبید و یک طرف به کار می چسبد. (به علت خاصیت چسبندگی) وقت جریان I از این قطره عبور کند، وقت مشخص شده بخاری شود (درست مثل فنوژی که می سوزد) حالا اگر بار است فاصد الکترود مقاومت کنترل کنیم، این بخارات می توانند یونیزه شوند و کانال یونیزه شده را برای ما بوجود آورند و قوس ایجاد شود. اما در جاهایی که می خواهیم بصورت آزمایشگاهی یا نیم اتوماتیک کار کنیم، یک فلز می سوزیم نواری (مثل سیم ظرف کشی به اندازه یک سانتی متر) درست کنیم در محل مشخص شده قرار می دهیم (در فاصله 2 یا 3 میلی متر) و بعد به محض اینکه جریان عبور کند بدون اینکه الکترود را به کار می مالیم، این فلز ذوب شده بخاری شود و بخارات فلزی که بوجود آمده، قوس برقرار

می شود.
 تمسک در آن که در بعضی فرآیندها می شود تمسک High Frequency (H.F.) است. در این تمسک هوا یا گاز می بینیم الکترود در نقطه کار است را یونیزه می کنیم. یعنی اکسیرن و ایزت و فرکانس که در آنجا وجود دارد اما در دلتاها 30V و 20V هم الیون نیست. و دلتاها با دما می چسبند هر از وقت لازم است. این دلتاها چون خطرناک هستند باید در زمان mSec اعمال شود و بعد گاز یونیزه می شود و جریان برقرار می شود. علت اینکه فاصد دکل داس بر آن قوس چسبندگی است همین سفت است. یعنی اگر نزدیک باشند جرقه زده می شود. در آنجا برای اینکه انرژی دما حرارت تلف نشود، جریان را پایین می آورند و دلتاها را با دما می برند (حدود 40kV). پس باید فاصد قابل هانیا داشته باشد. در ماشین، کوئل و دلتا هم تقریباً

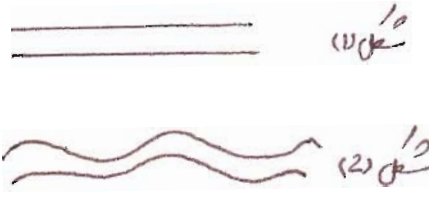
چنین کاری کنند یعنی ولتاژ 12V باتری، در جایی که باید جرقه زده شود، به ولتاژ بسیار باایی تبدیل می شود. به این سیستم ها High Frequency Spark Systems می گویند. یکی از مشخصه های آن اینست که یک سری فازن های در سیستم پیش بینی می شوند که در آن ها انرژی ذخیره می شود و در یک لحظه بیک کلید زدن تمام این انرژی ها با هم تخلیه می شود و به نوبت اکثر در آن آید و جرقه زده می شود. یعنی چند هزار ولت در یک زمان بسیار کوتاه تأمین می شود و در نتیجه نیازی نیست که اکثر در را به کار بگیریم و قوس هم ایجاد می شود. در این شرایط ما اصلاً اجازه نداریم اکثر در را به کار ببریم. در فرآیند ما اصلاً خبری نیست که به هیچ وجه نمی توانیم اکثر در را به کار ببریم چون اکثر در داخل است یعنی لایه نوبک فازن یک مقدار عقب تر است. در اینجا حرفاً سیستم H.F. است که به شروع قوس کمک می کند.

دقت کنید تفاوت اکثر کل استوانه این شکل داریم، هنگامی که جریان لایه عبور می کند در تمام نقاط آن استوانه یکسان است (هرگز نظر لایه انتقال حرارت که شماره ها) اما در مورد قوس این طوری نیست، در این نقاط مختلف قوس با هم متفاوت است شکل قوس هم بصورت ناقص شکل است و استوانه نیست.

— پایداری قوس (Arc Stability - Arc Unstability) :

در جوشکاری سنتی پایداری قوس را با اسلای دین می شناسند، با اصطلاحات سنگی: نرم بودن قوس، آرام بودن قوس. وقتی قوس آرام است یعنی جفتی راحت می توان جوشکاری را انجام داد و در جایی دیگر می گویند قوس تند است یعنی ناپایدار. قوس که قبلاً نشان زدیم را در نظر می گیریم. اگر استاس قوس بر روی اکثر در حالت جهیدن / پریدن / سوسوزن / دل زدن برپ زدن داشته باشد می گویند قوس ناپایدار است.

حالت سکون / آرام را میخوانند نرم بودن یعنی قوس پایدار است. یعنی بصورت شبی از ظاهر قوس هم می توانیم پایداری آن را با یک قوس دیگر مقایسه کنیم.



فانل اوقات حتی لایه در حرکت دادن قوس بر روی یک سطح قطعه کار هم می توانیم به پایداری یا ناپایداری قوس پی ببریم. یعنی کارهای خط مستقیم با سرعت یکسان حرکت می دهیم. این کار داریم می بینیم که در قوس لایه حرکت زده می شود بصورت شکل (1) باشد.

اما اگر می حرکت بصورت شکل (2) شد یعنی یک جا به این نزدیک جا به دیگر سرد می کشانیم لایه ناپایداری قوس است یعنی در حالتی که ما دستمان را کاملاً بصورت مستقیم رکنیزاقت حرکت داریم.

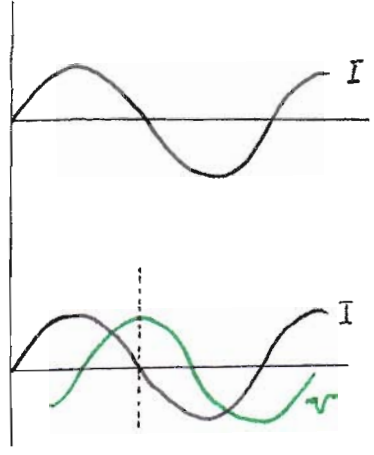
از نظر علمی می توانیم دیدار ولت تتر و آمپر تتر قرار دهیم. میزان نوسانات ولتاژ و جریان را ثبت می کنیم و دانش نوسانات در بصورت گسی انداز می گیریم و نشان می دهیم در چه جاهایی قوس پایدار و در چه جاهایی ناپایدار است.

اما بصورت علمی محسوساً چه شکل بصورت احساس می شود که در چه جاهایی قوس نرم و در چه جاهایی تند است. اصالت این سله در این است که اگر قوس در یک جاها می سوسوزند این ظاهر جوش غیر یکسان است می شود. از لحاظ عمیق جوش، در یک جاها عمیق بیشتر و در یک جاها عمیق جوش کمتر است. از لحاظ Metal Transfer، نظراتی

که لایه اکثر در، طرف هو خنجر مناسب آید در جاهایی که قوس ناپایدار است، یا سس با اطراف بیشتر است. حتی در ترکیب و خواص جوش هم می تواند اثر گذار باشد که البته بیشتر به ظاهر جوش مطرح است.

عوامل مؤثر در پایداری قوس:

- نوع جریان: AC یا DC باشد. سطحاً قوس ایجاد شده از جریان DC پایدارتر است.



اختلاف فاز

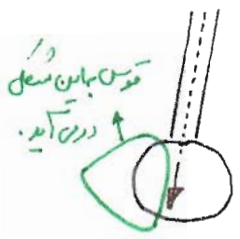
دسته از جریان AC استفاده می کنیم، در جایی که جریان صفری شود، قوس ما خاموش می شود. آیا این خاموش شدن قوس برای ما مشکل ساز است؟ پاسخ این است که خیر، کم اثر دارد. اصلاً مثل ابتدای کار نیست در ابتدای کار که من خود اصرار می کنم، کانال یونیزه شده نداریم به این روشن شدن قوس در آنجا به یک حلقه خفیه با ما نیاز داریم. اما در اینجا دسته جریان صفر می شود، قوس خاموش می شود (نقطه ای چون زمانش زیاد است ما نمی بینیم) اما چون کانال یونیزه شده وجود دارد روشن کردن قوس خفیه شکل نیست فقط ما می توانیم یک مقدار ولتاژ اضافی داشته باشیم

- عین کار است مثلاً ۱۰٪ ولتاژ اضافه داشته باشیم که معمولاً در سیستم پیش بینی می شود. یا کار است که یک اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان داشته باشیم عین جایی که جریان صفر می شود، Max ولتاژ را در مدار داشته باشیم که این مسئله هم در سیستم الکتریکی کار راحت است. در مورد جریان DC هم Polarity تأثیر ندارد
- نوع گاز محافظ (اراز گاز محافظ استفاده می کنیم) (مثلاً Ar باشد یا Co₂ یا He)
- نوع پوشش (اراز الکترود پوشش دار استفاده می کنیم). پوشش الکترود معمولاً به یونیزه شدن کانال کمک می کند
- کیفیت بودن سطح کار
- فاصله بودن الکترود

- ولتاژ ورودی یا Power Source
- ساعت از شبانه روز که جوشکاری می کنیم تأثیر ندارد چون ولتاژ شبکه در ساعات مختلف روز تغییر می کند.
- نتس جوشکار و میزان لغزش دست جوشکار
- میزان آبی که روی دستگاه می بینیم، به نوع الکترود و جنس الکترود و قطر الکترود.
- سیستم هایی که بدون خود Power Source باری برند، مثلاً در دستگاه با مشخصات بسیار از دو شرکت مختلف خریداری می کنیم باید جوش راحت تری در ولیم و اینکه جوش سخت تر، عین نوع سیم بچ ها و عوامل داخلی ستاد است باشد.
- وقتی صحبت از سختی و راحتی جوش می شود معمولاً بیختم باید از جوش مورد نظر است.

Arc Blow (انحراف یا وزش قوس)

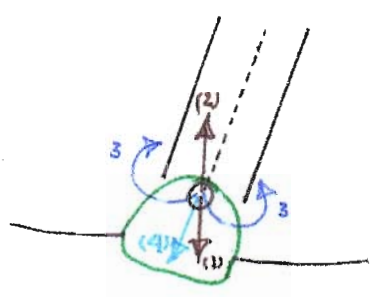
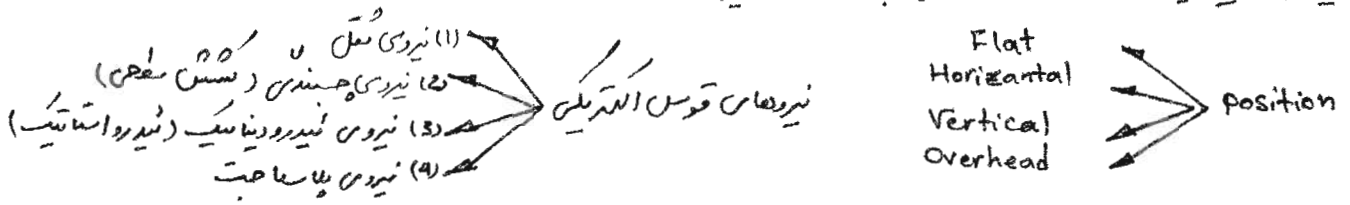
پدیده ای است که اتفاقاً که با جریان DC کار می کنیم، ادامه ای کار و انتها می کار و جایی که به اتصال زمین نزدیک می شویم خاص با این مشکل روبرو هستیم. عین قوسی که محور آن در راستای الکترود است ممکن است در جوار چنین حالتی شود که در شکل نشان داده شده است. مثل سنجده مسکلی که در حالت عادی در راستای سطح قرار دارد و وقتی بار از مقدار منحرف می شود. البته نباید قوس الکتریکی را با سنجده می بینیم. قوس الکتریکی در جریان بار نمی تواند منحرف کند. اما یک حوزه مغناطیسی ناخودآسته در جایی ممکن است باعث شود که قوس به یک طرف کشیده شود. اینکه تأثیر از قوس جریان DC به این علت است که جریان DC می تواند حوزه مغناطیسی ایجاد کند. در جریان AC حوزه مغناطیسی به آن صورت نداریم. این پدیده خاص اوقات با ما باید از جوش استفاده می شود. تا ما باید از جوش



در سطح کاری توانیم داشته باشیم اما انواع قوس را در جابجایی خاص که عرضه مغناطیس دیدیم جابجایی تراست و دیدیم جابجایی است می توانیم داشته باشیم و باعث کشیدن قوس به یک طرف می شود.

نیردها می وارد می شوند:

نیردها می وجود دارند که در انتقال قطرات و شکل دادن به جو ضخیمه میزبان می توانند مؤثر باشند. پس از حالت های جو شعاعی جو شعاعی با آن سرایت. ممکن است این سوال مطرح شود که چگونه قطره ها می ننداب به سرعت با آن روند و در آنجا رسوب داده می شوند و از زیرش جو ضخیمه نذاب هم تا حدی جلوگیری می شود پس مشخص می شود که نیردها می وجود دارند که باعث می شوند قطرات حتماً به جهت نقل حرکت کشنده بلند می خیزند خلاف جهت نقل می توانند حرکت کنند. در جو شعاعی ما 4 وضعیت یا Position اصلی جو شعاعی داریم:



در اینجا حالت Flat را رسم می کنیم و نیردها می سطحی می رسم.
 • نیردهی چسبندگی یا تشنه سطحی می فواید قطره را درون ابر و نگاه دارد.
 • کشش سطحی هم که چسبندگی در واقع رو نیردهی نقل و چسبندگی با هم تقابل می کنند.
 یعنی وقتی قطره کوچک است نیردهی چسبندگی بیشتر است و وقتی از یک حدی بزرگتر می شود، نیردهی نقل بیشتر شده و قطره سقوط می کند.
 • اگر سوال شود که با چه وجود می آید؟ می نویسیم اختلاف فشاری که اختلاف در اثر اختلاف دما بوجود می آید که تغییر جام جامی هوا می شود که نتیجه آن نیردهی و بار و طوفان است. در قوس اکثر نیردهی ما هم در خود ستون قوس اختلاف دما داریم و هم از محور به سمت کناره ها اختلاف دما می زیاد وجود دارد. این اختلاف دما منجر به یک جام جامی در جهت شش طرف شده در شکل می شود یعنی یک Circulation بوجود می آید. این نیردهی نیردهی نیردهی دریا سبکی یا نیردهی استاتیکی است که می فواید قطره را بلند می داخل جو ضخیمه نذاب می فرستد.

داخل جو ضخیمه نذاب هم اختلاف دما وجود دارد. دما می وسط با کناره ها تفاوت است و یک جام جامی یا Circulation داخل جو ضخیمه نذاب هم داریم. از یک جام جامی منجر به نیردهی در جهت نقل می کشیم.
 • نیردهی بلا ساحت همواره در راستای اکثر در است و از اکثر در به سمت جو ضخیمه نذاب است.
 • ماهیت نیردهی بلا ساحت یک مقدار معین نیردهی اکثر و مغناطیس است که در موثرها می اکثر نیردهی وجود دارد اما من تبدیل انرژی اکثر نیردهی به انرژی می کشانیم است.
 • در اینجا هم ملبور جریان اکثر نیردهی داریم و یک حره مغناطیس بوجود می آید که نیردهی بوجود می آید که همواره می فواید قطره را بلند می فرستد به داخل جو ضخیمه نذاب. این نیردهی متناوب است با قطعی جریان. هر چه قطعی جریان بیشتر باشد این نیردهی بیشتر است. یعنی با افزایش قطعی جریان، قطرات ریزتر می باشد، از گامش بیشتر و با شتاب بیشتر به سمت جو ضخیمه نذاب

پرتاب می شوند.

سؤال: اگر جهت جریان را عوض کنیم یعنی قطب فار مثبت و منفی را جابه جا متصل کنیم آیا نیروی پلاسماتیک تغییر می کند؟

- خیر، زیرا تغییر زمان یا تغییر جهت جریان، میدان مغناطیسی هم عوض نمی شود و نیروی پلاسماتیک نباید عوض شود. درست مثل بنام؛ اگر جهت جریان را عوض کنیم (در شاخه را برعکس یا برعکس کنیم) بنام برعکس نخواهد بود.

• البته می توانیم جداگانه موتورهای را طراحی کنیم که با عوض شدن فاز و نول جهت گردش آن ها عوض شود مثل موتورهای دور برتران. اما بطور معمول دستگاه ها اکثریک با عوض کردن فاز و نول کارشان عوض نمی شود.

• در جوشکاری هم به همین صورت است چه DCEP چه DCEN. یا براساس جریان AC چه نیم سیکل اول مثبت باشد چه نیم سیکل دوم نهاد می شود.

• گاهی در جوشکاری اگر آمپر بالا بپریم می توانیم با انسان اکثر درجه های جوشکاری، برشکاری انجام دهیم.

یعنی نیروی پلاسماتیک جهت آنقدر زیاد می شود که تمام قطرات که زرب می شوند بیرون پرتاب می کند و برشکاری انجام می شود.

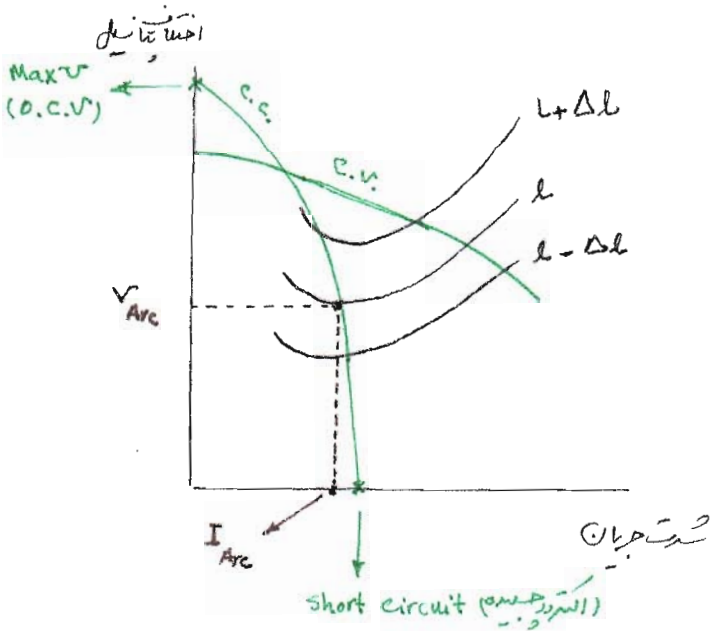
• در جوشکاری با گاز سرد، نیروی پلاسماتیک است که نقش اصلی را بازی می کند، این نیرو باید نیروی قفل را جریان کند و نیروی چسبندگی را هم خنثی کند و قطره را بفرستد بالا و از طرفی باید تا حدودی حوضچه مذاب را هم نگه دارد. جوشکاری که مبتدی باشد ممکن است بتواند قطرات را با بالا فرستد اما حوضچه مذاب را آنقدر نگه نمی دارد که حوضچه مذاب شروع می کند به جلا کردن در زیرش.

• در جوشکاری قاتم هم ممکن است زرب از جلو بریزد یا از پشت بریزد و بعد از مدتی تقریباً می توانیم باز او را درست مناسب کاری کنیم که از جلو بریزد نه از پشت. در واقع در آنجا هم ما داریم برادرهای نیرو را جابه جا می کنیم بیرون اینک می برانیم.

- بنابراین قوس الکتریکی نه تنها منبع خوب حرارتی است بلکه نیروهای بوجود می آورد که از این نیروها به درستی استفاده کنیم می توانیم شکل لازم را به کرده جوش بدهیم و انتقال قطرات را هم تنظیم کنیم.

- با این توضیحات می توانیم ببینیم اگر آمپر را بیشتر کنیم عمق جوش ما بیشتر می شود زیرا قطرات با شتاب بیشتری به سمت حوضچه مذاب پرتاب می شوند. اگر آمپر را خیلی پایین ببریم عمق آن یک زرب سطحی داریم.

تغییرات ولتاژ-آمپر



ارتقایات افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
 رسم کنیم، برای طول قوس = l رابطه این صورت
 گراف نشان داده شده به دست می آید. این رابطه را برای
 قوس، طول $(l + \Delta l)$ و $(l - \Delta l)$ هم رسم کرده ایم.
 این تغییرات در طول مستوی قوس به این صورت است
 که ابتدا افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
 می نماند.

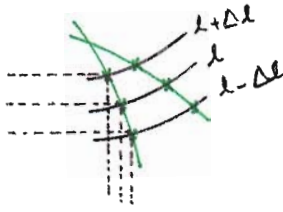
تغییرات افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
 شدت جریان رسم کرده ایم که می تواند دو صورت
 نشان داده شده باشد (در حالت متفاوت). البته
 حالت خاص بین این نوع برای Power Source می توانیم
 بینیم. یک از این حالت ها « Dropping Volt Ampere »

است که تغییرات تا قبل از آنکه به شدت افتاد می آید. حالت دوم حالتی است که تغییرات شدت جریان قوس است
 که آن Flat Volt Ampere می گویند. از رابطه در هر حالت اول Constant Current (C.C.) می گویند به این معنا
 که تغییرات طول قوس منجر به تغییرات کم جریان می شود و تغییرات ولتاژ زیاد است. در حالت دوم (رکت) اصطلاحاً
 Constant Voltage می گویند یعنی تغییرات طول قوس منجر به تغییرات کم ولتاژ می شود و تغییرات آن کم زیاد است.
 اینها مربوط به دستگاه جوش است. در یک نقطه با بیشترین ولتاژ داریم و شدت جریان ما هم فراتر یعنی لحظه ای که
 ما هنوز قوس را روشن نکرده ایم بیستیم ولتاژ در مدار است اما هنوز جریان برقرار نشده که آن (O.C.V) یا مدار باز
 می گویند. یعنی در دستگاه جوش است. معمولاً دستگاه های O.C.V با آترس دارند و آن تر هستند.
 چون خواص بهترین از نظر روشن کردن قوس و ایجاد این قوس دارند.

در یک نقطه نیز با بیشترین شدت جریان داریم و این افتاد تا قبل از آنکه به شدت افتاد می آید. یعنی در حالتی که الترود به کار می رود ولتاژ
 وجود ندارد که چون Short circuit می گویند.

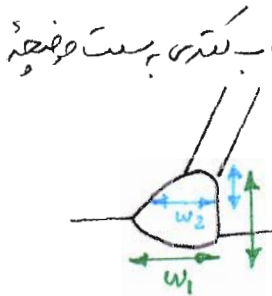
دقت که قوس روشن است ما نه O.C.V هستیم نه S.C. بلکه جایی که منحنی ما منحنی طول قوس را قطع می کند،
 شدت جریان قوس I_{Arc} و ولتاژ قوس (V_{Arc}) را می توانیم بینیم. یعنی I_{Arc} همیشه کمتر از شدت جریان S.C.
 است و ولتاژ قوس هم همیشه کمتر از ولتاژ ما هستیم است که در دستگاه جوش می توانیم بینیم. بطور معمول در جوشکاری
 با الترود دست ولتاژ می که ما نیاز داریم چیزی حدود 24 ولت است در صورتی که Power S. ما معمولاً O.C.V.
 حدود 95 تا 50 ولت دارند. اما دقتی که قوس روشن است، ولتاژ معمولاً چیزی بین 18 تا 25 ولت است.
 در مورد جریان هم، وقتی که الترود به کار می رود معمولاً الترود سریع می شود و زیاد می آید دستگاه دارد می شود و امکان
 سوختن دستگاه وجود دارد و باید سریع الترود را از کار برداریم چون بیشترین جریان عبور می کند.

تا تغییرات طول قوس درین دلتا و دلتا جریان: با اضافه شدن طول قوس نسبت جریان کاهش پیدا می کند و اختلاف پتانسیل افزایش می یابد و بالعکس: جایی که طول قوس کوتاه می شود نسبت جریان افزایش پیدا می کند و دلتا کاهش می یابد. البته در Dropping Volt Ampere Power Source ها تغییرات

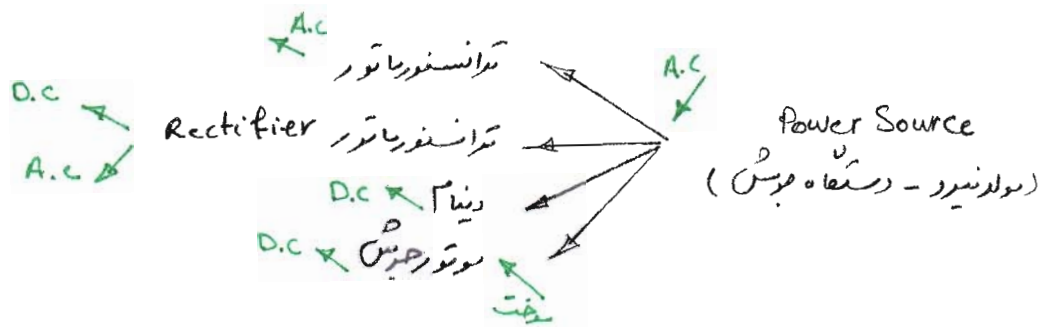


نسبت جریان کم است و در Flat ها تغییرات نسبت جریان بیشتر است. سن با دقت فراوان جریانی که با کم و زیاد کردن طول قوس می توانیم این تغییرات را درون جریان دلتا قرار بدهیم. البته نمودارهای جریان - ولتاژ همیشه با بسته جریانی که در اطراف ما می توانیم آمپریات یا دلتا ثابت داشته باشیم. کاربرد خاص خود را دارد.

فاصله نسبت را اگر کم و زیاد کنیم پهنای جوس و نفوذ (عمق) جوس چه تغییری می کند؟ با اضافه شدن طول قوس، آیم کم می شود، نیروی بلاسقا کمتر می شود یعنی قطرات با شتاب کمتری پست و صفحه مذاب پرتاب می شوند در نتیجه عمق زوب (ننوز جوس) کمتر می شود.



با اضافه شدن طول قوس، پهنای جوس بیشتر می شود، چون دلتا بیشتر می شود. در شکل نشان داده شده، اگر طول قوس را کم کنیم نسبت از جوس کم می شود و در نتیجه عمق زوب (ننوز جوس) از آنجا که دلتا می رسد عمق کم می شود. پس نباید تصور کنیم با اضافه شدن پهنای جوس، ننوز جوس هم بیشتر می شود.



سوالی که در اینجا مطرح است این است که چرا مستقیماً از برقی شهر برای ایجاد اختلاف پتانسیل استفاده نمی کنیم؟ از نظر ایمنی توصیه بار دلتا و کمتری بهتر است، اما این تراز است. اگر دلتا داشته باشیم، طول قوس بیشتر می شود. سن جایی که طول قوس 3 میلی متر می شود در هر لحظه با کمتر در دست داریم، اگر طول قوس 20mm داشته باشیم، پهنای قوس بسیار زیاد می شود و نفوذ کم داریم، انتقال قطرات در این فاصله شکل تراشیدن می افتد (در استاسی که ما می خواهیم). به همین علت ما معمولاً از برقی شهر به طور مستقیم استفاده نمی کنیم. به همین دلیل هم از Power Source استفاده می کنیم که ولتاژ 220 ولت شهر را به 25 ولت که معمولاً می خواهیم تبدیل کند. علاوه بر اینها ممکن است در جاهایی هم ابتدا دسترس به برقی شهر نداریم و مجبور باشیم به طریقی برقی تولید کنیم.

— ساده ترین دستگاهی که با این هدف طراحی شده توانسنفر تا تور است. مشخصات گفته شده دارد در دسترس می آید و ما می توانیم ولتاژ را در دسترس قرار دهیم و تغییر دلتا را کم کنیم (دلتا). دستگاهها می توانند معمولاً دلتا را کاهش می دهند و جریان را افزایش. بنابراین معمولاً برقی در شهر ما معمولاً 220V یا 380V است و اگر در حدود 10 تا 20 آمپر است.

① شدت جریان که از قوس عبور می کند (I_{arc})

از طرف دیگر به صورت فزونی با ولتاژ 25-30 ولت دارد و آمپر 150-300 دارد. البته نوع جریان در ترانسفورماتور تغییر نمی‌کند. یعنی در ورودی A.C است و خروجی هم A.C است. البته با تغییرات سیم پیچ یا بعضاً Core می‌توانیم تغییرات آمپر هم داشته باشیم که در بعضی از دستگاه‌ها این تغییرات بصورت مدار می‌وجود دارد. یعنی فیدبک‌ها می‌روند دستگاه و وجود دارد که می‌توانیم مقدار آمپر را در 100 یا 150 یا 200 تنظیم کنیم. در بعضی دستگاه‌ها علاوه بر این فیدبک‌ها، سیستمی مثل هتدول هم دارد که با چرخاندن آن می‌توانیم تغییرات کوچک آمپر هم داشته باشیم. بعضی از ترانسفورماتورها چند آکترودن هستند یعنی همزمان چند حوضه کار می‌توانند از آن برق بگیرند.

- نوع دیگر از Power Source ها هم فولتیم جریان D.C (مکنواخت یا دائم) داشته باشیم که به آن اصطلاحاً "Rectifier Transformer" می‌گویند. Rectifier یا یکسو کننده، جریان A.C را تبدیل به D.C می‌کند. خاص اوقات بصورت ساده به این دستگاه Rectifier می‌گویند. همچنین ترانسفورماتورها آن‌ها را که بعضی ولتاژ از این جریان را انجام می‌دهند و ولت یکسو کننده جریان متغایب را هم جریان مکنواخت تبدیل می‌کند. خود هم می‌تواند با ولتاژهای جریان D.C است. اما بعضی از آن‌ها را بطور خاص طراحی می‌کنند که با چرخاندن یک کلبه سمت Rectifier آن‌ها غیره‌ها می‌شود به یک ترانس ساده تبدیل می‌شود.

- Generator : نوع دیگر از Power S. است که در آن سیم پیچ‌ها خطوط مغناطیسی را قطع می‌کنند جریان آکتریتیکی بوجود می‌آورد. چرخاندن آن محوره که سیم پیچ یا هسته را می‌چرخاند می‌تواند به صورت‌های مختلف باشد که ساده ترین آن دینام در چرخه است که با چرخاندن چرخ در چرخه محوره می‌چرخد و انرژی مکانیکی به الکتریکی تبدیل می‌شود اساس کار در نیروگاه‌ها هم همین است یعنی چرخاندن محوره می‌تواند با یک آب یا با سوزاندن سوخت یا ... در چرخه کار می‌کند با همین دستگاه داریم که با دو اسم مختلف متداول است: 1- دینام 2- موتور جوش در درون اینها Generator گفته می‌شود. تفاوت آن‌ها در این است که در دینام با این چرخاندن جنبه تولید موتور الکتریکی استفاده می‌شود. یعنی جریان در ورودی به صورت A.C دارد موتور الکتریکی می‌شود. موتور الکتریکی، انرژی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند، انرژی مکانیکی هسته را می‌چرخاند و انرژی مکانیکی مجدداً تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود که خروجی ما در اینجا نقطه جریان D.C است یعنی دیگر نمی‌تواند به D.C باشد به A.C. یعنی دینام (Converter) جریان برق شهر را به جریان مکنواخت تبدیل می‌کند.

به ترانسفورماتورها هم اکترا می‌تواند موتور جوش می‌تواند. سیستم‌ها آن معمولاً مثل سیستم برق اضطراری است. در اینجا جنبه یا هسته یا سیم پیچ توسط یک موتور اکترا می‌چرخاند می‌شود. یعنی مثل اکترومیل سوخت مصرف می‌شود و انرژی جنبشی با اکترا می‌کند در سلیز انجام می‌شود تبدیل به انرژی مکانیکی می‌شود و بعد این انرژی مکانیکی تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود. تفاوت موتور جوش با برق اضطراری در این است که در برق اضطراری خروجی ولتاژ 220 ولت است چون ما می‌فولدم مثلاً با آن وسایل منزل را روشن کنیم اما در موتور جوش سیم پیچ ما در Collector ها طوری طراحی شده اند که خروجی مستقیماً ولتاژ مورد نیاز جوشکاری را به ما می‌دهد و میزان آمپر را هم می‌توانیم با تغییر در میزان ولتاژش یا میزان مصرف تغییر دهیم. خروجی موتور جوش هم می‌تواند D.C باشد و هم A.C اما در درون آن‌ها با هم نمی‌تواند باشد. جریان D.C البته ذاتی دارد که به سبب همین استیاریت اکثر خروجی موتور جوش‌ها D.C است. اما اگر لازم باشد در طراح اولی طوری تنظیم می‌کنند که خروجی A.C باشد اما مثل Rec. Trans. نیست که با زدن یک دکمه بتوانیم در دور داشته باشیم. همین طور در ورودی ما دیگر برق نیست بلکه سوخت است.

جریان مستقیم Straight current
تغییر قطب Reverse Polarity

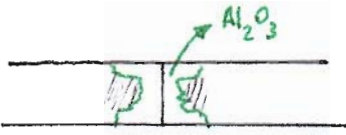
منابع Power Source ها: منبع توان محوره همان ترتیبی که در مدار تغذیه گذراند یعنی ترانس ساده از قسم از آن و موتور جوش نیز هم از آن است. معیار تغذیه که برای خرید دستگاه باید در نظر بگیریم استهلاک و نگهداری و دستگاه یا Maintenance است. ترانسفورماتورها قطعات کمتری دارند، قیمتش بد از آن ها که اگر کنیم همواره سعی میکنیم آن ها را سوزانیم تا بتوانیم تعویض کنیم. اما در مورد موتور جوش دوست من یک موتور اعتباری، شمع و بستون زغال، باتری، و رادیاتور... بلد که استهلاک و تعمیرات آن بیشتر است. از نقطه نظر دیگر میزان مصرف انرژی اعتبار دهنده است و یا رانندگی است. تلفات انرژی در ترانسفورماتور بیشتر مربوط به جریان نول است که در قسمتهای آن افتد که استخفا - جنبش لغت، عایق بندی و سیستم فنک کننده موتور است. برای Rec. Trans. علاوه بر جریان نول، قسمت Rectifier که جریان AC را به DC تبدیل می کند یک مقدار تلفات انرژی دارد معمولاً رانندگی در Rectifier حدود 40% است و عملاً باید برای آن سیستم خنک کننده در نظر گرفته شود. یعنی چه ما جوشکار باشیم چه ندهیم (چه قوس روشن باشد چه خاموش) قسمت Fan تا زمانی که دستگاه به برق متصل است، کار می کند. در دنیا هم تلفات انرژی داریم. در موتورهای اقیانوس هم کمترین رانندگی را داریم: سوخت ناقص که از انرژی خارج می شود، خنک کردن سلیندر و بستون و... یعنی تلفات انرژی.

اما همین موتور جوش که بیشتر استهلاک، بیشتر هزینه و کمترین رانندگی را دارد، یک اعتبار بزرگ دارد آن هم جابجایی است که دسترس، برقی نداریم. مثلاً جوشکاری که در مکانها نفت در وسط بیابان و یا سازه های فلزی ...

تفاوت بین جریان A.C و D.C :

- وایدیاری قوس میگزاز استیازات جریان D.C است. فرد تعویض قطب با قطب ناپایداری قوس می شود. فرد این پایدار است پس شعله ما را بهتر بتوانیم جوشکاری کنیم. جابجایی ما را با اکثر دها باریک و جریان های پایین بجای هم میزنیم با جریان D.C راحت تر کار می کنیم. جابجایی در ولتاژ بجای هم طوری قوس را کوتاه می کنیم در رسم (اصطلاحاً خنک کار کردن شد در جابجایی که جریان با زیاد باشد، طوری قوس را کوتاه می کنیم که امکان ورود هوا و ناخالصی کمتر شود) با جریان D.C راحت تر هستیم.
- شروع قوس با جریان D.C راحت است.
- در جوشکاری با اکثر دها برای جریان D.C کار کنیم، محدودیت اکثر دها نداریم. اما عکس آن درست نیست. البته ما هم در پیشرفت اکثر دها برای جابجایی میزنیم که با جریان A.C هم می توانیم کار کنیم. اما ما هم در بعضی اکثر دها بقدری قوس با جریان A.C ناپایدار است و اکثر دها کار می کنند که عملاً نمی توانیم با جریان A.C کار کنیم.
- در جریان D.C می توانیم Polarity را انتخاب کنیم. یعنی می توانیم D.C Electro Positive (DCEP) یا (DCEN) کار کنیم که آن ها Straight Polarity و Reverse Polarity نام می گیرند (قطب مثبت قطب منفی) استوار که سطح می شود این است که آیا ما در آن اکثر دها قطب مثبت یا منفی است؟ افتدات زیاد می تواند و جود داشته باشد: معمولاً در قطب مثبت جوار بیشتر است (همه اکثر دها با شد چه قطعه کار) چون حرکت اکثر دها در قطب منفی به طرف قطب مثبت است و بر فرد اکثر دها قطب مثبت باعث بوجود آمدن جوار در آن می شود، البته ما باید در جوشکاری با اکثر دها برای سینه جود این سینه جود هم ناپایدار اما در جوشکاری با اکثر دها نتوانستن بسیار حاصل است و هم باعث ذوب اکثر دها نتوانستن می شود.
- در مجموع هم منابع بین مورد Power Source ها و هم منابع نوع جریان AC و DC است که تعیین کننده نوع دستگاه جوش است.

Arc Cleaning (قدرت تیزکنندگی توست) :



پدیده ای است که هنگام DCEP باسه اتفاق می افتد

یعنی وقتی که الکترود به قطب مثبت متصل است: پوسته گامی اکسیدی روی سطح جوهرش که گاهی اوقات مانع عمل اتصال می شوند فرود آمده

و به کنار زدن می شوند و در فرزنداب می توانند در تمام شدن و اتصال برقرار شود. این پدیده در مورد الکترودهای نوپا و خیلی هم نیست اما در مورد Al و Zn اینها جوهرشکاری Ar با اکثر دقتی جنسی اخصیت دارد. مثلاً در قطب Al در تمام تمام و در جوهرشکاری انجام می دهیم. به هر دلیل یک پوسته اکسید آلومینوم شکل است روی سطح کار موجود است که باعث شود که Al ها زرد شده نتوانند در داخل تمام انجام شوند. یعنی ظاهر زرد انجام شده در جوهرشکاری صورت گرفته اما بعد از پایان کار پسینیم در قطب ابعث از تمام جدا می شوند. دقیقاً نگاه می کنیم به بینیم چون Al_2O_3 در یک اوقات مانع عمل اتصال شده. اما در DCEP است، باز هم این پوسته ها موجود است اما به علت پدیده Arc Cleaning خرد می شوند و به کنار زدن می شوند و عمل اتصال به خوبی انجام می شود دلیل آن باز مربوط به حرکت اکثر گام قطب مثبت است که باعث شکسته شدن پوسته می شود.

از طرف دیگر وقتی حرکت قطرات مذاب با حرکت اکثر گام ها در یک جهت باشد، انتقال قطرات آراسته و نرم تر انجام می شود یعنی از نظر Metal Transfer تمام در جایی که اکثر زرد می شود تفاوت ایجاد می شود. پس این تفاوت ها وقتی EP باشد بوجود می آید که این انتخاب را با وقتی داریم که جریان D.C باشد.

در مقابل یک اشتباه رایج در جریان A.C وجود دارد، آن این است که پدیده انحراف توست یا Arc Blow را در جریان A.C نداریم اما در جریان D.C داریم. یعنی در جریان D.C ممکن است در قطب مثبت حالت غنا طبعی ایجاد شود اما در جریان A.C چون دائماً قطب ها عوض می شوند حوزه غنا طبعی نمی تواند به صورت یک نیر در جذب کننده در یک جهت بیشتر باشد و باعث انحراف توست شود.

با توجه به این مقایسه ها به بینیم که در کارگاهها می گذری جوهرشکاری که بالاتر در سطحی در می نوید معمول انجام می شود، دستگاه جوهرش یک تراش ساده است. چون اکثر درها اکثر در رتلی است و فرقی نمی کند که جریان A.C باشد یا D.C است اما پسین کارگاه اکثر توسط پیراکنند و مجراهد در می سازه ها می ساختن کار کند در فدر کارگاه از همان تراش استفاده می کنند اما در تمام فرالند در محل ساختن این قطعات را در می تمام سوار کند از یک سو تر جوهرش استفاده می کند. اما در دستگاه جوهرش در کارگاه استفاده نمی کند. در کارگاهها تراشکاری معمولاً در تمام استفاده می کنند چون در مورد جوهرش و موادها زینت نزن دیده شده که لذت تراش نمی توان استفاده کرد چون جبهه اکثر در جهت جوهرش برد... اتفاق می افتد و بر اساس تجرب از تراش (جریان A.C) استفاده نمی کنند و در جریان D.C استفاده می کنند و یا از Rec یا از تمام استفاده می کنند. اما کارگاه در نتیجه سازه از Rect یا تمام استفاده نمی کند در نتیجه هر صیانت مهمی دارند.

نکته دیگر شکر است که زدن دستگاه جوهرش را فریدار می کنیم، ستم به میزان جریان مورد نیاز باید یک دستگاه استفاده کنیم یعنی لذت شکر ها ممکن است بعد از فرودش سبب نداشتن باشد. بعضی شرکت ها خدمات بعد از فرودش سبب دارند در نتیجه کیفیت دستگاه با بیشتر داشته باشند و وقتی از دستگاه فراب سرد به مایک دستگاه دیگر (دندان زدن) که دستگاه را تعمیر می کنند خط تولید را متوقف نشود.

نویزهای جوشکاری توسط باکترود دستی (SMAW و MMAW)

در اصطلاح عامیانه، آن جوشی برقی که هم می‌تواند (در صنعت) به‌دو نوع فرآیند جوشکاری دسته‌بندی شود، هم جوشکاری با الکترود دستی جوش برقی می‌تواند و هم جوشکاری اکسی استیلن جوش گاز می‌تواند (در صنعت) که فرآیندهای زیادی داریم که از آن‌ها برای جوشکاری استفاده می‌کنند و همین‌طور برای جوشکاری گاز هم به عنوان گاز محافظ و هم به عنوان Fuel Gas در دست نیست که از این اقسام استفاده کنیم.

این فرآیند (جوشکاری با الکترود دستی) نیز می‌تواند از جوشکاری با انرژی الکتریکی و جوشکاری توسط محافظت سوراخ است بهترین کاربرد جوشکاری در صنعت کشور ما به‌ویژه این فرآیند است از کارخانه‌های کوچک تا کارخانه‌های بزرگ و در جاهای غیر صنعتی است. این فرآیند هنوز هم حتی در کشورهای پیشرفته صنعتی انجام می‌شود و الکترودهای آن در حجم وسیع انجام می‌شود. البته امروزه فرآیند جوشکاری زیر پوشش و جوشکاری CO₂ جایگزین شده است. در گذشته جوشکاری با سیم لحق انجام می‌شد اما یک فرد سوئدی متوجه شد که اگر این سیم را درون آفتک مذاب ببریم یک نام آکسید می‌آید و جوشکاری راحت‌تر و با کیفیت بهتر انجام می‌شود. به همین دلیل بحث پرشس الکترود مطرح شد و ترکیبات پرشس.

حکماً در مورد این فرآیند در مورد روبروست: تجهیزات - مواد پرشس (الکترود) - نکات فنی - مزایا و محدودیت‌ها
 تجهیزات:

- دستگاه جوش (Power Source): در این فرآیند هر 4 نوع دستگاه می‌تواند استفاده می‌شود. Ampere Range یا در این فرآیند بین 50^A - 300^A است. در مورد همین خاصیت سلفی است دستگاه‌ها را به سیم که جریان 50^A نخواهد (برای الکترودهای پرشس) و یا بولارد همین داریم که فرآیندهای 300 یا 350 استفاده می‌شود.

D.C%	A.
30	350
60	380
100	250

نکته دیگری که در اینجا مطرح است Duty cycle (سکله‌تاری) است. ظاهر به‌صورت خرید دستگاه جوشی در این فرآیندها و کارهای هم در مورد استفاده بهینه از دستگاه (عمل مستقیم و استهلاک کمتر و استفاده درست از دستگاه) این سکه‌تاری می‌تواند که در واقع دستگاه این جدول جلب توجه می‌کند. جریان در اینجا D.C نیست چون برای D.C در صد معنی ندارد منظور از D.C Duty Cycle است. زمان عملی ما معمولاً حدود 12 تا 15 دقیقه است. اگر در این دستگاه جوش این جدول باشد، سلفی است مالک جوشکاری هم را به سیم وسیع با الکترود و بعد

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{تعداد زمان عملی جوشکاری}}{\text{زمان کل}} \times 100$$

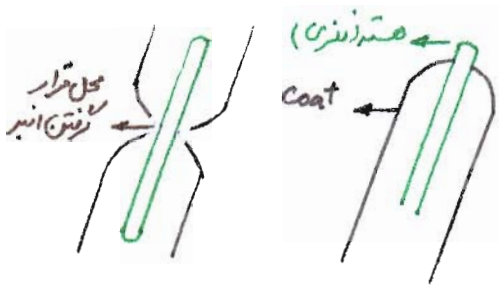
و بعد از یک ساعت می‌تواند از دستگاه در این 15 دقیقه کار با دستگاه مثلاً 10 دقیقه روشن بوده است. در حالی که باید مثلاً 4 دقیقه جوشکاری روشن بوده باشد و بقیه زمان صرف خنک شدن دستگاه می‌شود و دستگاه استراحت کند. دستگاهی که D.C 100% دارد هم باز هم باید در یک زمان کار می‌کند و خنک می‌شود تا به دستگاه فشار نیاید.

- سائل الکتریکی: وسایل از قبیل کامل، لوله، اسپر، برس، پیستول، ساکت، ... نیز اهمیت دارند. مثلاً در مورد ساکت که یک پیستول است و خیلی جنسی از انواع غیر برای چشم در دست را می‌گیرد باید بگوییم: همیشه این که استفاده می‌شود، ننگران (در حجم تاری) بر اساس نوع الکترود، میزان آلودگی فرآیند تغییر می‌کند که معمولاً به صورت شوره

SMAW = Shielded Metal Arc Welding

بمان شود، منفه ۳، منفه ۱۱ و ۱۲ که می توان در این نور عبوری، پیر بندارد. بعضی از آن ها پوششی از طلا یا نقره است و در این حالت آن ها می توانند بخش اعظم نور را بازتابان کنند تا از آسیب رساندن جلوه پیر شدن

۱۲] الکتورد:



ظواهر الکتورد در صورت بریدن می تواند باشد. از درختن هسته پوششی (Coat) تشکیل شده که هسته معمولاً فلزی است و پوشش با نقره رسد از مواد سرامیکی ساخته شده باشد. در هر دو مورد یک سختی لذ از الکتورد بدون پوشش است چون پوشش الکتورد عموماً جریان الکتریکی است و برای وارد کردن اینب باید این منطقه و هدر داشته باشد.

۸۴، ۱۱، ۲۵

حلب پنجم

نحوه ساخت الکتورد:

بطور کلی از ضد بخش تشکیل شده. این Mix کردن مواد اولیه پوششی الکتورد. این عمل در Mix خشک مواد اولیه آورده نقطه Mix انجام می دهند. در بخش دیگر گشس مییم است یعنی سختی با نظر کار که می فرزند می کنند با نظر نام برای الکتورد می رساند. در بخش سوم، Extrude یا Press انجام می دهند. در سیستم بلینچارد در این سیستم سینی در دین سیستم حلزونی. شل فرخ توشت مواد خمیر داخل سینی قرار می گیرد و تحت فشار از آن عبور می کند و خارج می شود. و بعد Bake - هسته الکتورد:

هسته از حیاتی خاصه در قطعه می رود دارد چون در این ندارد مقطع ۴ لوس یا ۶ لوس داشته باشد.

در ۹۵٪ موارد این هسته توپر است یعنی دقیقاً همان مییم یا فلزی می که در مواد خاصه هسته در وسط یک Tube است و در وسط آن سوراخهایی بین می شده قرار دارند یعنی در واقع Coated Wire است. در ظاهر هم پیرانیست یعنی هسته از مقطع هم بزرگ تر ظاهر می نیست سوراخها به وسیله سوزنی داخل آن را خاص مییم آنرا تحت سوزنی مییم که سیم تر نیست و Tube است. این الکتورد ها کاربردهای ویژه ای هم دارند همچون درز اینها را Hard Surfacing در سوب دارن (ایم های سخت) کاربرد دارد

هسته معمولاً بصورت فلزی است که قطر ۲ یا ۵ (یا 5.5) میلی متر دارد. معمولاً وقتی صحبت از Size الکتورد می شود منظور Size هسته الکتورد است. طول الکتورد هم چیزی بین ۲۵ تا ۶۰ سانتی متر است. معمولاً الکتورد های باریک طولشان کوتاه تر است و الکتورد های قطره طولی تر هستند. علت آن هم مربوط به تفاوت الکتریکی الکتورد است.

از نظر ترکیب شیمیایی هسته الکتورد در دسته فرود آهسته (دفعه) و غیره تقسیم بندی می شود.

- ۱۰ پی ۱۵٪ الکتورد های فولیدی، هسته غیر آهنی دارند. فلز غیر آهنی یکی از این موارد است: Al، و سایر های آن - Cu
- آلیاژ های آن - Ni و آلیاژ های آن. پس الکتورد در ندریم که هسته آن: آب شده یا Mg باشد.

الکتورد های هسته آهنی → فولاد های آلیاژی (Alloy Steel): شل انواع فولاد های زینت زن که ۱۰ تا ۱۵٪ هسته آهنی ها هستند فولاد ساده کم کربن تغییر (تغییر از حیاتی خاصه): شل فولاد های با این کمتر از ۰.۲٪ Mn < ۰.۵٪ Si ≈ ۰.۲٪

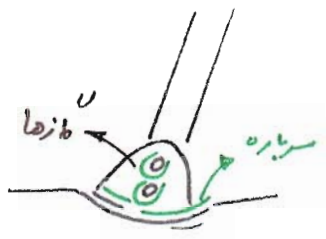
نوادها هم کمترین میزان لغزش در برهمنی می توان عمل کشش را بر روی آن ها انجام داد و در کارخانجات لقم و سایر صنایع
 به نظر کارامی خواهند بود. 2. مصلحت بر این است که در عملیات کشش را در آن انجام می دهند.

در مورد نوادها هم کم آلیاژ Low Alloy Steels و اینها کاربرد دارند یا غیر باید بگویم، ساده ترین است که عناصر آلیاژی
 این نوادها را در پروسه اکسید و کاربرد یعنی دائماً عنصر هفتاد و تغییر نمی دهند. چون نوادها هم آلیاژها فقط
 و کشنده هستند و کشش آن ها دشوار است. پس از آنکه است که چند درصد Mo و Cr را به جای آنکه در رسم کار برینند
 در پروسه کار برینند و نهایتاً نظر برین مورد نظر بودن عناصر را داشته باشند.

نتیجه ای که می توانیم بگیریم این است که اگر یک اکسید را بخواهیم از رویا کنیم، نمی توانیم از روی آن که از هفتاد آن در رسم اکسید
 خوب است یا نه بلکه باید حتماً با آن اکسید در جو شکار کنیم و بعد عوامل جو ش را از رویا کنیم تا بعد از آن اکسید در خود است
 یا نه. در مورد عوامل شکار نمی توانیم گفت راحت آزمون کشش قرار دهیم. بلکه باید خود جو ش را داشته کنیم.
 ترکیب سیلیسین در جو ش نقطه واسه Base Metal نیست، بلکه هفتاد اکسید در پروسه اکسید در سطح کار و شرایط جو ش تعیین کننده است.

پروسه اکسید:

در ابتدا نقش پروسه اکسید:



محافظت جو شکار از اکسید: وقتی فلز زرد می شود در اکسید اکسید
 قرار می گیرد و اکسیدها هم می دهند تا خراب است و در نتیجه باید به بعضی زرد را از اکسید
 دور نگه داریم. محافظت نه تنها در مورد جو شکار بلکه حتی برای نقره هم که در حال
 انتقال است باید انجام بگیرد. یک نام از پروسه اکسید در صورت سوزاننده بر روی این نقره هم

قرص می گیرد. این محافظت هم می تواند صورت بگیرد از سوزاننده انجام شود و کشش هم می تواند محافظت توسط گازها
 تولید می انجام شود که این گازها اکسید و از دست را در زرد می دارند. در بعضی از آنکه در جو شکار سوزاننده دیده می شود در بعضی گازها.
 باید ابروی قوس: در جو ش ترکیب اکسید در می بین شده که خیلی راحت یونیزه می شوند، راحت یونیزه شدن به
 آرام بودن قوس کمک می کند. نقش پروسه را در جو شکار می توانیم با یک آزمایش ساده لمس کنید. اگر یک اکسید
 را برداریم و کشش از پروسه آن را با جلیس از بین ببریم و شروع به جو شکار می کنیم، اگر جو ش خود را بر دست می کشیم
 ندادد شکر کش کنیم، رتیباً نشی باید ابروی قوس پروسه را می بینیم یعنی وقتی به دست می کشیم که پروسه ندارد با جو شکار
 لغزش دست یا اکسید به کار می چسبند یا قوس قطع می شود و خیلی با مهارت و استقامت می توانیم تست بدون پروسه
 را در کنیم و بعد به جفن آن تست وارد کردیم مجدداً جو شکار می نرم می شود.

همین وظیفه را بعضی اکسیدها هم بر عهده می آورند یعنی در آن زمان که برین زرد بر کیفیت درون اکسید.

لغزش مذاب (چرب ناخالص ها): پروسه اکسید در پشته نقش محافظت مذاب را دارد بلکه می تواند برخی از ناخالصی ها
 مثل کربن، فسفر و برخی از ترکیبات ناخالصه را هم از مذاب بیرون بکشد. به همین علت است که $Slag$ ناخالصی ها
 جو ش هم می کشند. این نقش از نظر مهندسی جو ش اهمیت زیادی دارد که ما می توانیم یک اکسید را داشته باشیم که جو ش کشنده
 با فواصل مطلوب داشته باشد.

کنترل سرعت سرد شدن: همان سوزاننده ای که در جو شکار می کشیم اگر آهسته سرد شود در سوزاننده
 این سوزاننده هم می کشد اما به قدر حال وقتی این جو ش را با جو ش محافظت شده با گاز

تغایر کمترین منبسطی که این جوشن آرام سردی شود. البته جوشن سریع سرد شود یا آرامتر کدام بهتر است را بعد از بحث خواهد فهمید که مضمون این است خواهی جوشن که سریعتر سرد شود متفاوت خواهد بود.

ه کنترل ترکیب شیمیایی جوشن: در عین آنکه برخی ناخالصیها توسط پوسشن اکتیو و از جوشن جدا می شود، در بعضی برخی از ترکیبات را هم از طریق پوسشن به جوشن افزایند کنیم مثل Nb (Niobium), V , Ti , Mo , Ni , Cr و ...

فردام از این عناصر می توانند تا اثرات مختلفی در ویسکوزیته و تعدادی نیز جوشن و فایزها را بوجود آورده اند آن را بسته به اینکه باید این را هم بنویسیم وقتی ما این عناصر را از طریق پوسشن اکتیو در آهن می کنیم ممکن است مقدار این هم با زیاد می شود یعنی مقدار آن از آن بترت باشد مثلاً اکسید شود یا بخار شود که ممکن دارد که هم عنصری باشد هم مقدار افزایند کنیم. مثلاً ممکن است بوسیله با زیاد می که کمتر از Ni است (از طریق پوسشن اکتیو در آهن شوند) چون احتمال اکسید شدن Cr بیشتر است. اما Cr با زیاد می بیشتر از Mg دارد چون Mg علاوه بر اکسید شدن ممکن است مقدار این هم بخار شود.

در تفاوت عمده سه سر باره در فرمولاسازی و سر باره جوشن وجود دارد: 1- در فرمولاسازی که از سر باره استفاده می کنیم بحث باید در این مورد برآید که مهم نیست اما در جوشن با زیاد می فرس باید تا این شود 2- در فرمولاسازی سر باره در حالت مذاب از فرمولاسازی جدا می شود اما در جوشن با زیاد می که سر باره سرد شود بعد سر باره را بعد از آنکه در بعضی اکتیو در آهن در جوشن جوشن سر باره آرام آرام شروع به جدا شدن از سطح کار می کند اما بعضی اکتیو در آهن باید به کمک برش و جوشن سر باره را بعد از آنکه این سطح بر روی فرمولاسازی سر باره در جوشن استقامت فریب انبساط جلدی آن با جوشن.

ه برخی مواقع خواص ریزشی از پوسشن اکتیو در آهن ظاهر می رود، مثلاً بهترین خواص سنگندگی پوسشن کم باشد یا اکتیو در آهن خواهد که خاصیت جذب بر روی آن کمتر باشد...

مواد که در پوسشن اکتیو در آهن کاربرد می شود: موادی که اینها بحث می کنیم بصورت General است به همین علت است که در همه همانند کنیم چون در همه مواد مختلف در اکتیو در آهن مختلف تفاوت است. از طرف دیگر بعضی اطلاعات در مورد مواد بصورت کلی در اینجا وجود دارد اما موادی هستند که بصورت جزئی افزایند می شوند و تا اینجاست حدی می نمانند که معمولاً اطلاعات مربوط به آن ها معمولاً موجود است در جایی منتشر نمی شود و در اینجا هم به این اطلاعات فکر است.

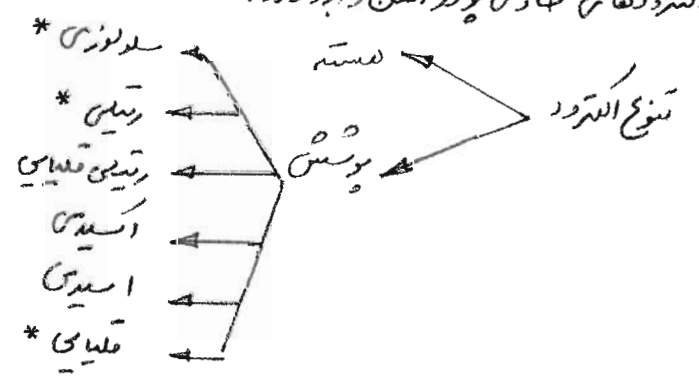
ه مواد گازها: موادی هستند در پوسشن اکتیو در آهن که فقط در جوشن ظاهر می شوند و تولید گازها می کنند که این گازها اکسید و ازت را از نظر درصد می دارند. بهترین این مواد، مواد سلولوزی هستند. یک نمونه از سلولوز غیر تاسی کاغذ است.

و یا حتی پودر چوب ... البته خاصیت اصلی مواد گازها همین است اما علاوه بر این یک مقدار خاصیت ضعیف و باستانی هم به پوسشن می دهند.

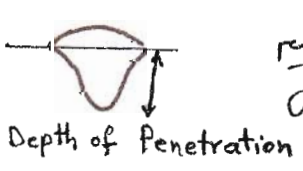
ه مواد سر باره ساز: این مواد CaO یا بیشتر سر باره را بوجود می آورند که عمدتاً Mineral هستند: SiO_2 , TiO_2 , MnO , CaF_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO ... اینها معمولاً بصورت ترکیبات Complex معرفی هستند مثلاً دولومیت، سیلیکات آهن، سیتز، میکا ... یکی از مسائلی که وجود دارد این است که به راحتی نمی توانیم پوسشن اکتیو در آهن را آنالیز کنیم و به این ترکیبات آن هستیم. چون با هر دو آنالیز می، پوسشن را آنالیز کنیم ترکیبات را به صورت Mg/Si ...

ه در حد و یا بصورت MgO/CaO در حد. در حد و یا آنها را بصورت Al_2O_3 خالص، SiO_2 خالص نمی خواهدیم با هم مخلوط کنیم بلکه بصورت ترکیب Complex می خواهدیم. مثلاً زانت و واس را آنالیز کنیم هر دو در کربن (C) هستند با وزن اتمی 12 اما نحوه ترکیب این اتمها آن ها متفاوت است. بعضی طور سیلیس و کوارتز یکی هستند اما از نظر ساختار Mineralogy با هم متفاوتند. TiO_2 روتیل یا بروتیل می گویند.

• **جیب:** مشخصاً ما فنر تولیدیم با آب فنر رویت کنیم و این مواد را هم جمع می‌کنیم! به همین علت که تصفیه آب استفاده
 می‌کنیم و به پوسش اکثر دوا استفاده می‌کنیم. جیب‌هایی که در پوسش‌ها استفاده می‌کنیم در اکثر دواها هم در اکثر از صیغ‌ها
 می‌آیند و یا جیب‌ها هم در دست‌ها بعداً سیلیکات سدیم و سیلیکات تیتانیوم است. نام دیگر سیلیکات سدیم
 Waterglass است (جیب سفید). سیلیکات سدیم و تیتانیوم علاوه بر اینکه نقش جیب دارند، چون‌ها هم سدیم
 و تیتانیوم آن نقش شوینده در کانال یونیزه شده دارد چون راحت یونیزه می‌شود و کمک می‌کند به پایداری قوس.
 • مواد اکسیدان زدا (Deoxidizer): وظیفه آن‌ها جذب اکسید و بعضاً نیتروژن است. یعنی هنگامی که هر دو اکسید
 اکسیدان وارد مذاب می‌شود سیلیسیم و نیتروژن (معمولاً نیتروژن) با اکسیدان راکتیوی دارند و بعضاً
 SiO_2 و MnO_2 خارج می‌شود. در پوسش اکثر دواها هم همین خاصیت است از عناصر اکسیدان زدایی جیبی قوس مثل Mg ، Ti و
 Al استفاده می‌شود که خیلی تعداد کم نیست. بلکه همان فروسیلیسیم در زدایی نیتروژن اول هستند.
 علاوه بر اینها مواد دیگری هم هستند که بعضاً اکثر دواها اضافه می‌کنند مثل پودر آهن و ترکیبات فروآلیاژها مثل فروکروم، فرونیکل
 فرو وانادیوم و فرو تیتانیوم که در اکثر دواها با فلوئور و نیتروژن در مواد هم کار می‌کنند. پودر آهن در پوسش اکثر دواها کمک
 می‌کند که **Deposition Rate** (سرعت رسوب) بالا برود. یعنی در جاهایی که حجم جوشگاه کم است و سرعت زیاد
 لازم داریم به سزای اکثر دواها با پودر آهن با هم می‌زنیم. میزان پودر آهن در پوسش از 5% شروع می‌شود و تا 30% هم می‌رسد
 اکثر دواها افزایش می‌یابد. این اکثر دواها معروف هستند به **Heavy** یا اکثر دواها هم پوسش‌ها سنگین که کمک می‌کند
 به این‌ها با آلیاژ با هم بتوانیم کار کنیم، هم قوس‌ها هم می‌شود اما بعداً **Deposition Rate** اصعبت دارد. البته محدودیت‌ها هم هم برای
 اکثر دواها هم چارون پودر آهن وجود دارد.



- تنوع اکسیدان‌ها از یک منظر مربوط به هسته آن‌ها است. مثلاً اکسیدان کربنیک، اکسیدان نیتروژن، اکسیدان فلوئور و نیتروژن و...
 - تنوع از نظر پوسش به هم می‌آید. خواص دواها هم تنوع اکسیدان‌ها هم مربوط به ترکیبات پوسش‌ها است
 - 48% اکثر دواها هم در صنعت کار می‌شوند که از انواع سلولوزی، رئیزی و قلیایی هستند و اینها در پوسش‌ها هم می‌زنیم
 - اکثر دواها هم سلولوزی:
 • عده ترکیب پوسش این اکثر دواها ترکیبات سلولوزی است و با توجه به یک مولد گازها می‌توانیم حدس بزنیم که در اکثر دواها
 این مواد هم زیاد می‌کارند و تولید می‌شود، سر به سر ناز می‌دارند.
 • مهم‌ترین فنور جوش وادارند (شعله اصلی کار بر آن‌ها). اگر در سطح صاف جوش می‌زنیم
 عمق فنور بصورت شکلی می‌ماند که عمق فنور هم با اهمیت زیاد می‌دارد (عمق فنور هم با اهمیت زیاد می‌دارد)
 دارد (عمق فنور) عوامل زیادی در عمق فنور اثر دارد، یکی از آن‌ها



⑤ عمق فنور که در واحد زمان رسوب دارد می‌شود

چگانه جریان است که در این نیروی پلاسمای با تیرندار است. اکثر دو پوسن اکثر دو هم در طبق جوشی سوخته است. حتی در جوشکاری سنتی به اکثر دوهای سلولزی اکثر دوهای نئوزی " می گویند. در بسیاری از موارد در پاس اول (پاسین و سیم) از اکثر دو سلولزی استفاده می کنند. امروزه در صنعت Tubbing و Pipping در مولد صنعت نفت بخش مهمی از اکثر دوهای سلولزی استفاده می شود که چند دلیل دارد. یکی از دلایل آن فنز جوشی است. دلیل دیگر آن این است که تغییر کردن سرباره در طبق جوشی مشکل است یعنی آنکه پوسن یا سنت اگر غیر اندک داخل برود سرباره را تغییر ندهد و اینجاست که اکثر دو اما این اکثر دوهای سلولزی سرباره بسیار کم زبانی دارند که سرباره در پاس بعدی از زوب بیرون بیاید.

• جابجایی که با مشکل Hydrogen Embrittlement (ترانس تیرندار) روبرو هستیم، استفاده از اکثر دو سلولزی با تردید است.

- اکثر دو رقیبی:

• ۷۵٪ از صرف اکثر دو در اکثر دو رقیبی است. تمام کارخانه های تولید اکثر دو تولید می کنند شروع کارشان با اکثر دو رقیبی است و بعد از آنکه کارشان توسعه پیدا کرد به سراغ تولید اکثر دوهای قلیایی یا سلولزی می روند.

• شعله آن ها وجود حدود ۴۵ تا ۵۵٪ TiO_2 در ترکیب پوسن آن ها است. البته چیزی حدود ۶ تا ۷٪ هم سلولزی دارند اما منقش اصلی TiO_2 است. البته SiO_2 هم دارند

• شعله کاربرد آن: سهولت کاربرد است. یعنی جریان A.C یا D.C، جریک کار با هر یک هم خوب؛ سرباره راحت جدا می شود و سطح جوش تمیز کار بردگانه دارند. اما استحکام جوش جلیبی خوبی ندارد

• ترکیبات آلیاژی نمی توانیم به پوسن آن ها اضافه کنیم چون عمده آلیاژس جلیبی راحت با ترکیبات داخل پوسن واکنش می دهند و به عبارتی بازایس خوبی ندارند.

• فنز متوسط دارند. در جاهایی غیر هندسی، در دینچه سازی در جاهایی که به آن محل جوش نیست بیست و بیست و نه تقاضا برای اکثر دوها رقیبی است

- اکثر دوهای قلیایی:

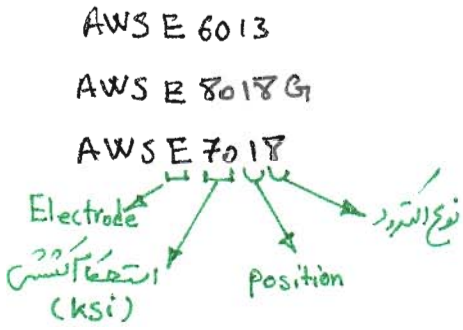
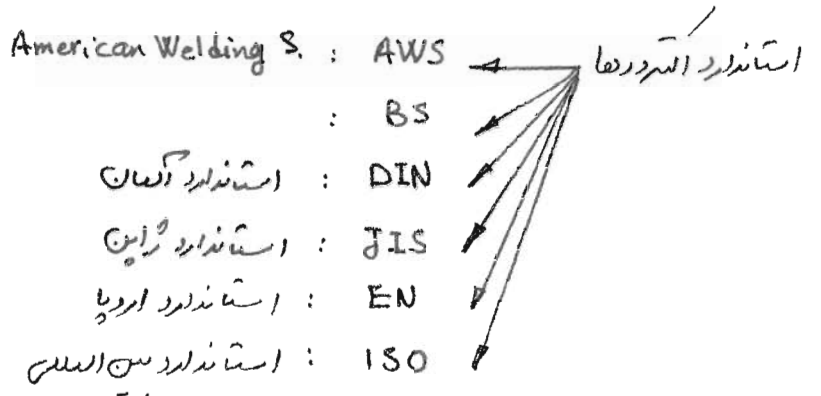
• ترکیبات این اکثر دوها بیست و یکدهه است که حالت قلیایی دارند مثل CaO ، MgO و مقدار هم CaF_2 بدون مواد دارد

• اکثر دوهای قلیایی سهولت کاربرد ندارند. در جلیبی جابجا تر صیقا باید از جریان D.C استفاده شود و بسیاری از موارد اکثر دوهای قلیایی را با ترانس نمی توانیم جریک کنیم و از سوار در می است که معمولاً تو ذوق جوشکاری می زند!

• بهترین خواص جوشی از اکثر دوهای قلیایی انتظار داریم. یعنی به محض آنکه خبر اهمیت عمده آلیاژس به پوسن اضافه کنیم که دلد جوشی شود استحکام آن با ما برود (مثل Cr یا Ni) به سراغ این اکثر دوهای رقیبی. دلیل آن هم این است که اکسیدهای مثل CaO و MgO به راحتی نمی توانند با این فلز آلیاژس احیا شوند. چون اکسیدهای بسیار پایداری هستند از طرفی فلز آلیاژس هم علت سرباره قلیایی که ایجاد می کنند بهتر است نور زداری و فنز زاری را می توانند انجام دهند.

• اکثر دو کارهای هندسی در صنعت و در جاهایی که به فولدیم فولادها می خورند با سیم (فولادها خسته) عمدتاً باید از اکثر دوهای قلیایی استفاده کنیم

• نقطه ضعف اکثر دوهای قلیایی، جاذب الرطوبه بودن آن ها است. نگهداری این اکثر دوها اهمیت دارد. در سیم تنزی آن ها باید این مورد را در نظر بگیریم.



در این استاندارد ها، الکترودها را با یک حرف و اعداد مشخص می کنند که نوع الکترود و زمان کار کردن آن قرار دارد.

- در رقم اول بعد از حرف E در استاندارد AWS نشان دهنده استحکام کششی جویس بر حسب Ksi

- رقم بعدی که معمولاً 1 یا 2 یا 3 است خواص فیزیکی و مکانیکی و ایندکس الکترود در هر Position خاص می تواند یکباره شود و نشان می دهد.

- رقم بعدی نوع الکترود است که معمولاً عددی بین 0 تا 9 است.

- خاصیت بعد از اعداد حرفی هم می آید که نامیده به کیفیت الکترود، toughness تعیین می کند: CI/B2/LC/LH/M/G

خوبی اوقات بر اساس عاده بر کشش، toughness تعیین دارد مثلاً رقم باید 60- تا 80 باشد به همراه 27 دانسته به هم (الترودها) میهند اعداد Position:

- 1: در تمام Position ها می توان از الکترود استفاده کرد
- 2: فقط در حالت تحت دافعه می توان استفاده کرد (الترودها می توانند استفاده کنند)
- 3: فقط در حالت تحت کشش می توان استفاده کرد (الترودها می توانند استفاده کنند)

نوع اعداد نوع الکترود:

- 0: الکترود سلولزی
- 6, 8: قلیایی
- 3, 4: رقیق

نوع حرف toughness:

- Low Hydrogen : LH
- Low Carbon : LC
- حداقل برخی عناصر آلیاژی : G
- مقدار Mo دارد : M

• با الکترود 7013 یا 8013 داریم یعنی الکترودها با رقیق (3) چنین استحکام ندارند. اما الکترودها با سلولزی تا 80 Ksi هم داریم اما وقتی با 80 داریم مثلاً 90 تا 120 Ksi فقط الکترود قلیایی داریم یعنی E 12016 داریم که استحکام کششی با 80 داریم.

نحوه نگهداری یا حمل و نقل اکسژن (نامحدود):

در کارخان حمل و نقل اکسژن باید جریس خالص مطلوب داشته باشد، لازم است قبل از هر سفاری از سلامت اکسژن اطمینان حاصل کنیم. اکسژن در تمام مراحل مختلف می تواند نامرکز شود در این صورت احتیاطاتی که از جریس ورودی تأمین نمی شوند نامرکز اکسژن در این مکان نیست که حتما باید آن اکسژن در انداخته شود بلکه ممکن است آن اکسژن در جریس دیگری که جریس اصلی با این تدارک کار برده شود. اکسژن در شکل گاه زیر می تواند نامرکز شود:

۱- رطوبت:

- رطوبت بصورت مستقیم یا غیر مستقیم می تواند باعث نامرکز اکسژن شود مثلا اکسژن در سیستم بندی آن ممکن دارد می تواند در مرور زمان از هوا رطوبت جذب کند و یا اینکه بصورت مستقیم اکسژن در در فیلتر جریس یا در معرض باران و برف قرار می گیرد و می تواند نامرکز شود

- میزان جذب رطوبت در اکسژن در تمام تفاوت است. این الزاماتی در صنعت باید توجه داشته باشیم این است که اکسژن در هر قدر جاذب رطوبت است و چقدر جریس رطوبت است. گاهی در سیستم بندی اکسژن در فیلتر شده. اکسژن در تمام شکل مواد غذایی ممکن است بصورت فله ای در بازار با سردی بصورت vacuum شده. گاهی در اکسژن در تاریخ انقضای قید می شود و یا نوشته می شود پس از باز کردن باید در oven با درجه حرارت مشخص نگهداری شود و پس از ۱۲ ساعت در معرض هوا نباید قرار گیرد. این اکسژن در تمامها هم میزان جاذب رطوبت برزنیسان بسته است و هم در بعضی رطوبتستان کمتر.

- اکسژن در تمام تلیاسی در جریس اکسژن در تمام تلیاسی Grade یا خاص تر است (نسبت به اکسژن در تمام تلیاسی یا سلولزی) مثلا در مورد اکسژن E7018 ممکن است تا حدودی بتوانیم یک رطوبت را نامرکز کنیم اما اکسژن E12018 یک رطوبت بسیار کم است که در جریس L-H در اکثرها می توانیم آن را کم شود (Low Hydrogen)

- عوامل رطوبت اکسژن:

- پائین: یعنی نفوذ استفا، جریس در تمام زیاد را کاهش می دهد
- تخلخل (porosity): یعنی جریس در تمام عذوقه های قازمی می شود (اصطلاح صنعتی: کومومی شود!) عذوقه ها در تمام در سطح جریس نیستند که ما از ظاهر جریس بتوانیم متوجه شویم، بلکه در داخل جریس هم موجود می آید
- تدریس نگهداری: تدریس نامرکز از تدریس که از تجربه رطوبت موجود می آید مسئله ای که از دو عذوقه قبلی جریس است که می تواند فاکتور موجب تولید جریس در Heat affected Zone (ناحیه کار جریس) هم بشود. چون تدریس عذوقه ای است که بر اساس منطقه جریس می تواند فرج شود و نوعی مجاور را دچار مشکل کند.

در تمام اکسژن در تمام Grade با معمولاً برای نولادها استفاده می کنند (High Strength Steel) مورد استفاده قرار می گیرد این نولادها اکسژن با شکل تولید می خواهند بنابراین باید در مورد آن ها هم بسته بندی رطوبت اکسژن در تمام رعایت کنیم.

- کاهش رطوبت اکسژن:

گاهی از درون ظاهر اکسژن در تمام جریس تفت ها در تمام و جریس می توانیم کاهش دهیم
• مثلا بعضی اکسژن در تمام رطوبت جذب می کند حالت قبله شدن یا یک زرد بیاد می کند (مثل لچ غنسی شده)

• بعضی اکترودها وقتی رطوبت جذب می کنند، پوشش آن ها خود پس را اول می کشند یعنی وقتی آن را هم می کشیم پوشش
 بعد از آن جدا می شود و حتی زیر پوشش را هم می توانیم ببینیم
 • عموماً کارهایی با حجم حتی از جدا می برود اکترودها به هم تکیه می کنند یعنی در بعضی موارد اکترود رطوبت جذب کرده یا اخیر
 شد اکترودها از هم جدا می شوند و با هم تکیه می کنند و این تکیه می تواند موجب آسیب به پوشش یا حتی جدا می برود
 اکترودها شود. این تکیه در اکثر برزورد لیزر و خاک بلند شود یا نشود...

• البته دستورالعمل خاصی استاندارد برای تعیین وجود دارد: هند اکترود را بصورت Random انتخاب می کنیم
 پوشش آن ها را جدا می کنیم بعد وزن می کشیم بعد بدون دستفاه با رطوبت حدود 100 تا 150 درصد حرارت
 می دهیم (اختلاف وزن را در اینجا اندازه نمی گیریم) بلکه بعد از خشک و عبور می دهیم این جدا می برود می توانیم
 جدا می - آن رطوبت را می شود. از روی اختلاف وزن این می توانیم رطوبت را اندازه گیری کنیم. یعنی
 صرفاً با وزن کردن در حالت خشک نمی توانیم میزان رطوبت را اندازه گیری کنیم. چون در اکثر
 خشک کردن هم ممکن است ترکیبات دیگری اضافه می شود که ما به هم رطوبت می نزنیم و هم ممکن است
 اکسیرن وارد می شود و بعضی ترکیبات را اکسید می کند که کانس یا افزایش وزن را موجب می شود. ممکن است برای
 شست و شوی همین کار می کشیم اما برای پوشش اکترود نمی توانیم و حتماً باید از روی دستورالعمل استاندارد در همه
 دقیق رطوبت را اندازه گیری کنیم.

• وقتی هم در رطوبت را تعیین می کنیم می توانیم سریعاً بوسیله اکترودها جدا می کنند البته بسته به نوع اکترود و جدا می
 رطوبت محدودیت کاربرد رطوبت تعیین می کنیم. مثلاً اکترود سلولوزی تا حدود رطوبت رانته باشد مهم نیست و یا حتی
 باید به یک میزان رطوبت هم داشته باشد. اما یک اکترود پلیمری Grade ۷۰۰ حتی اگر ۰۵٪ هم رطوبت داشته باشد
 قابل استفاده در کارهایی خاص نیست.

- آیا اکترودی که رطوبت است را می توانیم هم جدا کنیم؟
 با توجه به نوع اکترود و میزان رطوبت آن ممکن است بتوانیم اکترود را هم جدا کنیم و استفاده کنیم یا نتوانیم.
 • اکترودها می سلولوزی را اجازه خشک کردن نداریم. چون پوشش که دارد بلورینه است که اگر بخواهیم از ۱۰۰
 یا ۱۵۰ خشک کنیم در واقعیت می سوزد

• اکترودهایی که در پوشش آن بود اکسیرن است ممکن است به هم رطوبت جذب کند که حتی رطوبت پس از آن هم بلورین
 شود. یعنی بود اکسیرن اکسید می شود حتی هسته آن هم ممکن است اگر رزین زدنی داشته باشد این اکترودها خشک
 کردن مسلماً قابل استفاده نمی شود.

2 - سگسته شدن اکترود:
 وقتی صحبت از سگسته شدن اکترود می شود مسلماً منظور سگسته شدن پوشش اکترود است که عمدتاً حالت سوراخ
 دارد که در حین عمل رزین می تواند سگسته شود. پوشش اکترود در صورت سگسته می شود:
 - کاهش سگسته شدن طوری است که حتی تکه هایی از پوشش اکترود می ریزد و گاهی هم طوری است که پوشش نرغشته
 در کارهایی حساس که باید همیشگی را با همسنگ می کشیم (رایزرز و Ultrasonic سوز) از اکترودها می کشیم
 سگسته استفاده نمی کنیم چون در هر دو حالت مشکل ایجاد می شود. اکترودهایی که بخشی از پوشش آن ریخته،

در آن صورت که در تمام اجزای سیستم، خصوصاً در نقاط پرستش، در آن ناهمه تا بین نفس شود
 در پایداری، قوس و تقصیر مذاب و ترتیب شیبها (دریا نالین انجام می شود). اکثر درهای که شکسته شده اند
 اما پوشش نریخته، چون کمتر در فنر است و در اثر حرارت منبسط می شود و پوشش سادگی است و انبساط
 زیاد می ندارد، لذا وقتی به آن نقطه می رسم ضمن راحت پوشش شکسته شده کندی می شود و می ریزد بدون عرق
 مذاب و هیچ تقصیر نیست که تا آن ذره شود و با با باید، ممکن است بخشی از در همین اتحاد درون مذاب محسوس
 شود و عیناً با وجود آن که در آن Slag Inruptment (ناخالصی ناشی از داخل جوش) می تولید. عیناً
 آنکه حل می شود شکسته است در وسط فنر و وجود دارد که خواص سرد نظر را بر آورده نمی کند.

- اکثر درهایی که پوشش آن ها شکسته یا خرد شده در جاهایی که خواص جوشی اکتیو زیاد می ندارد ممکن است با خوردن
 حالت وقتی به بندگی اکثر درون نگاه می کنیم با هم نظر می آید و ضعف نیست که فدر این همان دارد شده یا شده
 اما خورد اکثر در را از نگاه کنیم در این ترک های زیاد است که این می تواند ناشی از نحوه ساخت اکثر در یا تحت
 شک کردن اکثر در باشد که مربوط به سازنده است و می توانیم بر گردانیم.

3 - جری:

- این مورد کمتر پیش می آید. ممکن است جری، زنگ و یا خوردگی ناشی از خوردگی اکسید در دست باشد. لذا
 نفت یا فایوویل در آن رخت می شود / هوای سرد که وقت ندارد با دست جری اکثر در را تمیز / در کاره دره، دست
 یا جری باشد... این عمل لغیم می تواند عوارضی بسازد، عوارضی را طریقت داشته باشد:
- اکثر در جری می تواند به نظر بی پوشش بیشتر در عین جوش شود. تحمل بیشتر و ترکیب می بوجود آید. غیر از مسدود
 نگه درون، چون جری می تواند ایجاد می کند، وجود جری در جوش می تواند به نظر سردی و ترکیب می شود.
- همچنین رطوبتی که روی اکثر در وجود دارد در عین جوش می خورد با جری و خوردگی های دیگر اکسید دارد و می تواند
 منظر به خوردگی های تنفسی و غیر تنفسی برای جوشکار شود.
- در جاهایی که میزان کربن در فولاد مهم است سلفید جری می شود و فولادها ساختارنی (Structural St)
 میزان کربن آن ها 0.2% است و فولادها زینت زن یا Stainless Steels مخصوص فولادها زینت زن
 آکسیژن 0.05% دارند. فولادها فایوایل آکسید کربن از 20% سلفید 0.18% چنان هم نیست اما
 فولادها زینت زن در کفیت آنها از 0.05% به 0.08% برسد مشکل ساز می شوند. چون فولادها 0.05% یا
 دارند میزان جری کم می دارند اما فولادها 0.08% تا 0.1% دارند برآورد از جری، کربن جذب می کنند.
 بنابراین در کارها حساس نباید از اکثر درها جری یا آلوده استفاده کنیم.

4 -

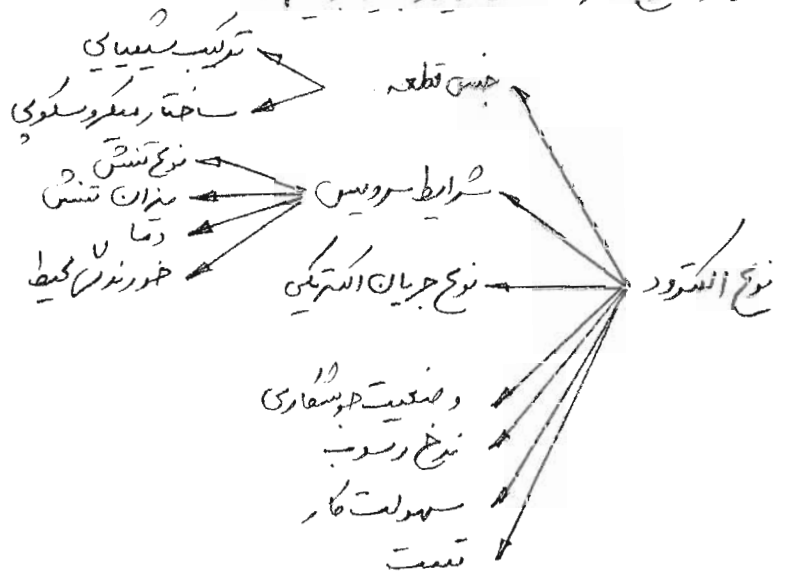
- 4 - ^u فولاد در مورد اکثر درها u Grade، در شروع جوشکاری اکسید جری جدید در جوشکاری می کند و
 اکثر درها از کار جدا کند که معمولاً در این مورد در جوشکاری اکسید و غلطی منوطاً نمی شود و نهایتاً جوش می شود
 اینها را از اکثر درها جدا کند که در این ناهمه ها هم اکثر درها جدا می شود و بعد از آن سرد می شود یا فایوویل
 نه کار جدا می شود. این اکثر در فیم سوز شده است و بهتر است برای کارهای حساس از آن استفاده نکنیم چون
 در حدود 400 یا 500 درجه و برخی از ترکیبات پوشش اکسید شده و جوش ما خواص سرد نظر را نخواهد داشت.

: Electrode Selection

ساختن چکان الکترود در ساختن شده که برای فوندی در هر شرایطی کاربرد داشته باشد. شرط لازم برای انتخاب هر یک از این روشها را داشته باشیم این است که الکترود مناسب انتخاب کنیم اما این شرط کافی نیست. چون بهترین الکترود، بهترین جریان، سرعت جوشکاری و... درست نباشد یعنی توان جوش مناسب است. مهارت جوشکار در دستورالعمل جوشکاری هم اهمیت بالایی دارد. در دستورالعمل جوشکاری یا W.P.S (Welding Process Specification) نوع الکترود نیز از جریان و ولتاژ مشخص میشود و مشخص کرده است. البته قبل از همه این مسائل باید مطمئن شویم که نوع فرآیند را درست انتخاب کرده ایم یا نه آیا باید عمیقاً جوشکاری با الکترود دستی انجام دهیم یا جوشکاری با فرآیند دستی مناسب کار ماست. وقتی مطمئن شویم که می توانیم جوشکاری با الکترود دستی انجام دهیم باید جوشکاری با مهارت کافی انتخاب کنیم همچنین با توجه به دستورالعمل جوشکاری در چند پاس می توانیم جوش دهیم، چه آبی با جوشکاری در هر شکل گرم و سرد شدنی ما را به جوش مطلوب من رساند (شرایط کافی را هم فراهم می کنیم).

برای انتخاب الکترود، اطلاعاتی را باید به عنوان صورت مسئله داشته باشیم. برای انتخاب الکترود باید نوع الکترود و سایر الکترود را مشخص کنیم (مقدار الکترود در اینجا بیان نمی شود، مقدار الکترود در جزء مسائل طراحی است)

۱- در مورد نوع الکترود مسائل زیر را باید بدانیم:



آیا جنس قطعه باید جنس الکترودش باشد یا خیر؟ در اکثر مواقع بعد از افزودن مستقلاً از این دو داریم.

- در مورد جوش، الکترود جنس جوشکار می باشد، بلکه برای جوشکاری جوش از الکترود باید شکل استفاده می کنیم
- در جایی که عملیات Surfacing انجام می دهیم بعداً جنس الکترود با جنس قطعه یکی نیست چون می توانیم روی سطح نام این با خواص متفاوت ایجاد کنیم
- ترکیب شیمیایی قطعه بسیار مهم است. اگر فرآیند دست در صحنه قرار می دهیم آن لحاظ است.
- ساختار میکروسکوپی قطعه علاوه بر آن ترکیب شیمیایی آن هم است. معمولاً جوشکاری قطعات مختلف مثل تر از قطعات کار شده است (با آنالیز میکس). در قطعه کار شده با ترکیب شیمیایی یکسان لایه می توانستند متفاوت باشند. جوشکاری قطعه Quench شده شکل تر از قطعه Anneal شده است یا قطعه ای که آرام سرد شده. از روی قطعه این کرمات شده با شش یا کالوئینه شده باشد جوشکاری آن با تفاوت خواهد بود. ساختار

مطرح می‌شود. طبق این اطلاعات، در اعتبار با قرار می‌دهد. این اطلاعات را از زمان تست قبل از فروردین، نمودار تهیه کنیم تا بتوانیم از آن نیز به نفعی از فروردین بهره‌مانی طبق نمودار کنیم و بعد برابر جوشکاری اقدام کنیم.

شرایط سرویس: از جوشکاری این طبق هم استفاده داریم و در زمان جوشکاری هم طبق. ما هم می‌فهمیم تفاوت در برابر با سس و استحکام با آن داشته باشد. ما هم می‌فهمیم قابلیت ما هم کار می‌خوریم داشته باشد (سختی پایین) ما هم تفاوت در جوشکاری در این اطلاعات را نیز داریم:

نوع تست: تست که به نظر می‌آورد می‌شود می‌تواند امتحان یا ریپتس باشد، گسیس فشاری یا برش باشد.

راحتترین زمانه ترین تست یک طبق می‌تواند گسیس باشد (گسیس فشاری یا برش) است (از تست‌های ریپتس باشد و طبقه تجزیه می‌شود مثل جوش با تیک که جوش یا تیرن را هم فرود می‌کند)

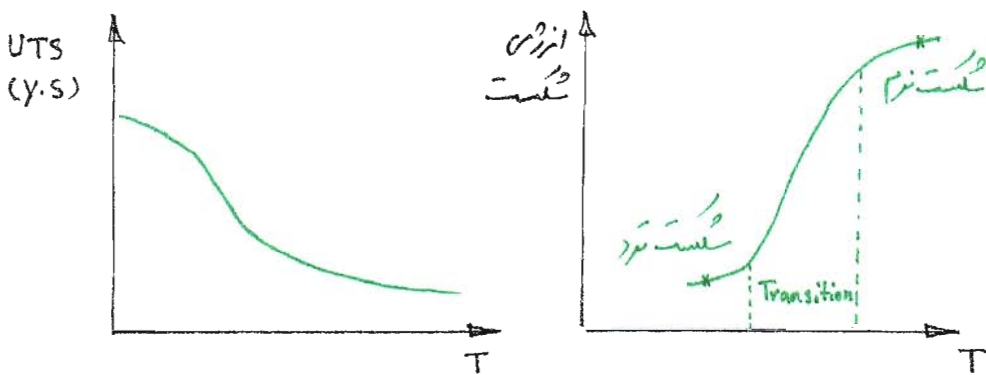
بهترین تستی که می‌تواند یک ماده دارد شود تستی به هم می‌ریختن است که طبقه‌های زیاد در ما هم کارات جوشکاری تحت این نوع تست قرار دارند. ما هم در صنعت به سبب این طبقه‌ها را نسبت زودتر از آن توجه کنیم به سبب این نسبت زمان برای وقت ابعاد نیست در برابر ریپتس هم نیست. بلکه برای این است که از نظر گسیس که جوشکاری می‌شود از این بپزند.

مقدار تست: گفتیم که در اکثر موارد E6013 یا E7013، ابعاد 60 و 70 استحکام گسیس اکثر در نشان می‌دهد که در حقیقت استحکام گسیس امتحان است نه ریپتس. جاها اگر ما جوشکاری می‌کنیم که میزان تست برش دارد جوش $\sigma = 60 \text{ ksi}$ است گسیس می‌توانیم اکثر در E6013 را انتخاب کنیم. چون طبقه استحکام برش کمتر از استحکام گسیس است بنابراین جوش باید از اکثر در E80 به بالا استفاده کنیم. علاوه بر این از تست‌ها ریپتس می‌تواند باز باید استحکام بالاتری بکار ببریم.

آیا اگر سس را کنیم که اکثر در E70 انتخاب کنیم یا E80 می‌توانیم اکثر در Grade با (برای اطمینان جوش Grade با سس) انتخاب کنیم؟ خیر چون اولاً از نظر استحکام به هم نمی‌نویسد. اکثر در Grade با سس را سس از طرف برش Grade اکثر در با سس رود جوشکاری آن شکل تری شود و از طرف دیگر سس در آن هم دستورات است و یک ما سس اکثر در سبب سس می‌تواند کند. بنابراین در این مورد باید که E70 مناسب است از E90 استفاده کنیم. حتی ما هم از نظر فنی هم با شکل جوشکاری می‌شود.

دما: در جوشکاری تست 60ksi اعلان می‌شود؟ ما معمولاً استحکام را در آزمون‌ها در دمای اتاق اندازه می‌گیریم. اما می‌دانیم استحکام فلزات در دماها بالاتر یا پایین‌تر است. فراد معده می‌تواند است در دما 700 استحکام سس نصف شود اما فراد در دما 0.7 شود. این نوع در دما با ما می‌تواند مناسب باشد.

با زایش دما معمولاً UTS و Y.S انت کاهش هم افزایش در Elongation داریم. به همین دلیل است

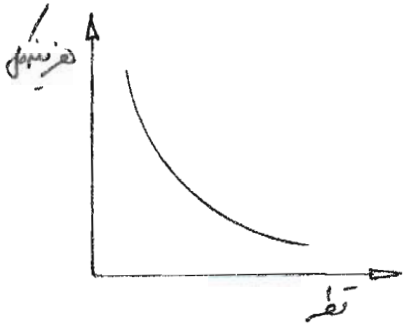


که معمولاً فرکانس‌ها می‌شود در دماها با افزایش دما می‌دهند. سس با ما می‌تواند آلیاژ جوش باید تست برش 60ksi را در دما 500 تحمل کند. می‌توانیم در آلیاژها مختلف فرود می‌رود

که نرخ رسوب بیشتر و دارد کار سریعتر پیش می رود.
 - سهولت کار: این عامل در تمام شرایط حفظ همان در نظر می گیریم.
 - قیمت:

2- ساینه آنتود:

عموماً هر چقدر قطره دارد با بالاترین ساینه آنتود کار کند. هر چه آنتود قطرتر باشد کار سریعتر پیش می رود مخصوصاً اگر کار بسیار کاری باشد. آنتود قطرتر آنتود باتری می آید و کار سریعتر پیش می رود. معمولاً آنتود از



فرشته کل هر چقدری چوب قطره آنتود در بیشتر صورت در بر است:
 یعنی هر چند خود آنتود در قطره با آن میزان بر است اما وقتی کل فرشته تمام است و جابجایی در نظر می گیریم می بینیم که فرشته کل پرورده کاتدس می آید. در مجموع برای انتخاب ساینه آنتود باید عوامل زیر را در نظر بگیریم (محدودیت ها):

- فضای قطعه
 - طرح اتصال
 - وضعیت جوشکاری
 - مهارت و چابکی
- ساینه آنتود

- فضای قطعه: قطعه ای که نازک است رانسی توانیم با آنتود قطر جوش دسیم. مثلاً اگر فضای ورق 3mm باشد با آنتود 4 یا 4.5 و آنتود 180 اگر جوش دسیم جوشکاری کنیم با شکل مواج دسیم یا زب می بریزد یا ورق سرداخ می شود (یعنی عملاً با حرکت سریعتر دست نمی توانیم جبران کنیم) بنا بر این نباید قطر آنتود از فضای قطعه دسیم بیشتر باشد. مثلاً برای ورق با فضای 3mm، آنتود 2، 4.5 یا 5mm آنتود 3 این نهایتاً می توان استفاده کرد.

- طرح اتصال: قطعه ای که فضای زیاد دارد و مجبور هستیم فرج نازکی کنیم. بعد از فرج سازی اولی پاسی که می خواهم جوش دسیم پاسی ریشه (Root Pass) را باید با آنتود نازک جوش دسیم. چون آنتود در فضای باریک جابجایی مانور زیاد ندارد، حجم جوش هم جوشی را نمی توانم کنترل کنم و نفوذ جوش همی را نمی توانم داشته باشم. در نتیجه از آن می توان از آنتودهای متوسط بعد از آنتود قطر استفاده کرد.



Root pass

بنا بر این ممکن است برای پرورده 5kg آنتود 2.5 و 5ton آنتود 4 استفاده شود.

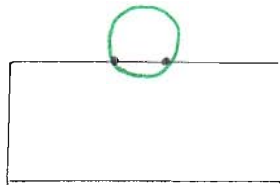
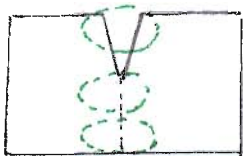
- وضعیت جوشکاری: در اینجا هم وضعیت جوشکاری محدود کننده می تواند باشد. مثلاً اگر جوشکاری تحت اقیانوس می دسیم، پاسی ریشه نداریم و قطعه هم ضخیم است برای آن می توانیم از آنتود 4 استفاده کنیم. اما وقتی به صورت قائم یا پاسی سر جوشکاری می کنیم معمولاً نمی توانیم از آنتود بیشتر از 4 یا 4.5 استفاده کنیم حتی برای پاسی نهایی با قطعه ضخیم.

در جو شکاری تا ۱۰ درصد آکسید و تقویر باشد و این هم بالا باشد، حجم ذوب زیاد را کنترل کردن مشکل است پس طوره
 در جو شکاری با این سرکنترین مشکل است.
 بنابراین به ندرت پیش میاید که جو شکار برای جو شکاری تا ۱۰ یا ۱۵ درصد آکسید با این ۴ استفاده کنند

- مهارت یا حسی: آکسید در همان تقویر چون منگن تر هستند خنثی میکنند برای جو شکار ایجاب میکنند همین طوره
 فرصت استراحت جو شکار کمتر است. آکسید در همان تقویر معمولاً طول تر دم هستند
 آکسید در همان نازک چون آلیوم یا منگن تر است شورد طول قوس دم کوتاه است، جو شکار باید مهارت بیشتری
 داشته باشد به همین علت برای کار آکسوزی معمولاً از آکسید در همان ۳ یا ۳.۵، ۴ استفاده میکنند یعنی آکسید در
 ۲ راج جو شکار مبتدی نفع دهنده و آکسید در ۵ راجع به جو شکار مبتدی نفع دهنده.
 آکسید در همان نازک تر معمولاً کوتاه تر دم هستند.

سوال: آیا کیفیت جوش به سائز آکسید در منگن دارد؟ مثلاً در منگن مستحق است از آکسید باریک برداریم و سائز جوش
 در منگن یا اینکه یک آکسید در تقویر برداریم و یک سائز جوش در منگن کیفیت جوش تغییر میکند یا خیر؟

آکسید در تقویر تر یعنی حجم ذوب بیشتر، آلیوم یا منگن در آکسید سرد شدن
 آکسید باریک تر جوش کوچکتر، آلیوم یا منگن در سائز سرد شدن
 در منگن سائز آکسید در حجم جوش عامل از آن می تواند تأثیر
 بگذارد در منگن خواص جوش. مثلاً این تأثیر کمتری است



در برخی موارد جلیس کمتری نیست. مثلاً در فولاد ساده ساختمانی، اگر جوش جلیس داشته باشیم یا جوش کوچک،
 آرام سرد شود یا سریع سرد شود، جلیس نباید انتظار تغییر خواص را داشته باشیم چون فولادها فولاد کم کربن است و
 عناصر آلیومین ندارد از نتیجه از نظر سائز و جلیس *intreatable* و *Hardenable* نیست. سریع یا آرام سرد شدن آن
 فقط در اندازه جلیس میرسد اندکی تأثیر ندارد. اما فولاد آلیومین با ۰.۶٪ کربن داشته باشیم، سریع یا آرام سرد شدن
 تأثیر زیادی در خواص میگذارد.

نقش‌های:

در این قسمت در مورد سطح است: ۱- آماده سازی 2- ابعین

آماده سازی جزءها مثل طراحی است و یک مدل این موارد است: پیاده کردن طرح بر روی کار / برشکاری / فرج سازی / عملیات
تغییرکاری (pre cleaning) / مونتاژ کردن قطعات (Assembling) / برزاسه زنی کار / کدام قسمت اول جو شکاری شود
کدام قسمت در ساین جو شکاری شود... / Sequence جو شکاری (در چه زمانی) / جو شکی دهیم، در آن جو شکاری خلاف
جهت هم جو شکی دهند /

در بحث ابعین: به صورت عمومی در هر کارگاهی که نور، آلودگی و دود وجود دارد اما در جو شکاری جنبه های خاص هم هست که
نر آید به آنکه فرق آنکه سطح بر من نقاشی در جو شکاری آنس استیلون است که در جو شکاری با اکثر در دست نیست و بر عکس
باز من استیلون قطعات آماده سازی شده اند در طبقه نقاشی ابعین هم در نظر گرفته شده به سایر نقاشی می پردازیم:
- مهارت جریان:

روغن در نگاه جو شکی که چسب بر عین کند میزان جریان است که ما باید آن را تنظیم کنیم.

- تا وقتی روغن چسبندگی و در یک رانندگی وجود دارد که جریان مورد نیاز آن اکثر در روغن آن نوشته شده است اما همیشه نمی توان
به آن اعتماد کرد. چون در صنعت ما با دستگاه های جو شکی مواجه می شویم که عددی که روغن آن نوشته شده به جریان
واقعی که از آن عبور می کند تفاوت دارد و از طرف دیگر اکثر در های هم هستند که دستور العمل سطحی ندارند و ما باید با
یک عددی سروکار داریم چقدر استیلون است که جو شکی می دهیم و چه شویم که آیا آکیم مناسب انتخاب کرده ایم یا غیره.
- سایر اکثر در یک عامل تأثیرگذار است هر چه سایر اکثر در بزرگتر باشد میزان آکیم هم باید بیشتر باشد اما این تنها عامل نیست.
- نوع اکثر در هم تأثیرگذار است. اکثر در می که پودر آکسن در پوشش آن وجود دارد با اکثر در می که پودر آکسن خیلی کمی دارد
جریان یکسانی ندارند. معمولاً اکثر در های که پودر آکسن زیاد در آن دارند با 10 یا 15٪ آکیم با آن هم می توانیم کار کنیم.
- میزان جریان در اکثر در بی نوک معمولی با جریان اکثر در 316 Stainless steel با اکثر در Al تفاوت است. چون تفاوت
اکثر در می، تفاوتی در آنها تفاوت است.

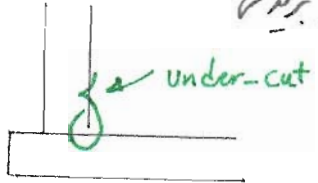
- Position جو شکاری هم مؤثر است. معمولاً جو شکاری که در وضعیت قائم یا مایل سر کار می کند با همان اکثر در
آکیم را مقدار کمی کمتر انتخاب می کند برای اینکه بتواند ذرات را کمتر کند و جلوی ریزش ذرات را بگیرد. حتی گاهی وقتی
جو شکی دور یک لوله را جو شکی می دهیم که یک دستیار یا ابزار می که دارد جریان را تغییر می دهد.

چگونه عین کار متوجه شویم آکیم مناسب است یا نه؟
آکیم خیلی زیاد باشد یعنی بیشتر از ظرفیت اکثر در باشد، وقتی کمترین نصف اکثر در را هم مصرف نکرده ایم تمام اکثر در
سرخ و کثیف می شود که نشان می دهد آکیم مناسب نیست

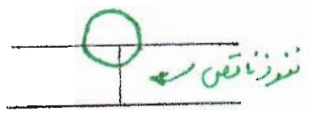
توسیع ریپاشش (Spatter) هم می تواند نشانگر مناسب نبودن جریان باشد البته گاهی اثر اکثر در ما عینس با سبب آلوده
باشد ریپاشش داریم اما وقتی که اکثر در عینس است نه آلوده و ریپاشش بیش از حد معمول با جرقه های زیاد داریم باید آکیم را کم
کنیم.

ریزش ذرات (Excessive Fusion) مخصوص رده های که قطعه نازک است ریزش ذرات را داریم و نمی توانیم ذرات را کمتر
کنیم یعنی ذرات از ما می که بدون می روند که به آن ذرات Excessive Fusion می گویند و نشانگر آکیم بالاست.

عیب دیگری که در اثر با بودن جریان بوجود می آید، Under-cut است. حالت موجودی یا بریده می



که در کنار پوست ایجاد می شود اصطلاحاً Under-cut می گویند
در مقابل اثر آن خیس نمی باشد عملاً نمی توانیم قوس را بشکند و در ابتدا اکثر درج کار
می چسبند. چون نیروی بی مساحت زیاده نیست، قطعات زرب زنده رفته
بزرگتر می شوند تا اینکه در سطح کار قطع می شوند و پسند قوس قطع می شود.
جایی که آبی کم است، فنوز کم است (در طس حالتی که زرب بیرون می ریزد)
یعنی کم فنوز کاملی نداریم و کم سطح شکل زده جویش حالت برجه
باز روی تمام بسته دارد. چون آبی کم است، اکثر در زرب می شود اما کار زرب
نمی شود یعنی اکثر در زرب شده روی سطح کار می ماند

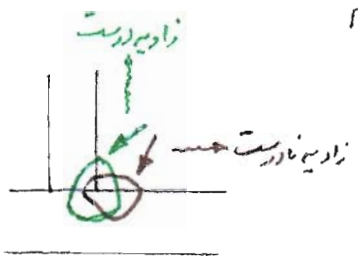
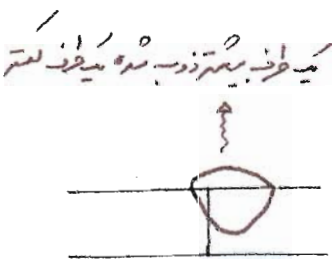


بنابراین با داشتن اطلاعات در مورد اکثر در، دستاورد جویش و وضعیت جویش می توانیم آبی مناسب را تنظیم کنیم.
حالا برای شروع جویش در حرکت جهت جویش باید در این آنگاه مهارت کافی داشته باشد.
کنترل قوس:

جویش کار با بالیدن اکثر در سطح کار قوس را ایجاد می کند و حالا باید بتواند قوس را کنترل کند. اگر تجربه طول قوس در
کنترل کند باید با حرکت دست در راستای اکثر در همزمان با زرب شروع اکثر در این کار را انجام می دهد.
• اگر دست ما از حرکت سرعت حرکت دهد اکثر در هم کار می چسبند و اگر دست را کند حرکت دهد طول قوس زیاد شده و قوس قطع می شود
• ممکن است نه اکثر در هم کار چسبند نه قوس قطع شود اما در ابتدا طول قوس کم زیاد شود. اما جویش کار را هر طوری
رستش را حرکت می دهد که نتیجه هم تغییرات طول قوس در همین جویش کار می نداریم. نوسانات طول قوس باعث
تغییر پهنای زرب جویش و تغییرات فنوز جویش در طول کار می شود و همچنین ترکیب زرب و جویش می تواند کنترل خواهد
بود

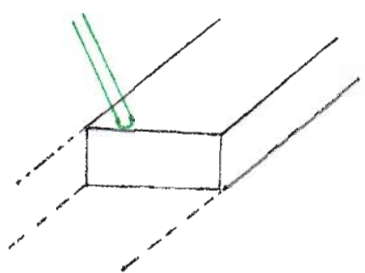
دنبال کردن زرب جویش:

در ابتدا دنبال کردن زرب جویش در حرکت سطحی به نظر می رسد اما عملاً چون نور قوس خیس زیاد است و باید از ناسک با دست
استفاده کنیم، نقطه یک خوردن بسیار کوچک را می بینیم، دنبال کردن زرب جویش همان جهت نیست. حتی برای جویش کار
مستقیم با هیچ خطی نمی کشیم که سیر چینی را دنبال کند. حتی اگر هم را ببریم در سمت دنبال کند،
• ممکن است سرعت حرکت اول طول می کشد تفاوت نباشد، در حالی که آرام حرکت کند زرب جویش زلفت افشان را
با سیم در جایی هم سرعت دستش آرام نبوده
• باید سعی شود که سرعت حرکت دست تقریباً متفاوت باشد. تقریباً از این جهت که در جاهایی لازم است سرعت حرکت
ما کم یا زیاد کنیم.

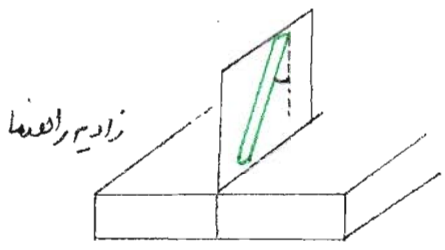


• حالا اگر در نقطه زنده هم برادر داریم و جویش هم داریم
• ممکن است بتوانیم سرعت دست را کم یا زیاد کنیم
• اما با شکل دست می توانیم که در شکل نشان
زده شده یعنی از با جویش میخلف افشان به نظر می رسد
• اما وقتی سطح زرب می شود در بین یک طرف بیشتر

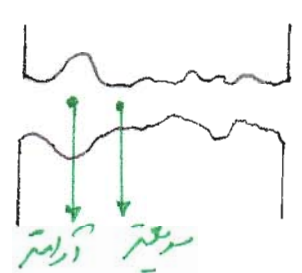
زوب شده ریب طرف کمتر زوب شده . شکل این است که یا اکثر زوب در دست وسط
 در هر جوشن تفرقه د یا زوب اکثر زوب در دست تفرقه و این زاویه باعث شکوه یک طرف
 حرارت کمتر به سرد و کمتر زوب شود .



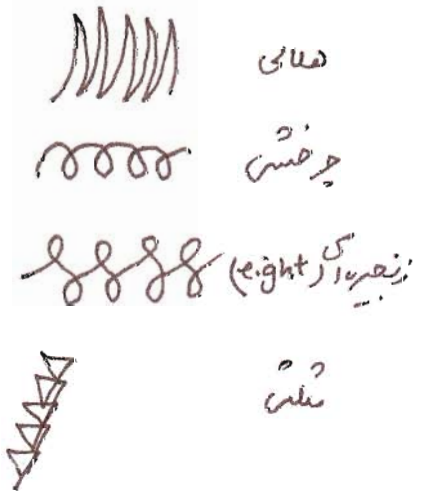
- زوب لایس جوشکاری : 1- Work Angle (زاویه کار) 2- Lead Angle (زاویه رانندگی)
- زاویه کار : زاویه این که اکثر زوب با سطح کار سازد که معمولاً در جوشکاری با اکثر زوب
 دستی و حالت تحت زاویه عمود هم کافی است . (زاویه بین اکثر زوب با خط عمود بر جوش در صفحه عرضی)
- زاویه رانندگی : زاویه این است که بین اکثر زوب و خط عمود بر جوش در صفحه
 طولی ساخته می شود . این زاویه در اینجا حدود 45° باید باشد .
- پیدا کردن این زاویه برای جوشکاری با لایس سرد قائم کنی مشکل تر است .
- این دو زاویه در هیچ ارتباطی با لایس ندارند . یعنی مثلاً متعمق نم نیندند .



• در عمل ظاهر با قطعات مواجه می شویم که با ارنه یا لیوسین بریده نشده اند و در زمان
 کنواخت نیست . در این موارد جوشکار باید در بعضی جاها دستش را سریعتر
 حرکت دهد و در بعضی جاها آرامتر .



حتی ظاهر باید حرکت های زوب ثابت یا میل زوب را هم بتواند انجام دهد .
 • ۶۰٪ این که قطعه کوچک است و در زوب جوشن هم کنواخت است ، اگر سرعت
 حرکت دست در ابتدا داشته باشد کنواخت با شد با این شکل مواجه می شویم که
 ابتدا زوب خوب انجام نمی شود و انتها ممکن است زوب بریزد چون
 در ابتدا قطعه ما سرد است و انتها چون قطعه گرم شده است ، حرارت بخوبی
 جذب نمی شود (قطعه کوچک است) یعنی حرارت فروگسی یا
 Heat sink effect . بنابراین جوشکار با تجربه در ابتدا کار سخت
 دستش کمی آرامتر است و انتها کار کمی سریعتر است تا ببرد زوب جوش
 کنواخت را بوجود آورد .



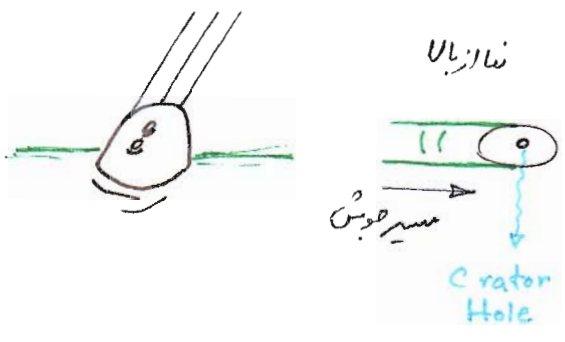
• حرکت های زوب ثابت در لایس ریب که در زوب جوش باز است و در Final pass
 لایس تمام می شود یعنی حرکت های هلالی یا چرخشی ، زنجیره ای یا
 مثلثی انجام می شود . حرکت مثلثی بیشتر برابر جوش قائم است .

در لایس نهایی با این علت که جوش تغییر در نباید و دیگر پرداخت و ماشین کاری بر آن صورت نیاز نباشد . چون در لایس
 نهایی معمولاً یک ریف جوش کافی نیست و چند ریف جوش لازم می آید به لایس با این حرکات این کار بهتر روی
 هم سوار می شوند و کنواخت تر می شوند .

• دامنه و فرکانس این حرکت ها بسیار مهم است . دامنه حرکت ها معمولاً نباید بیشتر از 3 یا 4 برابر قطر اکثر زوب باشد .
 اگر فرکانس زیاد باشد یعنی خیلی سریع این کارها را انجام دهد حرارت ببرد با لایس جوش تغییر می یابد نسبت نمی آید و
 امکان ورود لغزاد وجود دارد و همین طور امکان ریزش زوب ...

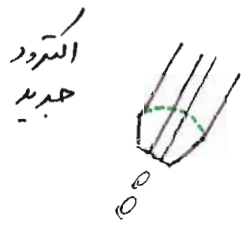
حرکت تعویض الکترو:

در جو شکاری با الکترو درستی در هر سیر جو شکار چندین بار مجبور شویم الکترو درستی که به انتها رسیده تعویض کند و الکترو جدید برآورد. محل تعویض الکترو مساعده است برای بوجود آمدن یکسری عیوب. خیلی اوقات برای تست جو شس، محل تعویض الکترو را مورد آزمایش قرار می دهند و اگر سالم بود جو شس را ادامه می دهند.

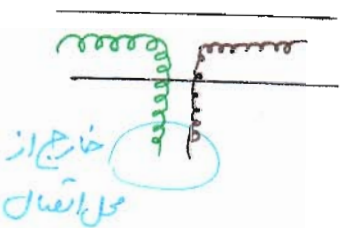


در این محل اعقان بوجود آمدن Porosity، آخال های آتشی و زوب ناقص و ترکیبی وجود دارد. علت آن است که در هنگام جو شکاری به علت فشار قطرات مذاب موضعی مذاب که پایین تر از سطح منفرجه قرار می گیرد. هنگامی که فرایند الکترو را تعویض کنیم، چون قوس را قطع کنیم، موضعی مذاب همراه با انقباض نامش از ایجاد (Shrinkage) شکل یک حفره یا سوراخ در می آید که به آن حفره آتشی جو شس یا Crater Hole می گویند. داخل این حفره هم حباب هست و لعم ناخالصی. در نتیجه برای از بین بردن این حفره استفاده می شود.

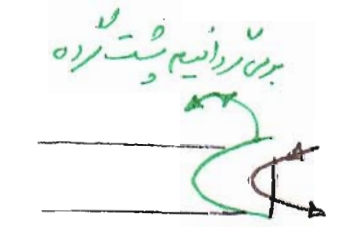
آخرین مرحله ایجاد در تغذیه انجام شود و وجه ناخالصی و حباب را مساحت در آن جابج شود و قطعه ما سالم باشد. اما در جو شکاری راه گاه یا تغذیه نداریم و برعکس این عیوب ناخواسته برآورد می توانست در آخرین مرحله ایجاد در آنجا جمع شوند. حتی ترکیبی شماره ای می تواند اتفاق بی افتد.



از طرف دیگر وقتی در حال جو شکاری هستیم نوک الکترو حالت شکل بالا را دارد در حالی که الکترو جدید پوشش درست بر عکس است. این الکترو همانطور که دیده می شود اول فلزش ذوب می شود و بعد پوشش آن. چون پوشش الکترو در حالت سرسلیک دارد و قطره زوب آن بالاتر است. بنابراین اولین قطراتی که از الکترو جدید می آید هنوز به اندازه کافی پوشش زوب نده با خود ندارند. بنابراین وظیفه که پوشش الکترو باید انجام دهد، انجام نمی شود. حال این قطرات اولی می روند به آن نقاطی که ضعف لعم دارند و این عوامل دست به دست لعم می دهند تا محل تعویض الکترو چه از نظر ظاهر چه از نظر کیفیت با شکل مواجه شود.



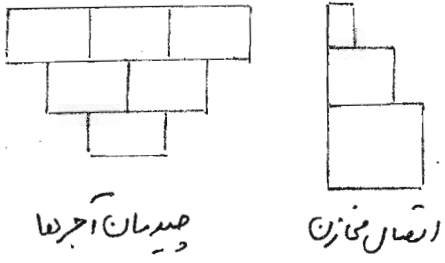
برای رفع این مشکل توصیه های می شود (البته جاهایی که خاصیت وجود دارد):
 • این از تکنیک لغا: وقتی به انتهای الکترو در رسید هر دو یکسان شیب تریون می آید و بعد آنجا بر سرش می زنند و الکترو جدید را از آنجا شروع می کنند و مجددا وارد می شوند و جو شس را ادامه می دهند. یعنی آن قسمت هایی که مانده اند ضعف آن قسمت عمقا از اتصال دوری شود.



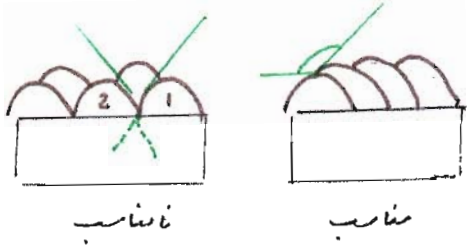
• Back Step (گام عقب): هنگام جو شکاری وقتی به انتهای الکترو در رسیدیم. الکترو را چند میلی متر بر می آوریم پشت زوب را جو شس (در حد میلی متر) و به تدریج طول قوس را اضافه می کنیم تا قوس قطع شود. حسن این کار این است که دست طول قوس زیاد شد، آپریم می شود و در نتیجه با مساحت کافی می یابد و یک سوراخ زوب از زوبه جو شس پایین می ریزد و انظار که کار تغذیه را برای ما انجام داده

و حالت بودی در نظر گرفتن شود و ضعیف است با پرس زدن می توانیم آن را تقویت کنیم.
 بعداً کمتر در جبهه برآید بر داشتیم زیرا آن قطعات اولیه آن هستیم چند میلی متر جلوتر می بریم در محض اینده قوس
 روشن شد بر سر تیر عمیق و بعد میوه اصلی را دنبال می کنیم. حسن این کار این است که قطعات اولیه آن که به
 اندازه خاص عمل تصفیه مذاب آن را انجام شده است پس این را از آنکه که هنوز مانده بماند مجدداً دارد و موضعی مذاب
 شوند و تصفیه آن انجام می شود. بنابراین احتمال وجود آن عیب خیلی کم می شود.
 ماهی اوقات به جایی اینده از این بکند استفاده کنند، جو شکاری دستیار دارد که به محض اینده التردد تمام شد،
 تک جو شکار محل تعویض را سفت می کند تماماً و غیره آنها را با کمان سفت می کند و در تیر پرس الکفانی کند.
 باید توجه داشت که شفا از در تیر جو شکار که 100 تا اکثر در تعویض می کنیم نقطه رو یا سه جایی آن Defect وجود داشته
 باشد باید نظاره Repair شود. Repair کردن سلفزم سفت زدن و جو شکاری مجدد است در شرایطی که اینبار
 فضا خیلی کمتر تراست و احتمال اینده در Repair بتوانیم جو شخ خوب درست آوریم کم است.
 - شروع در انتها:

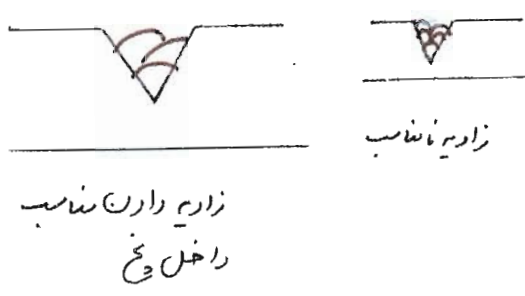
در مواردی که تعداد زیادین پاس جو شخ کنار هم دارد می شود و یا در هم دارد می شود، توصیه می شود که شروع و انتها
 کامل در یک خط نیافتد. مثلاً از یک تیر آینه چند پاس در هم جو شخ
 می داریم در هر پاس ضعیف تا اکثر در تعویض می کنیم. درست مثل
 آجرهایی که بر روی هم می چینیم، باید وقت کنیم که نقاط شروع و انتها
 در محل تعویض اکثر در ها بر روی نقاط شروع و انتهای پاس قبلی
 نیافتد. از فرکت های زیری زات هم استفاده می کنیم.



در این حالت اگر اسیاناً نقطه ضعف یا تری بوجود آمد نمی توانه خیلی
 راحت سیر مستقیم را پیش برد و اسیاناً پیدا کند و مجبور می شود که
 سیر زیری زات را برود و امکان دارد که کم می شود.
 حتی این مسئله در ارتقال نخازن هم رعایت می شود و نخازن
 با ارتفاع های مختلف را طوری به هم جو شخ می کنند که از جو شخ ها
 در یک امتداد نباشد.



باید سعی کنیم پاس های جو شخ که کنار هم می گذاریم هر دو در داخل
 یک سطح و چه بر روی یک سطح طوری قرار بگیرند که
 بین دو تیر جو شخ زاویه تیز یا دره بوجود نیاید. هر پاس
 یک تعداد روی پاس قبلی سوار شود.



زاویه تیزی که بوجود می آید باعث می شود که هم تیز بران سر باره شکل شود
 (بین پاس 2) و هم امکان اینده ترکیبش اتفاق بیافته بیشتر
 است زیرا Stress Concentration داریم که در اینجا بیشتر از حالتی
 است در شکل مست راست اتفاق می افتد (روی سطح)
 در مورد سطح ها هم به همین صورت باید سعی کنیم، پاس های جو شخ زاویه های ملایم با هم سازند تا تیز تر نشی ایجاد شود

- جدا کردن سرباره :

این سؤال مطرح است آیا سرباره را جدا کنیم بهتر است یا نکنیم ؟

• نقطه در یک حالت است که در این فرآیند می توانیم جوشکاری کنیم و سرباره را هم جا بگذاریم. در سایر موارد باید حتماً سرباره را تغییر کنیم.

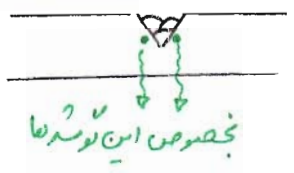
• حالتی که می توانیم سرباره را جا بگذاریم: حالتی که در آن جنس قطعه ما فولاد معمولی (فولادها را ساختن) است.

و در ما باید پاس جوش، جوشکاری تکمیل می شود و نیاز نیست پاس دوم بر روی آن نیست و سوماً، بعداً نمی توانیم روغن کار عملیات Coating انجام دهیم (رنگ، لعاب، کالوانیزه و...)

این حالت معمولاً در کارهای ساختمانی اتفاق می افتد که بعداً فولاد را می سوزانند و در آن وقتاً (ماهین فولاد ساختمانی) وقت بر این جوشکاری دردیچه استغفار می شود با اینکه انجام یک پاس نقطه جوش می دهند اما روی آن را تغییر نمی کنند. چون سرباره یا فل جوش نهایتاً می ریزد و در زمان محل زنی درستی کار بوجود می آید. بنابراین ناچاراً آن را تغییر نمی کنیم.

• برای Stainless Steel ها حتی اگر یک پاس جوشی هم می دهیم و بعداً هم نخواهیم Coating انجام دهیم، حتماً تغییر نمی کنیم زیرا بقایای سرباره ما همیشه طوری است که در اثر جذب رطوبت می تواند دچار خوردگی شود. همین طور برای جوشکاری آلومینیوم، یعنی سرباره در اثر جذب رطوبت خوردگی تبدیل به یک ماده خوردنده می شود. این مسئله در مورد فولادها ساختمانی انگونه نیست.

Slag intruption



• در جاهایی که چندین پاس جوشی می دهیم بعداً هم می دهیم. وقت پاس اول را جوش داریم اگر سرباره را تغییر نمی کنیم، پاس بعدی را که جوش داریم ممکن است بخشی از سرباره باقی مانده ذوب شود و بیرون بیاید و می کشند از آن ماسه کار باقی می ماند. نهایتاً ظاهر جوش خوبی داریم اما وقت X Ray عبوری دهیم در فیلم بدست آمده قطعه های کنار جوش می بینیم که خالص است و ناسی تغییر نکردن مناسب سرباره است و طبیع همین

محسوب می شود که آن Slag intruption می نویسیم. بخصوص در نوشته ها در مضمون شده در شکل زیاد اتفاق می افتد که جوشکار سرباره را جا گذاشته چون راحت هم نمی توان بر سر زدن مناطق را.

مسئله دیگر این است که اگر سرباره روی کار باشد و بعد جوش دهیم روی آن مجدداً قوس روشن کنیم اصلاً اتفاق نمی پذیرد. چون مدار جریان الکتریکی برقرار نمی شود که قوس ایجاد شود.

• دیگر از زود جدا کردن سرباره: سرباره ما همیشه سرد است و جوش ما همیشه داغ است تفاوت ضرب انبساط حرارتی دارند و این تفاوت ضرب انبساط حرارتی است که باعث می شود که موقع سرد شدن سرباره راحت جدا شود و حتی گاهی اوقات بدون ضرب زدن خوردگی جدا می شود. بنابراین اگر اجازه دهیم زمان بگذرد و سرد شود خیلی راحت جدا می شود تا اینکه نخواهیم به صورت داغ جدا کنیم.

• سرباره چون حالت شیشه ای دارد، اگر هنگام جدا کردن آن دست نکنیم ممکن است باعث فراس راسی شدن شود. اگر به صورت گرم هم باشد علاوه بر فراس سوختن هم می تواند ایجاد کند.

• از نظر سالتورگی: باقی ماندن سرباره به صورت بستری روی جوش باعث می شود که جوش آراسته سرد شود. خواص سالتورگی آن تغییر کند. اگر سرباره را زود جدا کنیم سطح فلز ما سریعتر سرد می شود. در این حالت

باید بینیم جنس قطعه با چیست و سختی پذیرش آن چگونه است. نوادیس که کوبن میخورد با دارد، اگر سه باره اس سریع جدا شود تفاوت زیادی روی سختی و تدریس جوش بوجود خواهد آمد. اما برای جوشکاری All تفاوت آلیماهی بر روی خواص نخواهد داشت.

مزایا و محدودیت های فرآیند (جوشکاری با الکترو دستی):

- محدودیت position نداریم
- محدودیت مکان و جا ندارد. می توانیم در جاهای یا در محل در ارتفاعات بسیار این فرآیند را انجام دهیم فقط کافی است که power source را عوض کنیم، مثلاً موتور جوش را ببریم به محل یا جایی که برق وجود دارد از یک ترانس ۵۰۰۰. بنابراین هم در موارد کم حجم و هم بصورت انبوه در صنعت قابل استفاده است.
- قدرت مانور زیاد برای جوشکاری: در زاویات مختلف و در جاهایی که خیلی دسترس به محل جوش مشکل است خیلی راحت می توانیم از این فرآیند استفاده کنیم. مثلاً انتهای یک حفزه ای در جوشکاری لوله های گاز، جوشکاری می تواند حتی الکترو در را هم کند و با الکترو در هم شده آن محل را جوشکاری کند.
- کافعی دیوار یا مانع وجود دارد که جوشکاری نمی تواند مستقیماً محل جوش را ببیند و ممکن است از ایندهای هم استفاده کند اصطلاحاً "جوشکاری در آینه" که برای خیلی فرآیندها این امکان وجود ندارد.
- نسبتاً ارزان: اکثر فرآیندهای دیگر یا تجهیزات گران تر دارند یا مواد مصرفی گران تر دارند.
- شاید تنها فرآیندی که ارزان تر از آن باشد جوشکاری اکسی استیلن باشد.

محدودیت ها:

- کیفیت جوش به مهارت جوشکار بستگی دارد.
- تعویض الکترو: هم کار را دیرتر کنیم می برد هم کیفیت جوش را از نظر کیفیت و زیبایی از نظر سوال می برد.
- سخن می کنیم با تعویض الکترو در را حذف کنیم
- سرمایه داریم: هم تیز کردن آن محدودیت است و هم امکان کبوس شدن آن در لاس کار و داخل وجود دارد
- برای تمام فلزات و آلیاژها الکترو نداریم:
- برای جوشکاری Ti در این فرآیند الکترو پوشش دار نداریم
- برای جوشکاری Mg و آلیاژ آن الکترو نداریم
- حتی در مورد فولادها، فولادهای قهنگه است حکام آن ها ۱۸۰ksi است و یا ۲۰۰ksi در حالی که بهترین الکتروها ما است حکام جوش ۱۲۰ksi دارند.
- خاصیت در برابر زدن باد: وقتی جوشکاری در فضای باز انجام می شود، اثر جریان باد از یک جوش بدتر می شود یا باران باشد، باید با جوشکاری را متوقف کنیم یا اطراف محل را چادر می بزنیم که مانع فزونی باد شود.
- محدودیت ضخامت: به قدرت ورق های زیر ۲mm را می توانیم با الکترو دستی جوشکاری کنیم. در صورتی که در صنعت مواردی داریم که ضخامت ورق با ضخامت ۰.۲mm را جوشکاری کنیم
- برای ضخامت با آن از نظر اجرایی محدودیت نداریم، از نظر اقتصادی ممکن است محدودیت داشته باشیم مثلاً ورق ۱۵cm و طول ۲m را به صورت صنعتی که با این فرآیند جوش دهیم.

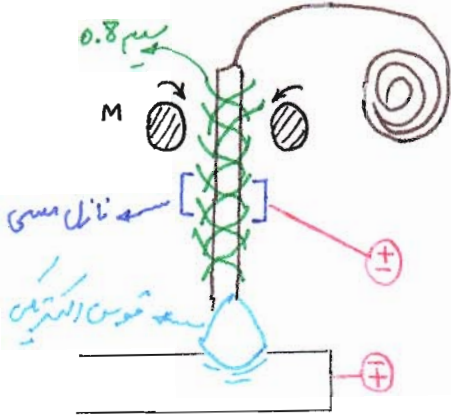
۱۱۱ کد مکتوب کار

با توجه به محدودیت های این فرآیند، سعی شده است که از صنعت فرآیندهای جابجایی پیدا شود تا محدودیت های آن را حذف کند. از جمله تقویت الکترود که بصورت مداوم (Continuous) انجام شوند.

ایده ای در این زمینه صورت گرفته:

Continuous Coated Electrode (الکترود پوشش دار مداوم):

جایی این الکترود لخته و پوشش داشته باشد از پوشش دیگری استفاده می شود. هسته الکترود را بصورت سیم با طول زیاد از زمین و آن را کلاف می کنند. این سیم نمی تواند پوشش داشته باشد چون وقتی کلاف می شود، پوشش خود را می ریزد. از طرفین جریان الکتریکی را می توان به سرتاسر سیم اعمال کرد چون طول بسیار زیاد دارد و مقاومت الکتریکی زیاری ایجاد نمی کند.

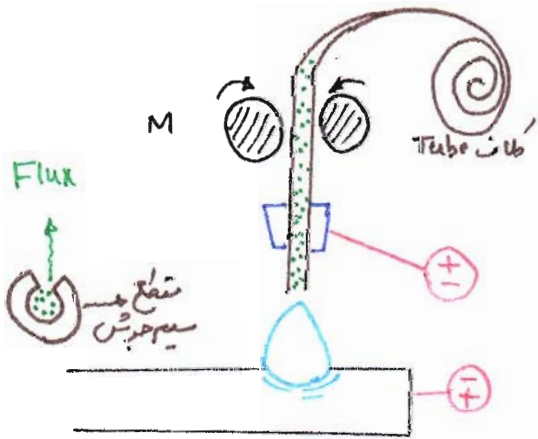


در این فرآیند لخته الکترود سیم است، قطر 3 یا 4 در این سیم 0.8 یا 1

یک سیم به قطر اندکی در لقمه برعکس به قطر آنند. اینها مواد را در این پوشش داده اند و جایی می توانیم سیم را کلاف کنیم. بنابراین لخته قطر 4 با سیم 0.8 دو دور به قطر شده و پس از آن کلاف فضای زینوری شکل ایجاد شده و مواد پوشش روی آن Extrude شده است. اینها نیز پوشش الکترود هستند نسبت به آن صورت یعنی درست مثل بتون آرمه. از طرفین پوشش الکترود در این جابجایی جریان الکتریکی نیست. توسط قرقره ای که به یک موتور وصل است الکترود را Feed می کنیم، پس یک نازل مسی هم قرار می دهیم که جریان به آن وصل می شود از قطب دیگر به قطب کار وصل می شود. به این فرآیند Continuous Coated Electrode Arc W. می گویند.

Flux Cored Wire (الکترود توپودری)

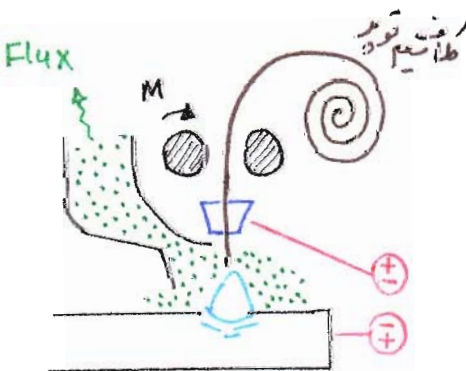
در پوشش دیگر تقویت الکترود را به این صورت حذف کرده اند. در این روش جایی لخته و پوشش را حذف کرده اند. یعنی ضرورت ندارد که لخته با شود مواد روان ساز پوشش. در اینجا الکترود را هم که در اصل یک Tube یا لوله است، به این لوله بصورت کلاف درآمده و مواد پوشش در وسط آن لوله قرار گرفته. از قرقره برای Feed کردن استفاده می کنیم.



یک نازل قرار می دهیم که به جریان الکتریکی وصل است. قوس الکتریکی ایجاد می شود و جو سیم انجام می گیرد.

Submerged Arc Welding (جو سیم زیرپودری):

در این روش بطور کلی لخته الکترود و مواد روان ساز را از هم جدا کرده اند. یک کلاف سیم توپودری استفاده می شود توسط قرقره های به سمت پایین Feed می شود و از داخل نازل می آید به جریان الکتریکی متصل است عبور می کند. جایی که نیاز به پوشش است از یک مخزن استفاده شده که Flux داخل آن مخزن است و ریخته می شود روی کار. در این حالت قوس



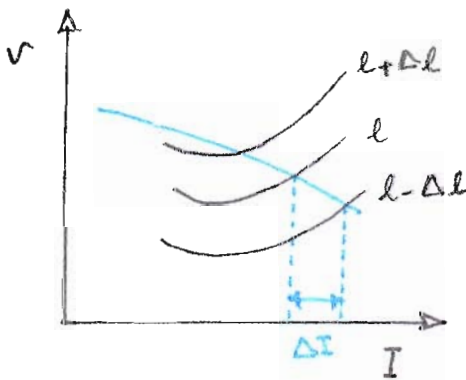
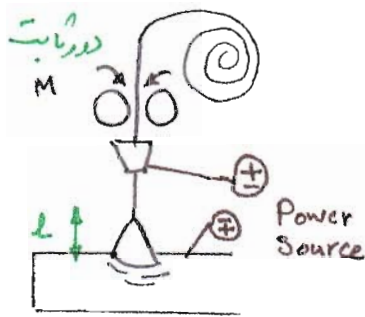
کمی از یورد زوب می شود و سیم در لحظه کار هم زوب می شود و در این ترتیب عملیات جوئیکاری انجام می شود که این فرآیند S.A.W (Submerged Arc Welding) می گویند یا جوئیکاری زیرپوری (توس مخفی) این فرآیند در صنعت کسور ما زیاد استفاده می شود.

۸۴، ۱۲، ۹

«عبارتت»

محدودیت دوم که می خواهم از فرآیند جوئیکاری با الکترو دستی بر طرف کنیم (بعد از تعویض الکترو) کنترل طول قوس است. این کار را معمولاً به دو صورت انجام می دهند:

Self Adjusting (خود تنظیم)
 Variable Wire Feeding Rate (تغییر سرعت راندن سیم)
 کنترل طول قوس ←



• در این روش می خواهم l را تنظیم کنیم. تفاوتی ندارد که الکترو توری باشد یا بصورت دیگر باشد. در این روش موتور می استفاده می شود و در نهایت است و همین طور Power Source هم که استفاده می شود و تفاوت است در تغییرات طول قوس منجر به تغییرات زیاد جریان می شود اما تغییرات و تفاوت کم است.

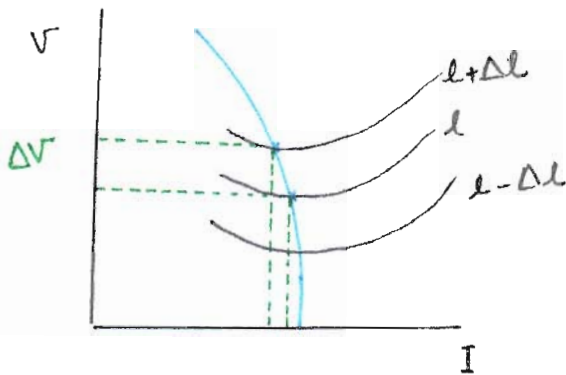
• در این روش که افزایش شدت جریان باعث افزایش نرخ زوب می شود. بر هر دلیل اگر طول قوس کم شود (طول قوس شود $l - \Delta l$) طبق نمودار با افزایش جریان در پوری سیم. افزایش جریان باعث افزایش نرخ زوب می شود، یعنی سیم که با سرعت ثابت پایش می آید، آن لحظه ای که می خواهد می رسد به کار، سرعت زوب شدنش بیشتر می شود، در نتیجه طول قوس به حالت اول خودش بر می گردد.

• به هر دلیل خاصه الکترو تا کار زیاد شده و قوس در سرف قطع شدن است. یعنی طول قوس شده $l + \Delta l$ افزایش طول قوس باعث کاهش جریان می شود. کاهش جریان نرخ زوب را کم می کند یعنی سیم با سرعت کمتر زوب می شود و مجدداً طول قوس به حالت اول خودش بر می گردد.

سوال: آیا افزایش جریان و کاهش آن در مناطق مختلف باعث نمی شود که یک جابجایی جوش بیختمه دیک جابجاست؟
 جواب: چون تغییرات جریان بصورت لحظه ای است (عمل در عکس العمل) نوسانات تقریباً کم در زمان های بسیار کوتاه است. بنابراین این تغییرات منجر به آن نمی شود که یک جابجایی جوش در جابجایی دیگر زیاد باشد.
 اگر این سوال در مورد آنالیز جوش مطرح شود، یعنی آیا در شرایطی که جنس الکترو با جنس قطعه متفاوت است، و با تغییرات جریان در جابجایی الکترو بیختمه زوب می شود در جابجایی کمتر، آنالیز جوش تفاوت نمی کند؟
 این سوال را هم به همان صورت جواب می دهیم که آنالیز هم تغییر چندانی نمی کند.

- اگر در سر راه یک پلم و وجود داشته باشد الکترو در با جار چه چون ناهمگونی طول قوس خنیدن کوتاه می شود
- در عمل ممکن است یک درق داشته باشیم یک یا پس قبلاً روی آن جوش داده ایم و حالا در مسیر حرکت به آن محل می رسمیم که تکراره جوش وجود دارد.
- در عمل ممکن است قطعه سوچ دار باشد در حالت پتینه بلند (داشته باشد). در این قطعه مشکل از جهت طول قوس نداریم چون سریعاً عمل در عکس العمل انجام می شود و طول قوس کنترل می شود.

Variable wire Feeding Rate



- در این روش دیگر دور موتور ثابت نیست
- سرعت این موتور تابعی از ولتاژ است $v = f(V)$
- در صنعت ما موتور دور متغیر داریم که از آن استفاده می کنیم
- بنابراین Power Source هم که استفاده می کنیم نمی تواند ولتاژ ثابت باشد و بنابراین آمپر ثابت است.
- در اینجا تغییرات کم طول قوس منجر به تغییرات زیاد ولتاژ می شود در حالی که تغییرات آمپر کم است.

- فنطاسی که به هر دلیلی طول قوس کم می شود، کاهش طول قوس و ولتاژ را کم می کند، کاهش ولتاژ دور موتور را کم می کند یعنیسیم با سرعت کمتری به طرف پایین رفته می شود و چون آمپر هم تغییرات زیاد در ندارد بنابراین نرخ ذوب هم تغییرات چندانی نمی کند.
- فنطاسی که طول قوس زیاد شده است، ولتاژ افزایش پیدا می کند، افزایش ولتاژ دور موتور را زیاد می کند و سیم با سرعت بیشتری به سمت پایین حرکت می کند و بنابراین طول قوس به حالت عادی خودس بر می گردد.

در واقع در این روش همان کاری که انجام می دهیم که جوشکار در جوشکاری با الکترو درستی بر اساس تجربه انجام می دهد. یعنی آن که طول قوس کم می شود و الکترو در نزدیک است که به جایی رسیده. جوشکار با تجربه سرعت حرکت دستش به سمت کار را کم می کند تا طول قوس بر گردد. پس این در روش معمولاً روش اول مورد استفاده قرار می گیرد چون ساده تر است. روش دوم چون نیاز به موتور دور متغیر دارد کار پیچیده تر است.

$$\phi 2 \quad 30 A + 20 A$$

$$\phi 5 \quad 220 A + 20 A$$

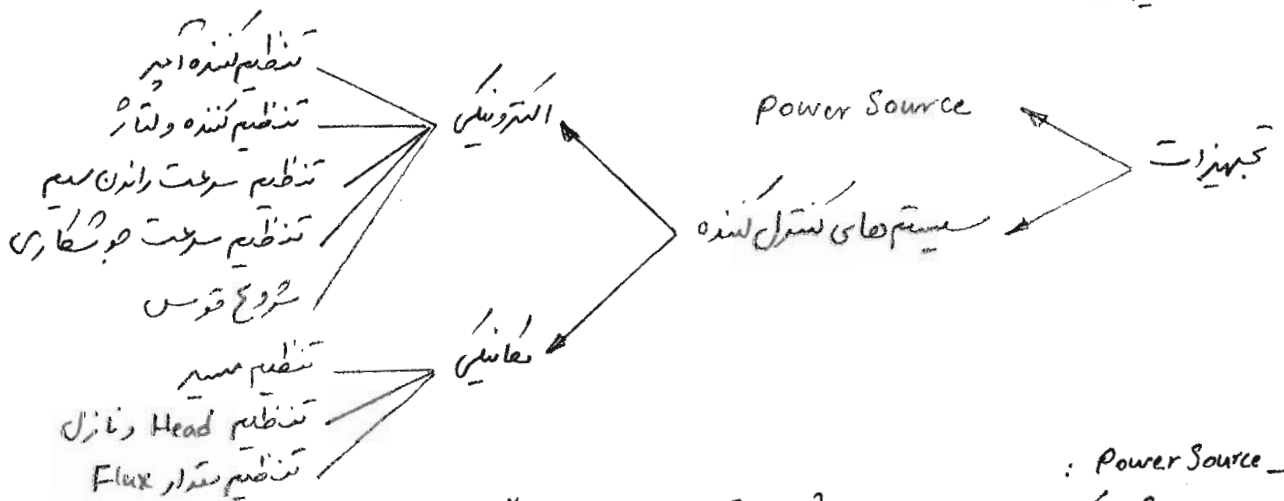
در جاهایی که با الکترو در قطره آمپر با کار کنیم روش اول حساسیت خود را از دست می دهد. مثلاً اگر دو الکترو در با قطر 2mm و 5mm داشته باشیم و با آمپرهای 30 و 220 کار کنیم. به تعداد 20A اضافه کنیم تفاوت خوب الکترو در برای $\phi 2$ محسوس تر است. به همین علت است که در موارد الکترو در ضخیم و آمپر با کار روش دوم را استفاده می کنیم

Submerged Arc Welding "S.A.W" (زائید جوشکاری زیر پوشی)

1- مقدمه :

عموماً واحد های صنعتی که حجم های سنگین و ضخیم جوشکاری در تراز بندی زیاد در دارند از این فرآیند استفاده می کنند. عموماً ضخامت های ۱cm به بالا. ممکن قطعی صنایع هم ضخیم نباشد اما تکرار زیاد شود. مثلاً در سیلندر سازی های گاز بکینگ. قسمت وسط عموماً سیلندر عموماً به این روش جوشکاری می شود یا کابین های هوا ساز ساخت مخازن، Boiler، pressure vessel، ... همین طور سازه های غیر شرم. واحد های که کار های باز سازی قطعات را انجام می دهند مثل غنک های مورد ...

2- تجهیزات :



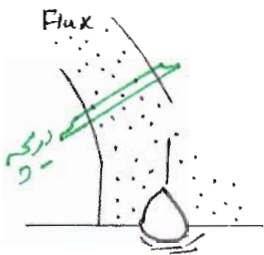
Power Source :

- در این فرآیند کتر از دینام یا موتور جوش استفاده می شود عمدتاً از ترانس یا Trans Rectifier استفاده می شود.
- دلیل اینج از دینام یا موتور جوش کتر استفاده می شود این است که Range جریان مادر این فرآیند خیلی بااست اگر چه جوشکاری با کتر درستی $350 A \text{ Max}$ بود، در این فرآیند از $200 A$ شروع می شود و تا $2000 A$ می رود حتی تا $5000 A$ هم در این فرآیند استفاده می شود.
- هر P.S که انتخاب می شود باید Duty cycle 100% داشته باشد چون در این فرآیند زمان های طولانی جوشکاری می کنیم و قوس روشن است و باید دستگاه جوش ما بتواند بدون اینج فشار زیاد تحمل کند بکسره حدود 40 دقیقه هم روشن بماند.
- ولت آمپر : در جوشکاری با کتر درستی که نیاز خواهیم تغییرات آمپر زیاد باشد اما در جوشکاری زیر پوشی اکثر حالات Constant Current و Self Adjusting است مگر در مواردی که لازم باشد حالت دم را داشته باشیم که در جوشکاری زیر پوشی هر دو نوع کاربرد دارد که بستگی به سیستم کنترل کننده دارد.
- سیستم های کنترل کننده :
 - این سیستم های می تواند الکترونیک یا مکانیک باشد
 - در سیستم های کنترل کننده الکترونیک باید علاوه بر تنظیم آمپر که در جوشکاری با کتر درستی داریم، تنظیم

ولتاژ را هم داشته باشیم. همین کار سرعت را بدون سم جوش و سرعت جوشکاری.

توضیحاتی در مورد سرعت جوشکاری: فرآیند جوشکاری زیر پودری در صنعت ما به جوشکاری اتومات معروف است چون اولین فرآیند اتوماتیک رکورد بوده است. در حدود 10 تا 15% موارد بصورت نیمه اتومات Semi-Auto انجام می شود. در حالتی که Semi-Automat است حرکت و سرعت جوشکاری توسط جوشکار هدایت می شود. یعنی دستگاه در مسیری که کاربر تعیین کرده در مسیر می کشد و در حین جوشکاری انجام (همین توسط جوشکار هدایت می شود) سرعت را اختیار می کند. اما در 90% که بصورت اتومات است سرعت حرکت و سرعت جوشکاری هم توسط دستگاه کنترل می شود (با سرعتی که ما تنظیم کرده ایم)

در جوشکاری معمولاً به شکل مکانیکی هدایت می شود. مثلاً ازین که می خواهد جوشکاری شود باید از نظر پهنی، قبل از اینکه شکل به آنجا برسد، یک چرخ یا دیسک درون آن قرار گرفته و با حرکت آن مسیر جوشکاری به جوشکاری می رود. و با اینکه ریل وجود دارد و دستگاه در مسیر حرکت می کند. در بعضی موارد دستگاه ثابت است و قطعه زیر آن حرکت می کند. مثلاً در سلفه سازی ها، سلفه حرکت می کند (سرعت جوشکاری سرعت حرکت سلفه را) در سیستم های Spiral هم دستگاه حرکت می کند و قطعه حرکت می کند. چون دستگاه نمی تواند بصورت Spiral در قطعه حرکت دهد بنابراین قطعه می چرخد و دستگاه با سرعت مشخص حرکت می کند.



غیر از حالت مکانیکی ممکن است از سیستم الکتریکی هم برای سیر استفاده شود.

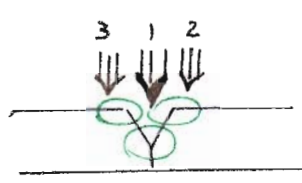
سیستم کنترل کننده دترهم، شروع قوس است. چون از اینجا مثل الکترود در مس می توانیم نوک الکترود را به کار بیاوریم، بنابراین سیستمی پیش بینی شده که با نزدیک شدن الکترود به سطح کاری ولتاژ را بالا می راند تا قوس می کشد تا قوس ایجاد شود.

Flux آن هم در کار رخت می کشد و بخشی از آن زود می شود و بخشی زود نشده دوباره قابل استفاده است. در جوشکاری زیر پودری قوس کاملاً زیر پودری است یعنی قوس یا نور قوس دیده نمی شود. پس از اینکه جوشکاری انجام شد یک لایه پودر زود شده شکل سر باره درون کار جمع شده که آن را جمع کنیم در هم داریم می توانیم جوش را بسینم رو اینجا می بینیم و وجود دارد که پودر زود نشده را شکل جادو می کند جمع می کند و می ریزد داخل مخزن. ممکن هم است این سیستم وجود نداشته باشد یعنی یک سین یا چیزی شبیه به آن زیر کار با شده و قوس پودر جمع شده آن را برداریم و بریزیم دوباره داخل مخزن را از اینجا تا ته ها سر باره هم با آن مخلوط شده بود، الک می کشیم

سیستم مکانیکی تنظیم پرور: یک درجه سازه وجود دارد که مقدار پودری که در مس سطح کار رخت می کشد و کنترل می کند

سیستم مکانیکی دیگر برای تنظیم Head دستگاه وجود دارد که می تواند نازل و Head

را جلو یا عقب و یا بالا و پایین ببرد. به عنوان مثال یک درز جوش را می سازیم که راه هم می خوریم یا پس تمام اول دردم و سوم را جوشکاری کنیم. یا پس اول الکترود باید در محل (1) باشد. به جایی که قطعه را جابجا می کنیم، باید سیستم ساده مکانیکی نوک نازل درست در محل مورد نظر تنظیم می کنیم. برای پس ها هم دردم و سوم



همه به همین صورت Head دستگاه را جابجا می کنیم.

مکن است قطعه در یک جا نازک شود در یک جا قطعه را جابجا می کنیم و در یک جا هم جابجا می کنیم و با این کار می توانیم خود نازل را با یک سیستم مکانیکی ساده جابجا می کنیم و با این کار می توانیم در یک جا

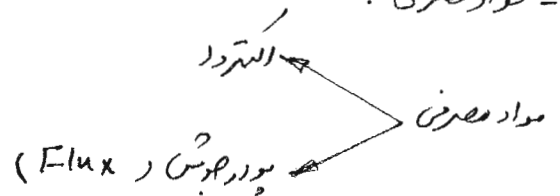
در مواردی مثل شکل در برود که نازل باید از ادم در باشد با بعدان سیستم مکانیکی
 می توانیم خیلی راحت نازل را بچکانیم و بازوای آن که از خواص عملیات
 جوشکاری را انجام دهیم



• در نود درصد موارد در این فرآیند یک الکترود بیستتر کار نمی کند اما مواردی داریم
 چند الکترود با هم بصورت همزمان عمل جوشکاری را انجام می دهند. یا بصورت

موازی یا بصورت متوازی. در این حالت ها امکان اضافه کردن بیشتر قسم در سیستم پیش بینی می شود. ممکن است میکرو
 سوئیچ های وجود داشته باشند که وقتی به آنها می کار در سیستم بصورت خودکار عملیات متوقف شود.
 در این گونه فرآیندها کسی که بار مستطاه کار می کند Welder نمی گویند بلکه از اصطلاح Operator استفاده می کنند

2- موارد مصرفی :

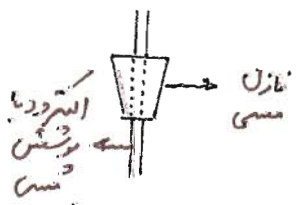


ظواهر الکترود: می تواند مقطع گرد داشته باشد (Electrode Wire) یا مقطع مستطیل (Electrode Strip)

- الکترود را با مقطع گرد در می توان لعان سیم جوش نامید از قطر 2 تا قطر 6 میل متر وجود دارد
- مقطع گرد می تواند توپری یا توپولوس باشد.
- وقتی الکترود بصورت تکه است، بهمان آن می تواند بین 20mm تا 50mm باشد. در حالی که ضخامت آن ایما 2 میل متر است. این نوع الکترودها عمدتاً برای Joining و بکار نمی روند بلکه برای Surfacing کاربرد دارند.
- عین لفظی که می خوانیم یک لایه ای روی سطح رسوب دهیم. مثلاً یک درن نوام معدوم داریم و می خوانیم 1mm روی آن Stainless Steel رسوب دهیم. ابعاد ورق 2x4 متر مربع است. اگرخواهیم با الکترود
 دستی این کار را انجام دهیم حداقل سه یا چهار روز طول می کشد. اگرخواهیم فرآیند زیر بودری استفاده کنیم و از
 سیم جوش استفاده کنیم باید 7 ساعت طول بکشد. اما اگر از الکترود بصورت تکه بخوانیم استفاده کنیم باید
 روزمان یک ساعت بتوانیم یک نام روی کل سطح رسوب دهیم.

روسی الکترودها یک پوشش نازک مسی قرار گرفته است که از طریق Electroplating روسی آن پوشش دارند.

نقش پوشش مسی این است که الکترود اکسید نشود و زنگ نزنند، چون خیلی راحت در مجاریت هوا زنگ می زنند
 و اکسید لعن اگر وارد جوش شود مشکلات زیادی را بوجود می آورد. همچنین مسی هم ممکن است به مرور زمان اکسید
 شود اما خیلی زمان بیستتر می خواند. دلیل روسی آن این است که وقتی الکترود



از اردن نازل مسی روسی شود، چون روسی الکترود هم از مس است جریان الکتریکی
 بهتر عبور می کند یا به بیان علمی Contact Resistance یا مس می آید.
 از طرفی پوشش مسی تا حدودی جلوی ساییدگی نازل مسی را هم می گیرد. چون به مرور
 زمان سوراخ کردن نازل برای عبور سیم در نظر گرفته شده گسار می شود. این سوراخ را ابتدا نمی دارند خیلی نازک است

یعنی دقت کم (کمتر دما از 5.5 است برای جو شکاری S.S از آن استفاده نمیکنیم بلکه برای Surfacing روی یک آلیاژ ریز از آن استفاده میکنیم
 • اکثر دماهای کم آلیاژی برای جو شکاری فولادها استفاده میمانند

— پودر جو ش (Flux) :

- وظایف پودر جو ش تقریباً شبیه وظایف است که برای پوشش الکترود مطرح کردیم مثل : محافظت موضعی جو ش / باید این پوشش / تصفیه مذاب و جذب ناخالصیها ...
- یک وظیفه اضافی هم در این فرآیند داریم : مخفی نماندن پوشش که طبیعت این فرآیند است .
- سواری که در پودر جو ش بکار می رود یک مقدار شبیه مواد پوشش الکترود است و البته تفاوت های هم دارد .
- عمدتاً این سواری Mineral معدن نمتند مثل $SiO_2 / MnO / CaO / Al_2O_3$...
- پودر جو ش دارای سرخفه اصلی و هیند مخفم ذری است که باید در انتخاب پودر جو ش و سواری آن دقت کنیم .

عدد بازیسیته : این عدد نشان دهنده این است که این پودر ، سواریه ای که ایجاد میکند حالت اسیدی دارد یا قلیایی

$$\text{نسبت اسیدها در قلیایی با فرآیند خاص} = \text{عدد بازیسیته}$$

$$\text{نسبت اسیدها در اسیدی با فرآیند خاص}$$

- یا قلیایی . که اسیدی یا قلیایی بودن سواریه می تواند در اکسید شدن ذرات ، نسف ذرات یا خوردگی ذرات تا نیر نزار باشد .
- آر بازیسیته زیر یک ← سواریه اسیدی
- بازیسیته حدود یک ← سواریه خنثی
- بازیسیته بالای یک ← سواریه قلیایی

عمدتاً این عدد بین 0.7 تا 2.7 تغییر می کند . که این مسئله از نظر Slag-Metal Reaction خیلی اهمیت دارد

- Mesh یا رانه بندی : یعنی وقتی از این پودر استفاده می شود چه اندازه دانمان بود در خواهد داشت . اگر پودر جو ش خیلی نرم باشد ← رانه ها حالتی که در رختی نرمی مقدار خاک رس ماسه زیاد باشد در این حالت گازهای که در داخل مذاب موجود آمده اند می توانند خارج شوند . چون محل شدن گازها داخل مذاب جداست باج دارد ربا کاشی دما فقط هم خنک شدن جو ش ، مقدار رس گاز از مذاب خارج می شود کم تر می تواند بیرون بیاید و مشکلات را ایجاد خواهد کرد

اگر اندازه دان پودر درست باشد ← عدای که در ناممان پودر است می تواند با مذاب تماس پیدا کند و باعث اکسید شدن داخل مذاب شود .

برای اساس باید اندازه دانها مقدار مشخصی داشته باشد . حدوداً اندازه ماسه در رختی ماسه مناسب است یعنی عدد 0.5 تا 1mm باید باشد . البته به نوع کار و شرایط جو شکاری (تعمیر کار ، سرعت جو ش) می تواند متغیر داشته باشد

- نحوه تولید پودر :
 مخفمه سوم پودر جو ش نحوه تولید آن است . با توجه به اینکه از مواد مختلف میزانی استفاده می شود و اینها ضایعی ها متفاوتی دارند . اگر آن ها را آلیاژ کنیم و بعد با هم مخلوط کنیم ، خیلی راحت ضمن جابجایی میکنیم

است بصورت فیزیکی از هم جدا شوند. چون بصورت فیزیکی هم مخلوط شده اند. یعنی مواد با یکدیگر بیستمه یا پس می روند
و این چیزی است باید از برز آن جلوگیری کنیم، پودر ما با یکدیگر آنقدری که گت و لغز را نه مندی که در (دانه با تیره همون)
باقی بماند. برای رسیدن به این منظور سه راه تولید پودر جویش وجود دارد:

(1) مواد سنگین دفعه پودر جویش را آسیاب می کنند و در جاهی که دارند بجم می خورند داخل آن مواد چینی (سبیه)
پوشش اکثرود) را Spray می کنند. مثل نسازند گندله سازی. بعد عملیات Batching و خشک کردن انجام
می شوند. به این روش دپورریت آمده Bounded Flux می گویند (پودر جویش چسبیده شده) که دانه های
آن هم حالت ساجیده ای (مثل گندله) دارد.

(2) به جای اضافه کردن چسب ترکیباتی اضافه می کنند که یک مقدار نقطه ذوب پایین تر را داشته باشند. اینها در جاهی
که به هم می زنند حرارت هم می دهند. این روش سبیه تولید میج وسیع است. حرارت در هم است که
بعضی از ترکیباتی که نقطه ذوب پایین دارند زوب می شوند و می گند آن گاز زوب ندر شوند و این باعث می شود که

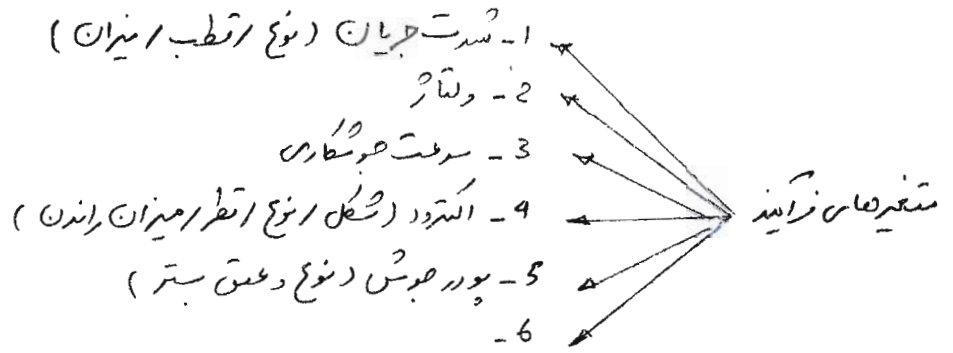
اینها به هم چسبند (Sintering) اینها را نه فلز بصورت همون اما به هم چسبیده بدست می آیند که بعد از
آف کردن آن ها را جدا می کنیم. به این پودر جویش Agglomerated Flux یا پودر جویش زینتر شده می گویند
(3) مواد در جاهی که با هم مخلوط شده اند داخل کوره های مخصوص حرارت می دهیم تا زوب شوند. سبیه عملیات

زوب و تولید می شده است. این مخلوط مواد زوب شده را درون پاتیل های مخصوصی می ریزند (مواد زوب شده
مثل سرباره هستند) و بعد آن ها را خرد می کنند و به شکل پودر در می آورند. در حالت شکل دانه ها حالت سبیه ای
دارد که به آن Melted Flux (Pre fused Flux) می گویند یا پودر جویش پیش زوب شده.

این سه روش تولید مجموعاً جزء یکی از شصت هاس پودر جویش هستند.

• بطور کلی سه شصت اصلی پودر جویش بازیسته، Mesh و کون تولید آن هستند. برای سفارش Flux به این
سه سئله را در نظر بگیرید.

ادامه فرآیند جوشکاری زیر پودری ...
3- تغییرهای فرایند:



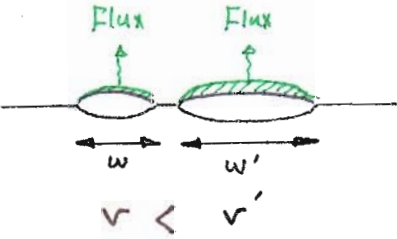
شدت جریان

در این فرآیند الکترود جویان DC و DCEP دارد. جودر سوار در این فرآیند با ولتاژ است. باسیم وصل فرست
توس راه است باسیم که با جویان AC کار فرایند است.



تأثیر میزان جویان: تقریباً سیم به جوشکاری با الکتود در دست است. یعنی با اضافه کردن شدت جویان تأثیر عمده این روی عمق یا نفوذ جوش می گذاریم (Depth of Penetration)
تأثیر لینی میزان جویان: هر چه جویان بیشتر باشد مقدار ریخته می شود بیشتر است و هر چه حرارت بیشتر باشد قطعه کار برسد. مثلاً زمان بیشتر می هم برای خنک شدن نیاز دارد بنا بر این شدت سرد شدن جوش تغییر خواهد کرد و مثلاً روی ساختار و خواص جوش تأثیر می گذارد.
ولتاژ:

معمولاً تغییرات زیادی در ولتاژ نمی توانیم بچود و در هم هر چند ولتاژ دارد محدود است. در این می توان تنظیم شود. ولتاژ را بین 30 تا 45 ولت در دستگاه می توانیم تنظیم کنیم.



تأثیر لینی ولتاژ: روی پهنای بانده جوش اثر می گذارد. هر چه ولتاژ بیشتر باشد پهنای بانده جوش بیشتر می شود.
هر چه ولتاژ بیشتر باشد مقدار پودر بیشتر می هم زود می شود. کم روی معادله حسابی ولنی جوش می تواند اثر داشته باشد.
تأثیر لینی ولتاژ: هر چه ولتاژ بیشتر شود Heat input بیشتر می شود و به دنبال آن تغییر Cooling Rate و تغییر ساختار و خواص جوش

$$\text{Heat input (kJ/cm)} = \mu \frac{V \cdot I}{S}$$

(حرارت داده شده)

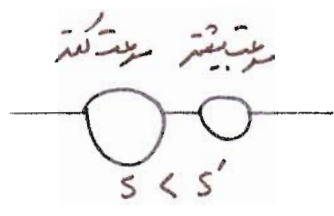
Heat Input بصورت بود تعریف می شود و معمولاً هم برای واحد طول آن را تعریف می کنند. μ ضریب است که بستگی به نوع فرآیند جوشکاری دارد، V ولتاژ و I جویان الکتریکی ولت در

شدت جوشکاری (Welding Travel Speed) است. سرعت جوشکاری در HI تأثیر محسوس دارد، μ به این دلیل است که کمترین از حرارت توسط تلف می شود و جزب قطعه نمی شود.

— سرعت جوشکاری:

• این متغیر مهم در مساله قابل تنظیم است.

• تنظیم هم در مساله دامن فرایند می تواند حرکت کند و هم تطبیقاً (حرکت انتقالی یا چرخشی) هر دو این حرکات سرعت جوشکاری را تعیین می کند. تنظیم در مواردی که این فرایند بصورت Semi-Automatic انجام می شود که در آنجا هم سرعت جوشکاری مفهومی پیدا می کند.



• تأثیر کمی: (فضای کردن حجم ذوب به نسبت عکس). در این جا به نایب و غریب، رابطه منفرجه بین بلای حجم جوش مطرح است.

در شکل من بینیم که جایی که سرعت کمتر است هم به نایب جوش بیشتر شده و هم عمق جوش.

• تأثیر کمی: همانطور که دیدیم تأثیر معکوس در Heat Input دارد و بنابراین در مساله ها در خواص تأثیر گذار است.

• بدیهی است که حرکت از تغییر های آهسته و تدریجی در سرعت دارد که می تواند دست کاری کنیم.

• اثر سرعت خیلی زیاد باشد یک جوش ناخوشایند کار خوب زود منتهی و اثر سرعت خیلی کم باشد امکان ریختن زود دریا

جاری شدن زود در مساله سطح کار وجود دارد

— الکترو در (شکل انواع اقطار / میزان راندن):

• منظور از شکل الکترو در مقطع سرد یا غیر سرد است

• شکل الکترو در تأثیر کمی زیاد در دلی می تواند تأثیر کمی داشته باشد

مثلاً مطابق شکل با فرض یکسان بودن آهسته و تدریجی سرعت در... شکل جوش

فوق خوانند کرد اما در دلی ندارد که آنالیز جوش یا خواص جوش فرق کند

• نوع الکترو در: تأثیر کمی دارد. یعنی شکل جوش در پهنای جوش و عمق... تغییر کم خواهد کرد اما با کم و زیاد شدن M_o, M_n

و e_o ... خواص جوش تغییر می کند.

• قطر الکترو در: منظور ابعاد الکترو در است (همه مقطع سرد و همه مستطیل)

اگر سایر متغیرها مثل ولتاژ و... ثابت باشند. اگر قطر الکترو در (مقطع سرد)

را بخواهیم تغییر دهیم تأثیر کمی در می توانیم بدون تغییر آمپر این کار را انجام

دهیم اما نه زیاد. مثلاً برای الکترو در قطر 3 میلی است بتوانیم از 600^A تا

900^A کار کنیم اما نه توانیم مثلاً با 1500^A کار کنیم.

• هر چه قطر الکترو در کمتر باشد، چگالی جریان بیشتر خواهد شد، بنابراین جوش ماغز تر اما با عمق بیشتر خواهد بود.

• میزان راندن الکترو در هم می تواند تأثیر کمی در هم تأثیر کمی داشته باشد. تأثیر کمی را وقتی می بینیم که آنالیز الکترو در

با آنالیز قطع تفاوت داشته باشد. یعنی ضمن الکترو در، ضمن قطع با هم تفاوت داشته باشد.

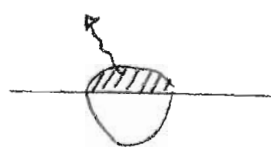
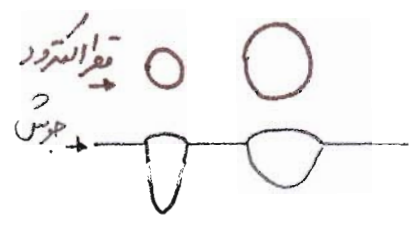
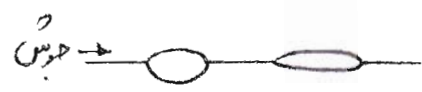
• تأثیر کمی سرعت راندن در حجم جوش و مخصوصاً در عمق جوش

است. یعنی چون حجم بیشتری زود می شود حجم قسمت با باسی جوش بیشتر می شود

همچنین در Dilution یا میزان رقت تأثیر می ندارد. یعنی این هم مقدار

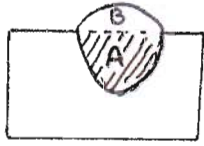
الکترو در زود می شود و چه مقدار قطع کار

مقطع الکترو در



• مفهوم Dilution نشان می‌دهد که

هر مقدار Filler M. زیرین شود چه مقدار قطعه کار و با هم آلیاژ می‌شوند و فلز جوش را بوجود می‌آورند.



Dilution

$$D\% = \frac{A \times 100}{(A+B)} \times \frac{fl}{fl} = \frac{A}{A+B} \times 100$$

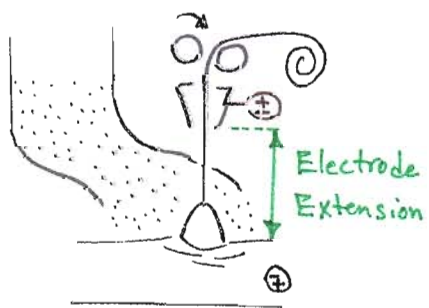
A مربوط به Base Metal و B مربوط به Filler Metal است. A از بدنه ضرب شود حجم Base Metal را می‌دهد. fl از بالا و پایین حذف می‌شود و نهایتاً نسبت $\frac{A}{A+B}$ با همین ارقام را می‌دهد و هر چه بزرگتر باشد یعنی میزان فلز پایه بیشتر است.

در Dilution را دسته‌بندی می‌کنیم و آن‌ها Filler Metal و Base Metal می‌توانیم قبل از جوشکاری ترکیب سیم‌ها را نیز جوش را حدس بزنیم. بنابراین خواص فلز جوش را هم می‌توانیم از قبل بدانیم. بنابراین با تغییر Feeding Rate می‌توانیم تا یک حدی مقدار Dilution را هم تغییر دهیم.

- پودر جوش (طبق ستر انوع):

- منظور از نوع پودر سه مشخصه دانه بندی، بازیجه و نحوه تولید است. که نوع پودری می‌تواند تأثیرات گفنی داشته باشد.
- عمق ستر پودر: اثر مقدار پودری که در کاسه ستر (طبق ستر پودر) کم باشد عمل محافظت بطور کامل انجام نمی‌شود پودر فقط سطح عرضی جوش را پوشش می‌دهد و کاسه ستر است، بلکه سیم گشای هم که به سمت پایین می‌آید و قبل از رسیدن به قوس داخل آن می‌شود (گشای از آن جدا می‌شود) آن گشای را هم باید از آن محافظت کند. همین طور قطره‌ای که بر روی نوک سیم است در آن خواص داخل عرضی مذاب منتقل شود و باید محافظت کند.
- بنابراین اگر کم باشد عمق ستر، اکسیدان و ازت و عوامل ناخواسته دیگری می‌توانند تأثیرات نامطلوبی را در جوش ایجاد کنند.
- پودر چه کم رخته شود چه زیاد آن مقدار می‌باید زود شود، زود می‌شود و اینطور نیست که مقدار سیمتری زود شود. اثر مقدار پودر زیاد باشد تا زمانی که خواص داخل از مذاب خارج شوند و بیرون می‌آید ممکن است محبت می‌شوند.
- بنابراین یک طبق معمولی باید پودر در کاسه ستر کار رخته شود. این مقدار در حد اول موجود است اما معمولاً بر اساس تجربه جوشکار جودری پودر می‌باید که اثر 3/1 آن زود شده، 2/3 آن روی کار باقی بماند و عمل محافظت را انجام دهد.

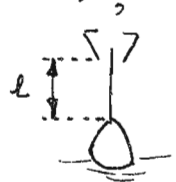
- Electrode Extension (طول سیم الکترود)



- طول سیم الکترود را می‌توانیم خودی فاصله نازل تا کار تعریف کرد.
- این طول تقریباً برابر طولی از الکترود است که جریان از آن عبور می‌کند.
- (جریان الکتریکی به بیخ درجه به سمت بالا حرکت نمی‌کند چون سیم سخته است)
- اگر این فاصله کم باشد با اینکه محل تنگی مواج می‌شود
- حرارت قوس ممکن است نوک نازل را خراب کند: یعنی یا زود شود یا

تعدادی سر باره به آن می‌رسد و به صورت تریب دیگر الکترود به راحتی می‌تواند از آن عبور کند و دیگر کند (2) پودر را نازل می‌زند و عمق ستر پودر کم می‌شود و عمل محافظت به درستی انجام نخواهد شد. (نازل پودر را نازل می‌زند)

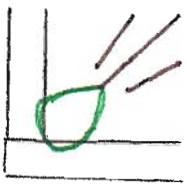
- اگر فاصله نازل تا کار زیاد شود: داخل سیم زیاد می‌شود. قبلاً اشاره کرده‌ایم که حرارتی که موجود می‌آید به رو جوش تقسیم می‌شود و یک حرارت قوس که بیش از 90% حرارت است در زیر حرارت مربوط به طول L است و در تمام مقاطع نازل از $R = \frac{fl}{3}$ است که بر اساس



تایون فولد را بوجود آورد. این حرارت می تواند سیم را نرم کند، نرم شدن آن زیاد مسئله نیست اما گذاشتن آن مسئله ایجاد می کند. زیرا این گذاشتن در سطح شدن در منطقه این اتفاق می افتد و این پودر محافظ وجود ندارد و می تواند آسیب شود. علاوه بر این سیم، سیم که گذاشته می شود حالت Solid بودن خود را تا حدودی از دست می دهد و دیگر، راحتی نمی تواند باشد باید چون حالت نیم زرب دارد قبل از نیمه؛ قوس برسد.
به همین علت Electrode Extention چیزی حدود 3 یا 4 سانتی متر تنظیم می شود.

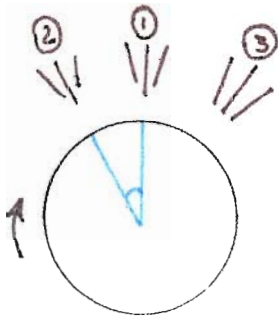
تغییر یابی که تا اینجا ذکر شد تغییر هاسر اصلی فرآیند هستند، علاوه بر اینها چند تغییر کوچک دیگر هم هستند:

- هنگامی که من خواهم جوش نباشی بدو سیم، زاویه نازل با سطح کار مهم است.
- اگر دو تا ضخامت یکسان باشند زاویه 45° است اما اگر ضخامت ها متفاوت باشند باید زاویه را تغییر دهیم.



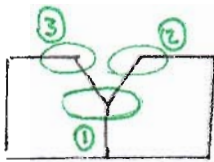
- زاویه را طوری تغییر می دهیم که حرارت قوس متعادل شود و قطع این که حلقه تراست در مورد جوش Circular یا دایره ای:
- سگ استوانه ای را من خواهم سرب سر جوش دهیم در حال چرخیدن است.

سوال این است که نازل و اکثر در مکان (1) باشد یا (3)؟
حالت (2) مناسب تر است و زاویه سطح شده در شکل برای آن تعیین می شود.



4- نقاط کلیدی:

- در این فرآیند چون لوله است اتوماتیک است نقاط کلیدی همان صورت نداریم.
- تنظیم شوت اکثر در محل اصلی:
- هنگامی که قوس روشن می شود عملاً قوس را من می بینم و سیر جوشکاری هم زیر سیم از پودر مخفی است. بنابراین باید در همان ابتدا سیم و محل کار را مشخص شود.



- هنگامی که جوشکاری قطع می رود در این پاس باید درست در وسط تنظیم باشد بعد برای پاس دوم و سوم باید دستگاه جا به جا شود. حتی اگر لازم شد یکبار قبل از شروع کار باید سیم را طوری کنیم تا اگر لازم بود محل دستگاه را عوض کنیم تا جوشکاری بهتر انجام شود.

- بعد از چند ثانیه مخزن پودر جوش را عقب کنیم. یعنی اینکه نباید در دست مخزن کاملاً خالی شد خواهم آن را پودر کنیم.
- کلاف سیم را عقب کنیم تا وسط کار سیم تمام نشود، چون باید جوشکاری را متوقف کنیم، محل تعویض را من می بینم و بعد از جوشکاری کنیم. چون اصلاً زیت این فرآیند این است که تعویض اکثر در نداریم. اگر قرار است وسط کار سیم تمام شود آن مقدار باقی مانده را جمع کنیم و یک کلاف جدید بگذاریم.
- تغییر کردن سوپارن: دقیقاً جسی که در مورد جوشکاری با اکثر در دست راستیم صادر است.
- پاس هاسر جوش را طوری کنار هم قرار دهیم که یک مقدار در من هم سوار باشند و زاویه نیز فرآیند باشد.
- کاربرد این فرآیند طوری است که نقطه شروع و انتهای هم یعنی خواهم در من قطع ما باشد.

• مثلاً در مورد دلویم و متال در طول دلویم جو سگار می کنیم ابتدا دانه های جو سگار تا بل اطمینان نیستند. چون ابتدا در جو سگار لغز لغز تا سطح سرد است و لغز و واکنش هاس من مذاب و سرباره شکل گرفته است. و دانه های جو سگار احتیاطاً ناخالص جمع شده و حزنه ترک در آن وجود دارد. بنابراین انتقال دلویم به قسم ممکن است بی وقت شود و دلویم سرد جو سگار کنار قسم بیفتد. این احتیاط قسم وجود دارد جو سگار قسم که دور تا دور دلویم را به قسم جو سگار می دهد دقیقاً دلویم ابتدا در دلویم قسم بیاید از دور در نتیجه این عوامل دست به دست قسم می دهند تا آن نقاط بسیار ضعیف دحاس شوند. از طرف دیگر نمی توانیم برای هر دلویم این قسم که تولید می شود 5cm اول را افزایش بدهیم و دور تا دور این کفایت با این صورت است که یک تکه از هاسان دوری که تولید می شود در ابتدا در جو سگار من نذارند

• بایک خان جو سگار اصطلاحاً آن TAP می گویند شروع جو سگار را در آنجا دارند. در ابتدا در جو سگار قسم همین چیز را قرار می دهند. این تکه بایک تکه شکسته می شود و تمام طول 12m جو سگار یکپارچه می شود. حالا اگر احتیاطاً این دو نقطه کنار هم قسم قرار می دهند دیگر نگران آن نیستیم.

- فاسد شدن پودر جو سگار:
- پودر جو سگار قسم شکل پودر جو سگار الکترود من تواند در اثر جذب رطوبت و چسب فاسد شود.
- فاسد شدن قسم جو سگار:
- درست است که پودر جو سگار نازک من قرار در دلویم من قسم می تواند؛ موزن هاسان الکترود
- ممکن است در اثر جذب پودر جو سگار ندادن، پودر جو سگار منس کنده شود و الکترود فاسد شود.

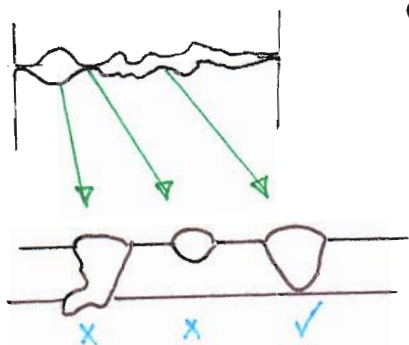
5- مزایای محدودیت ها:

- مزایا:
- زیر کبید ماسه من و اتوماتیک است. خود این سله چندین مزیت دارد:
 - نقش مهارت جو سگار در اینجا حذف می شود و من توان به جو سگار اطمینان داشت.
 - خستگی جو سگار در اینجا ضعیف کمتر است. در جو سگار من هاسان دستر حد اکثر جو سگار من تواند 4 ساعت کار با کیفیت انجام دهم بعد از آن هر چند هم مهارت داشته باشه کیفیت جو سگار من زیر سوال می رود. اما در اینجا operator براحتی من تواند 8 ساعت کار انجام دهد. بدون اینکه خستگی او نقش در کیفیت جو سگار داشته باشه
 - تعویض الکترود در دلویم و الکترود Continuous است که خود این چند مزیت دارد
 - یکپارچه جو سگار تا من من شود قسم از نظر ظاهر در قسم کیفیت جو سگار
 - زمان برای تعویض الکترود صرف نمی شود و کار سریعتر می شود.
 - چون Range جریان در اینجا با اتوماتیک تر است، توانیم انتظارات با قسم با قسم $Deposition Rate / Melting Rate$ joining Rate بیست می شود.
 - در این زمانه براحتی من توانیم 10 تا 15 برابر الکترود دستر نرخ انتقال داشته باشیم چون آن به با است.
 - با توجه به اینکه قوس منضم است در امتیاز داریم دیک محدودیت:
 - عوارض نور قوس تقریباً ناچیز است. اثر پودر Flux به موقع در اندازه رنجته شود، سطحی برای قسم دستر نداریم
 - جریان بار حاست زیاده برای کیفیت جو سگار ایجاد نمی کند. چون پودر رنجته شده براحتی با فوژس بار جا جا

نی شود که جوالده قوس باز شود و بعدا وارد شود.

محدودیت ها:

- مخفی بودن قوس باعث می شود که جوشکار نتواند در نقطه شعله منطقه قوس باشد. یعنی اصیلاً به هر دلیل اگر نقطه جوش سرد و جوش منوع شود باید همین سانتره جوش با انحراف از مسیر بسن برد تا جوشکار متوجه آن شود.



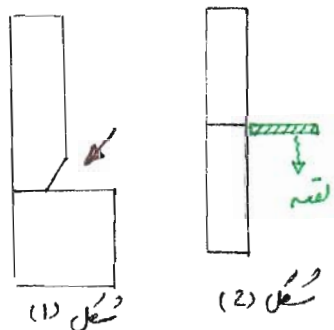
• باید حتماً در لبه اس کر می خورایم به قسم جوش داریم حتماً لبه ها قبلاً با ارن یا با لئوتین بریده شده باشد تا درز یکنواخت باشد مخصوصاً برای پاس ریشه.

در عمل در 60% موارد ممکن است لبه را با لئوتین بریده باشیم و درز یکنواخت باشد اما در عملی مواردی قوس یا شعله بریده ایم و درز یکنواخت نیست و وقتی لبه ها را کنار هم می نذاریم بعضی جاها به قسم صلبه و بعضی جاها ناصبه زیاد است. حال وقتی من خوراییم جوشکار نمی بینیم با این فرآیند مشکل داریم. در اکثر در دستا چون جوشکار زود و قوس را می بیند با مهارت خود می تواند جاهایی دستش را آهسته، سرعت حرکت دهد یا گاهی حرکات زنی زانی (پل زدن) انجام دهد و طول جوش می دهد که انتها کار اصلاً متوجه نمی شویم که درز جوش یکنواخت نبوده.

اما در جوشکاری زیر پودری چون این کارها را نمی توانیم انجام دهیم مسلک است میجا زود پاس بریزد و جاسی دیگر نفوذ کافی نداشته باشد. ریشه جابعم جوش مناسب داشته باشیم.

- این فرآیند در حالت تحت وافتق قابل انجام است ولی جوشکاری قائم یا با پاس سرد نمی توانیم با آن انجام دهیم.

• چون شکل ریختن پودر و باقی ماندن پودر درون سطح کار را داریم
• برای حالت افق قسم در بعضی شرایط می توان از این فرآیند استفاده کرد.
مثلاً وقتی لوله قطع با ضخامت ها متفاوت را مطابق شکل (1) می خوراییم جوشی داریم با یک نخ سازی مناسب می توانیم پودر را بریزیم و با زاویه مناسب عمل جوشکاری را انجام دهیم.



در حالتی که ضخامت ها برابر است (شکل 2) می توانیم از یک لقمه کنار کار استفاده کنیم در انتها آن را برداریم.

- درخت ساختاری:

• درخت است که با جریان بالا حجم زود زیاد می توانیم جوشکاری کنیم. حتی ورق 10mm را می توانیم بدون نخ سازی جوشی داریم در حالی که با اکثر درستی حتماً باید نخ سازی می کردیم و چند پاس جوش می دادیم و هزینه هم بالا می رفت. اما محدودیتی که در مقابل آن وجود دارد این است که Heat Input زیاد باعث درخت ساختاری زودتر جوش در اطراف جوش می شود. چون وقتی فنزما آرام سرد شود کین از اتفاقاتی که می تواند بیانده درخت شدن رانه ها است که درون خواص مکانیکی خود را تا میسر می گذارد.

• کین از زمانی قسم که از چند استرود همزمان استفاده می کنیم، این است که با آن قسم از فرآیند درخت ساختاری بیرون آیم

- قیمت دستگاه و تجهیزات

• این مورد هم محدودیت است در هم در بعضی شرایط می تواند فرست باشد.

• تپت دستفاه و تجهیزات این فرآیند نسبتاً زیاد است و حدود ۱۰ برابر الکترودرستمانی این سلفه در نگاه اول یک محدودیت محسوب می شود (در جاهایی که در روز بیشتر از یک یا دو ساعت از دستفاه استفاده نمیکنیم)

• اما اگر از دستفاه جایی استفاده می شود که در روز ۱۰ تا ۱۲ ساعت از آن استفاده می کنیم و دیگر محدودیت نیست بلکه مزیت است. چون آن حجم کار را از زمین خواستیم با الکترودرستمان انجام دهیم شاید ۱۰ تا ۱۵ متر کار با ۱۰ تا ۱۵ دستفاه نیاز داشته باشیم و هزینه ها خیلی بیشتر می شود.

راه کارهایی برای جلوگیری از خوردگی و جابجایی که در جوش میخوانند نیست و از این فرآیند میخوانند استفاده کنیم:

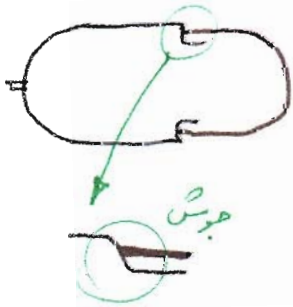
Backing systems (سیستم های پشت بند): نقطه مخصوص فرآیند زیر پودری نیست اما به علت صنعتی که در این فرآیند وجود دارد بیشتر استفاده می شود

- Weld Backing systems (جوش)
- Strip Backing systems (نوار)
- Copper Backing systems (مس)
- Ceramic Backing systems (سرامیک)
- Flux Backing systems (پودری)
- Edge Backing systems (لبه)

در مورد کاربرد این سیستم:

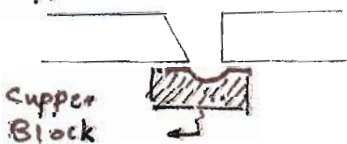
در مورد کپسول گاز خنثی که از این فرآیند استفاده می شود ضخامت ورق حدود ۳mm تا ۲.۵ است. به علت حساسیتی که دارد جوش باید نفوذ کامل داشته باشد. در قسمت عبورت کاسه درآمده اند و باید به لیم جوش داده شوند. یکی از قسمت ها، گوشه ای را بصورت لبه در می آورند و قطعه دوم را بصورت شیار داده شده کنارش قرار می دهند

Edge B.S.



بعد قطعه شروع به جرفیدن می کند و کنارش جوش داده می شود. پشت کار خنثی از گاز قرار گرفته، می توانیم ۵٪ تا ۱۰٪ آرگون را با آرگون ترکیب و جوشکاری کنیم. این جابجایی مهم نیست که یک جا از بازتر باشد یا بسته تر باشد چون پشت آن را گرفته است. طالع از ورق ۳mm یک جا ۱mm زیر یک جا ۲mm فرقی برای ما نمی کند چون اصل جوش کامل است.

Copper B.S.



: Copper B.S.

در قطعه ای که میخوانیم جوش دهیم کنار هم قرار می دهیم (سنگ استیخ سازی هم داشته باشیم). پشت کار یک سده مسی بصورت سرتاسر قرار می دهیم

(یا یک Block مسی) که اصلاً توسط سیستم سرد کننده هم خنک می شود. حتی اگر لازم باشد می توانیم در مسی Block مسی یک فرم بصورت شش ضلعی شده هم ایجاد کنیم. حالا اگر درز کس بازرتر یا بسته تر باشد،

یا اینکه آید که با آرایه شکل می‌نماید. چون اینجا دیگر زیر نمی‌تواند بودن ببرد. و چون Block مسی سر را
زیر آن می‌چسبند. بنابراین گفتار نه گفت کار را هم نگاه می‌کنیم، آنجا یک ردیف است که در هم چسبند
شده است.

علاوه بر این روش‌ها می‌توانیم، پاس اول را از تمام محاسن جوگرافی زیر بوردی حذف نظر کنیم و با اکثر روش
پاس اول را همش در هم، بعد سنت بزنییم در مطنین شویم که Defect در آن نیست و بعد بقیه پاس‌ها را
با جوگرافی زیر بوردی اول در هم.

Cross shielded Arc w.

فرایند جوشکاری در کاسه محافظ

(TIG) Tungsten-Inert Gas Arc w. Electro Gas w.

فرایند جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز بی اثر

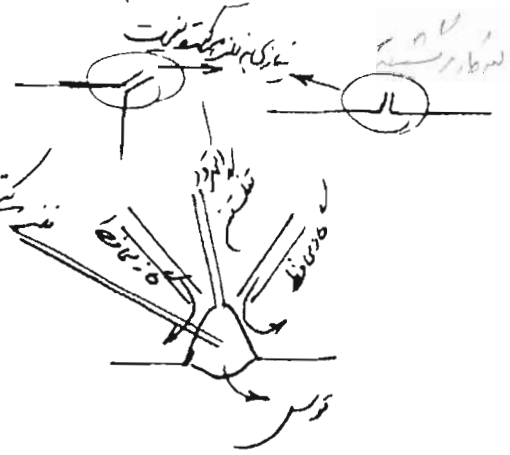
Metal Active Gas w. Metal Inert Gas w. MIG-MAG

فرایند (GTAW) ، فرایند MIG-MAG که مخفف Metal Inert Gas w. Metal Active Gas w. است

است. فرایند Stud w. فرایند Flux w. فرایند Plasma-Arc w. ... و البته تصویرت زیر سبکتر از MIG فرایند CO_2 Metal Arc w. مهم داریم

فرایند T.I.G ، G.M.A.W به بیان فرایند جوشکاری در کاسه محافظ تنگستن و گاز بی اثر است. فرایند جوشکاری که مخفف است از Tungsten Inert Gas Arc و Shielded Metal Arc w. است. در این فرایند الکترود تنگستن و گاز بی اثر از یک طرف و فلز مذوب از طرف دیگر از کاسه محافظ خارج می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات غیر آهنی و همچنین برای جوشکاری آلومینیم و منگنز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود.

در این فرایند الکترود تنگستن و گاز بی اثر از یک طرف و فلز مذوب از طرف دیگر از کاسه محافظ خارج می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات غیر آهنی و همچنین برای جوشکاری آلومینیم و منگنز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود. این فرایند برای جوشکاری فلزات آهنی و فولاد نیز استفاده می شود.



زود انجام می شود و جوشکاری صورت می گیرد. فرایند جوشکاری در کاسه محافظ تنگستن و گاز بی اثر است. فرایند جوشکاری در کاسه محافظ تنگستن و گاز بی اثر است. فرایند جوشکاری در کاسه محافظ تنگستن و گاز بی اثر است.

تخمین است. - منبع کتاب P.S. در مسرت که از مودم و در تمام دستاویزهای سیستم از تراشه‌ها و
 تراشه‌ها و در تمام استخوان شود. دایره‌های در تمام DC و هم از جریان در آن استخوان و در این تراشه‌ها و در
 آمپراژ در هر 05-1 آمپر است. عموماً از آمپر در این تراشه‌ها در جوشکاری از طریق و با کیفیت‌های
 ضعیف کم در نوع در این تراشه‌ها استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در - در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان

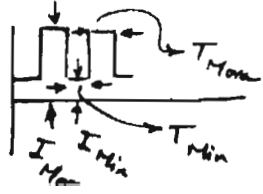
سیستم کنترل کند. این سیستم از تجهیزات استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 کنترل کند. این سیستم از تجهیزات استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 زمان که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 مدار تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 امکان دارد تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 با یک هم می‌توان آن را متوقف کرد و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان

لایه‌ها می‌تواند تا تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 وجود دارد که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 با سرعت عموماً که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 اینجا در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 انجام داد و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 به آغاز تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 با سرعت تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 بیشتر استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 داریم عموماً تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 داریم که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان
 که در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان و در تمام استخوان

water proof
tenth

pulse

جریان

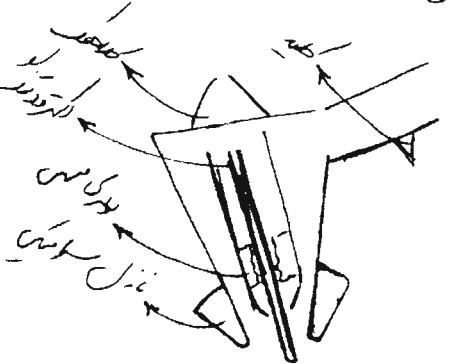


سیستم تأسیخ کاری است. این سیستم خود را شکل سیم‌الکت آرسون گفته، به علاوه در این سیستم در صنعت جوشکاری هم به نام سیستم کنترل گفته. اما در ابتدا به کار می‌رفت تا بعد از آن به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت.

سیستم سرد یا سرد گفته که هم می‌تواند از هوای اطراف برای خنک کردن استفاده شود و هم نه سیستم آب. در حالتی که از سیستم آب استفاده می‌شود خود از نوع ارت یک حالت در صورتی که سیستم آب سرد است فیزیکی بیشتر به کار می‌رود تا سیستم. یعنی یک فرسخ آب که در اطراف است به واسطه فرسخت می‌شود آب به حالت مایع می‌ماند و در این حالت در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت.

فصل - torch که شکل خود را شکل تأسیخ گفته. این روش در این سیستم به کار می‌رود که در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت.

نازل در این روش به کار می‌رود و به واسطه این نازل شکل خود را شکل تأسیخ گفته. این روش در این سیستم به کار می‌رود که در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت.



این روش در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت. این سیستم در ابتدا در صنعت جوشکاری به کار می‌رفت و در تمام کارها به کار می‌رفت.

در بعضی حال بعد از آنکه که منی کلیم درین قطعه ضمیمه دیگر عالم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 مرد با آب هم جویب نمیشود. نکته دیگر اینکه اگر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 شود. بعد از آنکه که چون در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 نیز کلیم در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 نوز که در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 نیز کلیم در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 نوز که در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
 نیز کلیم در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم

فردا بستر است

۱. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۲. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۳. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۴. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۵. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۶. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۷. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۸. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۹. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم
۱۰. نظر در آن روز منی کلیم در آن روز نازک است و کلیم چون اگر در مازاد من شود در منی کلیم

نقطه جوشکاری قوس - الکترود تنگستن و گاز خنثی (G.T.A.):

در حلبه قبل در سدد جبهیزات، مله معنی و تغییرهای این نقطه صحت است. در این حالت تنگی، مله با محدودیت های آن می بپردازیم.

• نکات تنگی، • آداب بازی قطعات • ایمنی

کبت ایمنی در این نقطه که علاوه بر دیگر نکات ایمنی است، کبت نزد قوس است زیرا در این نقطه قوس بسیار شده است.

از نکات خاص دیگر این نقطه دقت در روابط با نوک الکترود تنگستن است زیرا این الکترود پس از چندین ساعت استفاده حالت تیزی خود را از دست خواهد داد.

نکته دیگر در مورد نازل است که عموماً از جنس سرامیک است و امکان دارد در اثر سرد گرم شدن شکند و یا در اثر ضربه که در این صدد می تواند عمل می نقطه موجب خرابی انجام دهد و لازم است که عوض شود.

نوک الکترود تنگستن باید در حدود ۲ تا ۳ میلی از دهانه نازل بیرون تر باشد. اگر نوک آن درون نازل باشد یا مجبور هستیم نازل را ضعیف به کار نزدیک کنیم و یا اینکه طول قوس زیاد می شود. این طول قوس زیاد و ننداشتیری

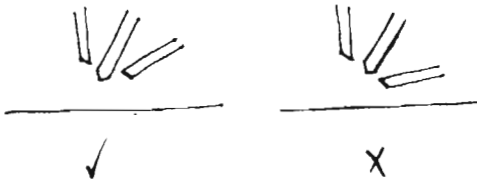
موجب طلب می کند. نزدیک شدن نازل به سطح کار باعث آسیب دیدن نازل و علاوه بر آن کاهش سطح تحت می نقطه می شود.

قبل شروع جوشکاری چندین روش دجه دارد. اولین روش این است که یک پدال در زیر پای جوشکار قرار دارد که این امکان را به وی می دهد تا شروع قوس با دستبرگرم باشد. مجدداً یا دوری می شود که در این نقطه باید

مشروع جوشکاری نوک الکترود به سطح کار یعنی ما می بینیم پس از به وجه کردن قوس به تدریج الکترود و مشعل را از سطح کار دور می کنیم و به همان نسبت آهسته آهسته می دهیم تا حوضچه جوش به وجه آید پس از آن شروع به

جوشکاری می کنیم. زاویه مشعل در حدود ۸۵° یا ۸۰° نسبت به سطح کار است. در این روش چون الکترود ذوب نمی شود هیچ حرکتی در راستای الکترود و مشعل نخواهیم داشت و پس از تثبیت قوس فاصله آن

به سطح کار ثابت نگاه می داریم. نکاتی که در مورد سرعت حرکت مشعل دجه دارد همانند دیگر نقطه بندهاست



بدین ترتیب که اگر خیلی کند حرکت کند میله در حجم ذوب باهوی رود و می ریزد و اگر خیلی تند حرکت کند یک ذوب سطحی با نود کم خواهیم داشت.

نکته دیگری که در این نقطه دجه دارد بسیار حائز اهمیت است این است که در انتهای کار که مشعل را خاموش می کنیم نباید آن را کنار بکشیم بلکه باید چند لحظه صبر کرده پس آن را به عقب بکشیم. دلیل آن این

است که حوضچه انتهایی بر روی جوش الکترود قرار می‌گیرد و در صورت عملیات جوشکاری
با آن و الکترود در حوضچه حوضچه بر روی فلزات مانند تیتانیوم، منیزیم و زیرکونیوم بسیار جوی
و مهم است. به همین دلیل حتی پس از قطع شدن کاتود چنانچه کاری فقط قطع نمی‌شود و این کار قطع
شدن در تیتان مشعل برآورد کردید.

آلترستیم امکان تغییر دمای جوشکاری را دارد توصیه می‌شود که برای قطع کردن نوسان ابتدا مقدار آلترستیم را کم کنیم و بعد نوسان را
قطع کنیم و این بدان علت است که در انتهای جوش حفره و گهواره به وجود نیاید.
این نکات عموماً برای زمانی است که نیازی به *Filler Metal* نداریم یعنی یا در لبه قطعات که کاملاً به یکدیگر
چسبیده ایم و یا کمی کناره برآمده ایم.

آلتر به *Filler Metal* نیاز به طبیعتاً یک جوشکار در تیتان مشعل دست آلتر برای گرفتن مفتول است
پس طبیعتاً باید ماسک روی صورت کوهی باشد که مهارت های خاص حفاظتی طلبد. در این حالت
ابتدا باید نوسان در حوضچه مذاب به وجود آید و سپس نوسان مفتول را به آن منتقل کند. در هنگام
تغییر کردن مفتول به حوضچه مذاب رعایت چندین نکته در تیتان مشعل است. اول آنکه به هیچ عنوان
در عمل جوشکاری نباید مشعل دائماً حرکت کند و به مفتول منتقل نشود. دوم آنکه نوسان مفتول به هیچ عنوان
نباید وارد منطقه مذاب شود. سوم آنکه نوسان مفتول نباید با نوسان الکترود تنگستن برخورد کند. دلیل
این عمل در این است که آلتر مفتول به نوسان الکترود تنگستن برخورد کند و با نوسان الکترود تنگستن به حوضچه مذاب برخورد
کند چون در این منطقه بالای 3000°C است فولاد با فلز کار ترکیب می‌شود و در این ذوب تنگستن با این
می‌آید و منتهای تنگستن وارد منطقه مذاب می‌شود و در نوسان الکترود به سرعت حالت تیزی خود را از دست
می‌دهد. پس در این حالت باید نوسان مفتول به اندازه حوضچه مذاب برخورد کند. چون در اطراف این
حوضچه به قدر کافی با آلتر مفتول از جنس دست انتخاب شده باشد ذوب می‌شود پس از
ذوب مفتول باید آن را کنار کشید و بی‌آن قدر که در معرض حمل قرار گیرد زیرا نوسان ذوب شده است و
به سرعت با سرعت ترکیب می‌شود بلکه باید آن را در محدوده دانش کار می‌نماید و این عمل را به
مشاهده عملی کرد. در انتها یک مقدار مفتول را بیشتر ذوب می‌کنیم.

سایان ذکر است که هرگونه تغییری در نوسان الکترود تنگستن باعث بالا رفتن مصرف الکترود و ورود ناخالصی‌ها
به درون مذاب می‌شود. بنابراین تنگستن با فلز جوش به مثابه تریپل جوش می‌شود.

چون در این فلزها سه سر به وجود می‌آید نیازی به پرس کردن در تیتان مشعل نیست.
از منظرها و محدودیت‌هایی که برای تنگستن *T.I.G.* وجود دارد این است که می‌توان آن را به صورت
دستی، نیمه اتومات و تمام اتومات استفاده کرد. همچنین این فلزها یک فلز کمیاب است
همین است. هر فلز که اشاره شد در این فلزها هیچ‌گونه دود و سر به راهی نداریم و جوشکاری تولید

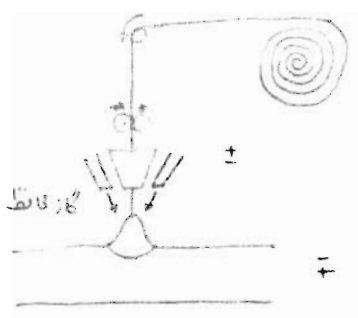
از پشت ماسک منطقه جوش را در معرض تابش پرتوهای یونانیزاننده قرار می‌دهیم. تغییر دمای از تغییر بودن
 تغییر بودن فلز جوش و دمای بودن آن از هرگز در حالتی که در آن است. چون در اینجا هیچ گونه ترکیبی بین گاز
 و مذاب وجود ندارد آنرا عمل محافظت مذاب خودی انجام می‌دهیم در انتهای توالی فلز جوشی که داشته باشیم که ترکیب
 آن کاملاً کنترل شده باشد و هیچ گونه ناخالصی وارد آن نشود. از منتهای دمای دمای این توالی شدت
 تمرکز حرارت (Heat Intensity) بالای آن است. یعنی در این توالی هم حرارت متمرکزتر
 است و هم دمای قوس بالاتر. این خاصیت باعث افزایش کاربوردن در جوشکاری ها فلزات با
 هدایت حرارتی بالایی شود. همچنین عدم نیاز به تمرکز کردن باعث صرفه جویی در زمان جوشکاری با این
 توالی است. دیرتایی دمای این توالی استعلاک منبع حرارتی از فلز برگشته و بالعکس است.
 بدین معنا که می‌توان منبسطی را در نقاط مختلف تغییر داد. این دیرتایی این امکان را می‌دهد که
 منبسطی Dilution (انت) از 5٪ تا 15٪ تغییر کند.

محدودیت‌هایی که به‌کار این توالی وجود دارد در درجه اول هزینه استهلاک تجهیزات آن است که نسبتاً
 بالاست. همچنین کثرت سائل یعنی استهلاک زیاد این توالی علاوه بر چشم به‌کار پوست هم
 مضرت است و در این خاصیت منبسطی تولید محدودیت بسیار بیشتری که به‌کار این توالی وجود دارد
 حساسیت بالای آن در برابر جریان‌ها با آن است زیرا در این توالی هیچ سر راهی برای منبسطی جوش
 وجود ندارد و تنها یک جریان معلوم از گاز منبسطی که محافظت می‌کند همچنین به علت وجود همین جریان معلوم
 جوش کمی سریع‌تر از حالت عادی سرد می‌شود بالعکس توالی‌های تپی که وجود سر راه به‌صورت آتلوم سرد
 شدن جوش می‌باشد.

توالی جوشکاری (G.M.A.W) Gas Metal Arc welding :
 این توالی با کمی تغییرات جزئی توالی MIG و MAG نامیده می‌شود که شاید بهتر باشد
 این دو توالی را زیر مجرای G.M.A.W نامید. MIG مخفف Metal-Inert Gas-arc welding
 و MAG مخفف Metal Active Gas Welding است. همچنین در توالی جوشکاری با
 CO₂ نام CO₂-Metal Arc Welding داریم. این توالی در جوشکاری قوس با
 الکترود مصرفی و گاز منبسطی نامند. توالی MIG دقیقاً به سهولت TIG قرار دارد و در مورد
 قطعات حساس، فولاد آلیاژی، جوشکاری آلومینیوم در دمای‌های آن، مس و دایره‌های آن و منبریم به کار
 می‌رود. توالی MAG و CO₂-MA رقیب جوشکاری با الکترود دستی و آسی استیلین دزیر پودری
 هستند. در این توالی نیز چون الکترود مصرفی است آن را به‌صورت یک کلاه داریم.

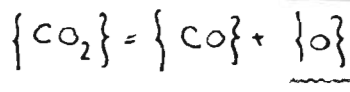
۱) فلز جوش شامل 5٪ تا 10٪ از Base Metal باشد.

ها نظراً که در شکل بی چشم انداز، سطح مقطع و دمای تقویمه هستند
 تقویمه زیر بودنی است با این تفاوت که نازل آن طوری منبسط
 شده است که دید جریان منبسط را با این تفاوت از آن دیده می شود که عملی است
 حتماً جوش قطرات مذاب شد از آنست برآمده دارد.



در جایی که قطعه کار از جنس فولاد معمولی است و همچنین آلومینیوم نئودیم از

CO₂ به جای آرگون استفاده کند زیرا آرگون به مراتب گرانتر است. اگر قطعه کار از جنس آلومینیوم یا
 که طبیعتاً آلومینوم هم از همین جنس است دیدنی نئودیم از CO₂ استفاده کند زیرا هم قطعه کار با اینم (CO₂) در
 حالت تعادل است: $\{CO\} + \{O\}$ در O می تواند به سرعت با آلومینیوم واکنش دهد. به همین دلیل در جوشکاری
 آلومینیوم به این روش باید از گاز خنثی استفاده کنیم که تقویمه MIG به میان می آید. در مصلحتی که فولاد نئودیم
 آلیاژی دیا کم آلیاژی است آرگون CO₂ استفاده کنیم احتمال کمی ترکیب شدن وجود دارد و آرگون آرگون
 استفاده کنیم از نظر اقتصادی به صرفه نیست. به همین دلیل از ترکیب این دو گاز استفاده می شود در اصل با این
 کار آلیاژی O به پایین می در بریم و واکنش آن به ضعیف می کنیم:



در این حالت این تقویمه را Metal-Mix Arc Welding می گویند
 تجهیزات:

• Power Source: برای تقویمه بیشتر از Trans و Trans-Rec استفاده می شود در مقادیر
 بسیار خاصی از ریام استفاده می شود و تقریباً استفاده از مقدار جوش نئودیم نئودیم داریم. محدود آلیاژی که
 در این تقویمه استفاده می شود بین $[10-2500] A$ است.

• خصوصیات Volt-Ampere: از آنجایی که نمی توانیم تغییرات طول کوس تا شیر زنی داشته باشد اگر سیستم
 دستی باشد Constant-Current و اگر سیستم اتومات باشد از Constant-Voltage استفاده می کنیم.

• سیستم کنترل کننده: این سیستم شباهت هایی با تقویمه TIG دارد که عبارتند از:

- ☐ تنظیم آلیاژی - دقت - سرعت جوشکاری
- ☐ سرعت یونان سیستم شروع کوس
- ☐ درجه های قطع و وصل کار با نظ
- ☐ کنش های برنامه شیری میلی سیر جوشکاری: این خاصیت در دستگاه های معمولی وجود ندارد
- ☐ سیستم تا سن 60 کیلو وات: کیسول 60 + Regulator + دی سیج + شند هدایت کننده
- ☐ Heater (بلائی 60 CO₂) +

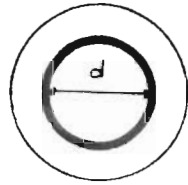
دلیل وجود Heater بلائی 60 CO₂ این است که چون این گاز در کیسول به صورت مایع وجود دارد هنگامی
 که بیرون می آید به حرارت اطراف به سرعت جذب می کند تا به صورت گاز در آید و این امر موجب منع زدن
 اطراف نازل می شود که هم مانع خروج بقیه گاز می شود و هم به دلیل سرمای زیاد آن امکان شکنش Regulator

با کوچکترین هزینه است. وظیفه Regulator تنظیم فشار است.

نکته دیگر در مورد سیستم سردکننده است که این سوال پیش می آید که چرا باید این سیستم سردکننده داریم زیرا الکترود مصرفی است. در پاسخ باید گفت که در این فرآیند منحل میزبان با عناصر دارد و این تماس می تواند منجر به آسیب دیدن آن و همچنین ایجاد مشکل برای جوشکاری شود. البته این سیستم بهویژه در سیمهای با قطر از 150A است که در این حالت از Water Cooling Torch استفاده می شود.

• مشعل تفنگی (Gun Torch):

وظیفه هر پاسی ثابت نگه داشتن الکترود در مساندن جریان برق به آن است پس هم مقدار که در با شکل نشان داده شده است قطر داخلی آن بهویژه الکترودهای متغیرات، تغییر است.



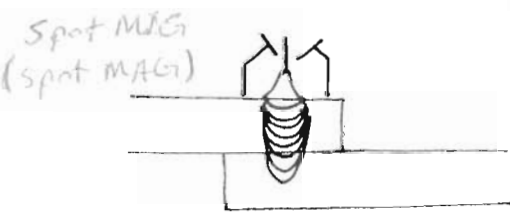
هر پاسی - نمای بالا

با فشار دادن کلید ابتدا جریان گاز شروع می شود پس سیم بیرون مانده می شود. وظیفه تربرستات این است که آلودگی از حد مجاز بالاتر رفت سیستم آفبرد را روشن کند تا زمانی که شعله خاموش دهد. در انتها با قطع کردن کلید ابتدا ماندن سیم متوقف می شود پس از چند ثانیه جریان گاز.

- گاز محافظ
- الکترود (سیم جوش)
- آفبرد
- هر پاسی

این فرآیند بهویژه برای سیمهای بزرگ که تنها یک طرف قطعه دسترسی داریم به کار می رود بدین ترتیب که مشعل بر روی یک پایه مانند ثابت می شود و توسط به مدت زمان مشخص روشن می شود و سپس خاموش می شود که در آن ذوب می شود و تا در وسط درن درم نیز ذوب و سپس هنوز ادامه پیدا می کند که به آن

Spot MIG یا Spot MAG می گویند.



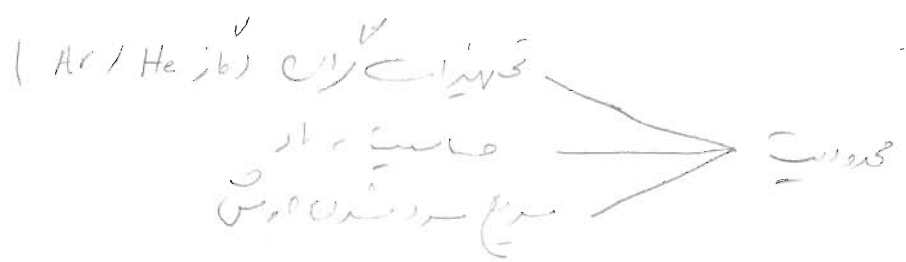
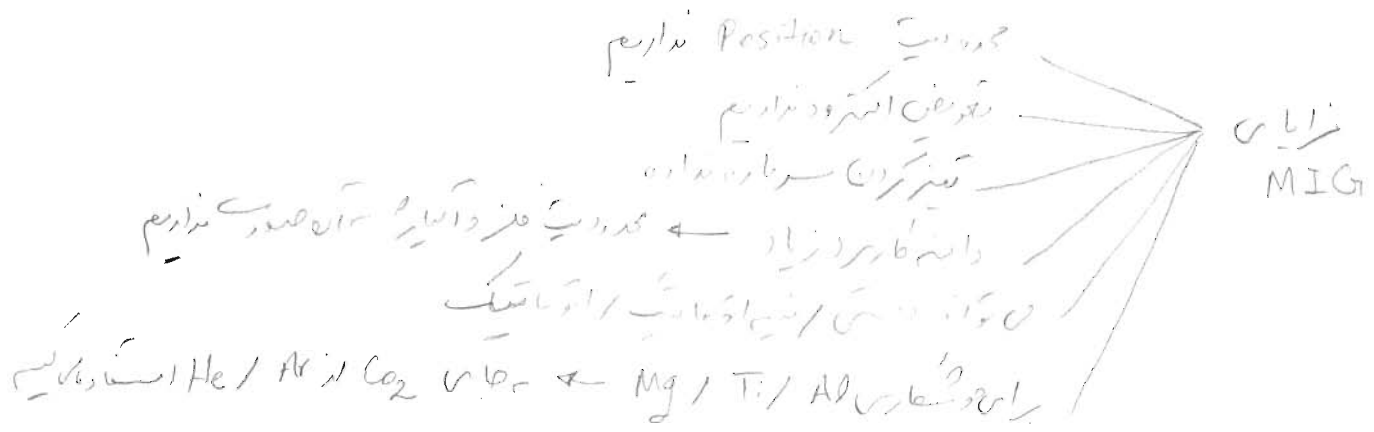
ماده مصرفی:

- گاز محافظ: در این فرآیند می توان از انواع گازهای H_2 و N_2 و CO_2 و He و Ar که می توان H_2 باید بسیار کم باشد استفا. که دو ترکیب آن ها که این انتخاب تابعی از نوع فلز است.

- الکترود: سیم یا الکترود اصلی ترین ماده مصرفی در این فرآیند است که گاهی گت مشمول MIG wire گفته می شود. در این فرآیند به مدت الکترود متعلق میزبان دارد. الکترود می تواند توپرد یا توپردری باشد. آرز از Flux-Cored Wire استفا که سیم ترکیبات داخل الکترود هم وظیفه کنترل ترکیب و جلوگیری از نشت و هم محافظت از منطقه جوش را که گاهی به گاز محافظ است در پی این یک لایه نازک سرباره بر روی جوش عمل می داشت. آرز از Self-Shielded F.C.W. استفا که سیم نه پرورد جوش نیانه داریم و نه گاز محافظ.

در این روش در کس TIG به هدف جوشکاری زیر پودری که پودری است و در کس جوشکاری حاصل می شود
پودری نواحی تحت تاثیر دمای جوشکاری الکترود مناسب انتخاب می شود و عمل جوشکاری را انجام می دهد
• قطعات بزرگی و در معرض استهلاک : هفت تا نازل سی

- تغییرهای فلامسید: شیوه های این فرآیند چیزی بین TIG و زیر پودری است:
- ① { شدت جریان } نوع جریان } قطب جریان
 - ② { سیلان جریان } نوع جریان و قطب جریان عموداً D.C.E.P. است.
 - ③ { ولتاژ }
 - ④ { سرعت جوشکاری (Welding Travel Speed) } هر چه عدد بالادری مجموعی از Heat Input هستند.
 - ⑤ { گاز محافظ (نوع، خلوص و فشار) }سیم جوش، نوع، قطر، میلون بردن
 - ⑥ { قطر نازل }
 - ⑦ { فاصله نازل تا سطح کار (Electrode Stick-out, Electrode Extension) } طول مؤثر الکترود

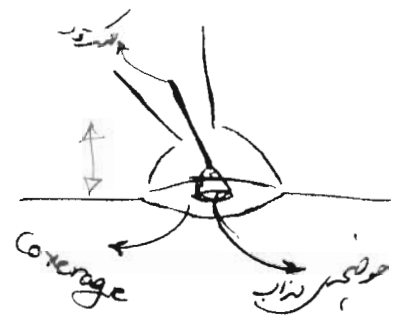


نقطه‌ای که قابل توجه در این فرآیند بین این است که در تمام طول فرآیند جوشکاری، جوشکاری باید در وضعیت عمیق باشد و در صورتی که جوشکاری در سطح عمیق نباشد، جوشکاری در سطح عمیق خواهد بود. این امر به دلیل این است که در این حالت، جوشکاری در سطح عمیق خواهد بود و در صورتی که جوشکاری در سطح عمیق نباشد، جوشکاری در سطح عمیق خواهد بود.

۱. موقعیت جوشکاری (Position) در تمام روش‌های جوشکاری، جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم و باید در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. ۲. جوشکاری در تمام وضعیت‌ها (All position welding) در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. ۳. جوشکاری در تمام وضعیت‌ها (All position welding) در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. ۴. جوشکاری در تمام وضعیت‌ها (All position welding) در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. ۵. جوشکاری در تمام وضعیت‌ها (All position welding) در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم.

سازمان

منطقه‌ای که پوشش می‌دهد (Coverage) که به وسیله این فرآیند در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. اصطلاحاً منطقه‌ای که به وسیله این فرآیند در تمام وضعیت‌ها جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم.



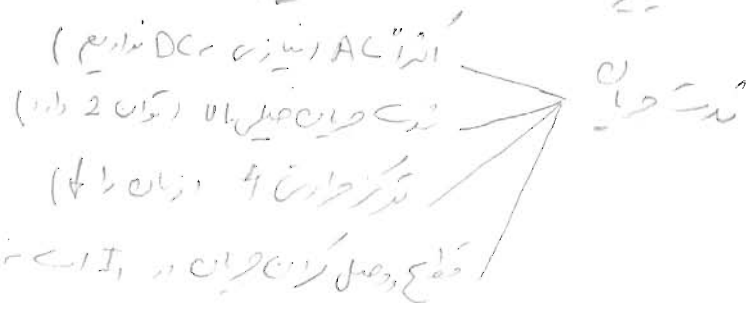
مخصوصاً این امر در آنجا که جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. به دلیل این است که در این حالت، جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم. به دلیل این است که در این حالت، جوشکاری در تمام وضعیت‌ها انجام می‌دهیم.

مطایب فرآیندهای فرسایشی معادله

مطابق با فرآیندهای فرسایشی معادله



- با افزایش زمان (منطقه فرسایشی وسیع و گسترده است)
- سائل و معلق HAZ را افزایش
- تغییرات خواص و ساختارنداریم (HAZ)



قطع و وصل جریان در I_1 و I_2 و I_3 و I_4 و I_5 و I_6 و I_7 و I_8 و I_9 و I_{10} و I_{11} و I_{12} و I_{13} و I_{14} و I_{15} و I_{16} و I_{17} و I_{18} و I_{19} و I_{20} و I_{21} و I_{22} و I_{23} و I_{24} و I_{25} و I_{26} و I_{27} و I_{28} و I_{29} و I_{30} و I_{31} و I_{32} و I_{33} و I_{34} و I_{35} و I_{36} و I_{37} و I_{38} و I_{39} و I_{40} و I_{41} و I_{42} و I_{43} و I_{44} و I_{45} و I_{46} و I_{47} و I_{48} و I_{49} و I_{50} و I_{51} و I_{52} و I_{53} و I_{54} و I_{55} و I_{56} و I_{57} و I_{58} و I_{59} و I_{60} و I_{61} و I_{62} و I_{63} و I_{64} و I_{65} و I_{66} و I_{67} و I_{68} و I_{69} و I_{70} و I_{71} و I_{72} و I_{73} و I_{74} و I_{75} و I_{76} و I_{77} و I_{78} و I_{79} و I_{80} و I_{81} و I_{82} و I_{83} و I_{84} و I_{85} و I_{86} و I_{87} و I_{88} و I_{89} و I_{90} و I_{91} و I_{92} و I_{93} و I_{94} و I_{95} و I_{96} و I_{97} و I_{98} و I_{99} و I_{100}

- طول مسیر جوش → افزایش (مقاومت ↓)
- سطح سطح جوش → زیاد (مقاومت ↓)
- مساحت سطح جوش → کم (مقاومت ↓)

۲ : شدت جریان جوش اولی
۲ : مقاومت الکترود

↓ R'' ← f.f. (1+ΔT) ...

← r₁ و r₅ → تعداد قراری
 ← ارزش قیمت استرود، سطح

بیزودن سطح
 چشم استرود
 مهار و دان سطح
 اعمال مش
 قیمت کران استرود
 سطح تماس
 کم و فروی رود
 زیار و تکرر قراری تولید

مجموع
 سطح تماس
 چشم تکرر
 انبار و تکرر
 → r₄ و r₂ →

AL سطح بار → r₄ و r₂ کم هزینه
 → تعداد قراری 4

↑ r₄ و r₂ → Col, SS C_{DP}



جول گرمی حرکتی در وقت که در وقت عنوان می شود در سیستم چون نسبت ۱ به ۱ از یک انرژی به یک نقطه در محل برسد
 حرکتی در وقت که در وقت عنوان می شود در سیستم چون نسبت ۱ به ۱ از یک انرژی به یک نقطه در محل برسد

که به سیم هم رسوم است تفاوت است با نوع ۳ که نظر می رسد که به از نوع تفاوت آن خواسته است که به صورت
 مختلف معنی می کنیم است تفاوت است با نوع ۳ که نظر می رسد که به از نوع تفاوت آن خواسته است که به صورت
 داشته باشد یا اینکه سیستم انرژی معنی می کنیم آن را قلم می کشیم چون همین شکل کردن باعث می شود که معنی
 (۱+۵T) چه در تفاوت است که در اینجا سوال است تفاوت است با نوع ۳ که نظر می رسد که به از نوع تفاوت آن خواسته است که به صورت
 یکم کردن با هم در هم در همین طور صبر طول در سطح آن نیز می تواند موزا باشد.

تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3

هم بالا می رود که در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3

تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3

تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3
 اختلاف است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3

تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3 و در وقت است تفاوت است که در یک r_1, r_2, r_3

\uparrow $C_{10}H_{16}O$ \leftarrow $C_{10}H_{14}O$ \leftarrow $C_{10}H_{12}O$ \leftarrow $C_{10}H_{10}O$ \leftarrow $C_{10}H_{8}O$ \leftarrow $C_{10}H_{6}O$ \leftarrow $C_{10}H_{4}O$ \leftarrow $C_{10}H_{2}O$ \leftarrow $C_{10}H_0O$

\uparrow $C_{10}H_{16}O$ \leftarrow $C_{10}H_{14}O$ \leftarrow $C_{10}H_{12}O$ \leftarrow $C_{10}H_{10}O$ \leftarrow $C_{10}H_{8}O$ \leftarrow $C_{10}H_{6}O$ \leftarrow $C_{10}H_{4}O$ \leftarrow $C_{10}H_{2}O$ \leftarrow $C_{10}H_0O$

Resistance Welding

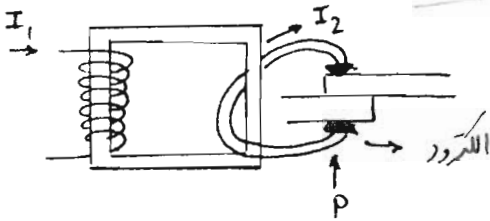
نقطه های جوشکاری متناوب

اساس این فرآیند استفاده از دو کارتریجی متناوب شکل است. در این فرآیند شدت جریان، زمان و شدت الکتریکی یا ولت‌های اصلی هستند. همچنین در این فرآیند شدت جریان با دو، جریان متناوب AC و زمان بر توالی جریان کوتاه است.

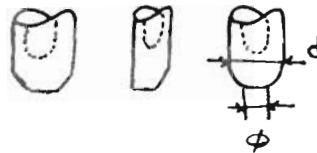
Spot Resistance Welding

تجزیه‌ایات فواید: محصولات این فرآیند از درخشش تماس و الکترود شکل شده اند.

I_1 مقداری کم است که توسط سیم پیچ به I_2 که بسیار بیشتر از I_1 است تبدیل می‌شود.



الکترود در این فرآیند شکل استوانه دارد که نوک آن انفرج



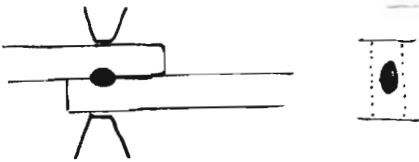
مختلی دارد. قسمت مهم در الکترودهای نوک نوک قطر ϕ است. همچنین به ندرت دیده می‌شود که الکترودها متقطع غیر نوک داشته باشند.



نوک الکترود می‌تواند عمود بر سطح کار باشد و یا حالت فلوی داشته باشد.

همچنین انزلی بر لبه بر برون سطح تماس الکترود با بوی و یا بینی در جبهه نوک دارد.

آرنجک الکترود تمهید باشد در فصل مشترک در قطعه یک ناکت یا دکمه جوش به وجه می‌آید.



سیستم اعمال فشار می‌تواند به صورت پدالی، هیدرولیک و یا پنوماتیک باشد.

• ملود مصرفی :

علا نظر که در قبل گفتند در این فرآیند هیچگونه ملود مصرفی نداریم (از قبیل کاری فقط، الکترود...)

تنها موردی که باید به آن توجه کنیم این است که نباید استهلاک الکترود را با مصرف آن اشتباه کنیم.

به عنوان مثال در این فرآیند چون فشار رو وجه دارد باعث مستهلک شدن الکترود خرابی و لهیدگی می‌شود و می‌شود و این به معنای مصرف آن نیست. در صورت به وجه آمدن لهیدگی باید آن را تعویض کرد.

کنیم. این عمل را تا زمانی می‌توانیم انجام دهیم که به قسمت تو خالی در آبرد آن نرسیده باشیم که در غیر این صورت الکترود غیر قابل مصرف است.

این عدم مصرف عدم وارد شدن فلز جوش به داخل فلز پایه به همراه دارد.

در برخی ملود بین دو قطعه کاریک فویل گذاشته می‌شود که یک نوع آلیاژ لحیم است که به آن

Resistance Soldering

در برخی ملود بین دو قطعه کاریک فویل گذاشته می‌شود که یک نوع آلیاژ لحیم است که به آن

گفته می شود. در این حالت این آرایش ذوب می شود و کار لحیم را انجام می دهد (Res. Brazing).
 در این حالت نیز باید دقت شود که در این حالت نیز سلفو متری نداریم!

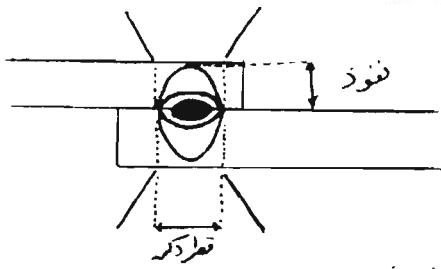
تغییرها:

۱) شدت جریان (میلان) : به طریقی تغییر متغیرها به دو دلیل انجام می شود.

☐ بهبود کیفیت جوش ☐ ارزش افزوده

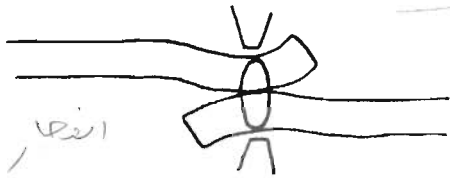
در این تکنیک نوع جریان اهمیتی ندارد و معمولاً همان برق شهر که AC است را استفاده می کنند.
 هرچه میلان جریان بیشتر باشد طبق رابطه $Q = RI^2t$ حرارت تولیدی بیشتر می شود. این حرارت باعث می شود که ناگت که در ابتدا دارای قطر و نفوذ کم است، قطر و عمق نفوذش زیاد شود. از یک

حدی به بعد دقت بر قطر ناگت اضافه نمی شود بلکه تنها عمق نفوذ آن زیاد می شود.



قطر ناگت حد اکثری ندارد. با بزرگتر از سطح تماس الکترو با قطعه کار باشد. اگر عمق نفوذ ناگت بیشتر از یک حد مجاز شود به دلیل وجود فشار در آن ناحیه می تواند باعث لهیدگی آن قسمت

از قطعه کار شود و یا حتی امکان دارد ذوب از آن ناحیه بیرون زده شود.

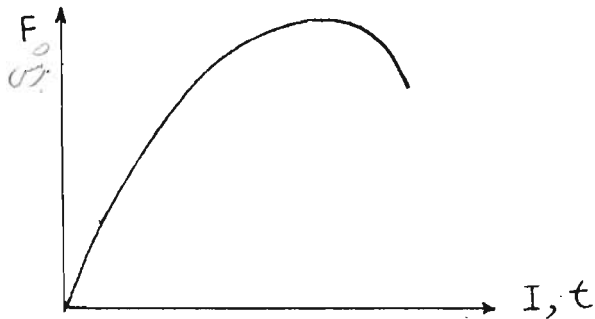


این حالت را حالت انفجار می گویند:

اگر خیلی هم تپالت نیروی برشی دست جوش را بر حسب

شدت جریان و زمان آن رسم کنیم نمودار مقابل به دست

می آید:



* جوش مفاد متنی نقطه ای الکترا بدهی مواردی استفاده می شود

که بعداً امکان پرداخت کردن یا بستن زدن بدهی آن ها

دیده ندارد. (مانند کتری های فلزی)

۲) زمان : زمان به دو صورت قابل تنظیم است :
 - کسری از ثانیه
 - سیکنگی از جریان

تاثير زمان نیز همچنان به همان صورت شدت جریان است با در تفاوت :

☐ شدت جریان تپان ؟ دارد و بی زمان تپان !

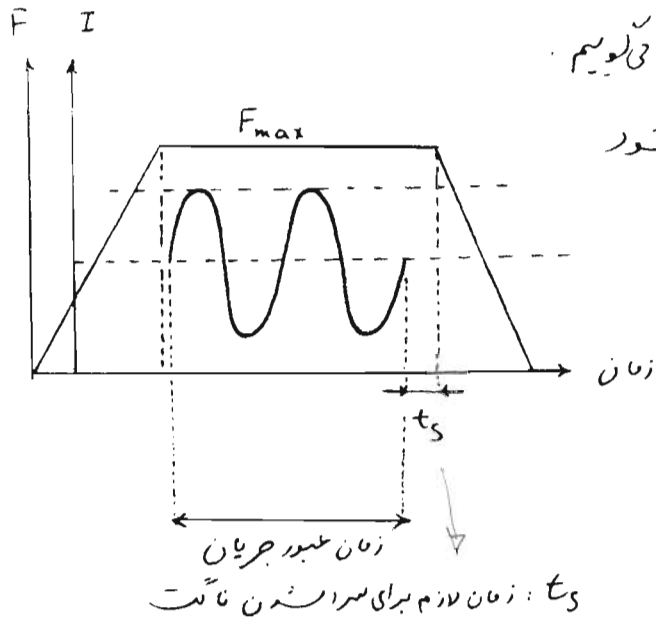
☐ هر چه زمان بیشتر شود فرصت انتقال حرارت به اطراف هم بیشتر می شود. در این صورت

زودتر به حالت همجری و برکنشش نوشته ها می رسم.

همچنین زیاد شدن زمان باعث کند شدن سرعت خط تولید می شود.

۳) فشار: اگر فشار کم باشد تاثير آن در مقاومت های R_1 و R_2 نمایان می شود یعنی مقاومت معی

سج کار و سطح الکترودها. اگر فشار کم باشد این مقاومت ها زیاد می شوند و علاوه بر تولید حرارت در الکترودها که باعث خرابی آن ها می شود باعث می شود که حرارت در قسمت محدود نظر به اندازه گاهی تولید شود همچنین اگر فشار از حدی کمتر باشد باعث فرود رفتن نوک الکترودها در قطعه می شود. با توجه به نمونه زیر ابتدا باید F_{max} مقدار بیشینه برسد و سپس جریان برقرار شود.



از لحاظ شروع اعمال فشار تا لحظه قطع آن در یک سطح می نویسیم.

حال اگر قبل از رسیدن به فشار بیشینه جریان وصل شود

یا امکان جرقه زدن بین الکترود و سطح کار وجود دارد و

مخت گرم شدن الکترود در جبهه سطح کار که

هر دو ناخوشایند است.

اگر قبل از قطع جریان فشار برداشته شود

امکان جدا شدن ناگه از بین دو قطعه دیافراگم

شکستن آن می شود. اگر این ناگه با سرعت سرد

شود حتماً تا ترمز می شود که ترد شده است. بهای جلوگیری از این حالت قبل و بعد از

اعمال جریان یک جریان کوچک اعمال می کنند که باعث پیش رویش گرما می شود.

۴) الکترود: در مورد جنس و نوع الکترود باید گفت که این مورد بر روی R_1 تاثيری ندارد و همچنین بر روی

عمر آن. همچنین در مورد قطر الکترود هم نظر داشته باشید هر چه قطر بیشتر باشد قطر ناگه و

دیگه جوش بیشتر می شود. در مورد این قسمت توضیح اینکه قطر ناگه را تا یک حدی می توان با انتقال

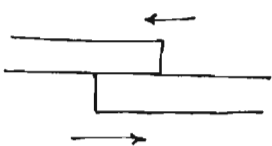
جریان زیاد کرد. بعد از آن باید از قطر الکترود کمتر گرفت.

سوال: اگر سطح تماس الکترود زیاد شود استحکام جوش در برابر تنش بیشتری بیشتر می شود یا کمتر؟

در جریان ثابت با افزایش سطح تماس قطر ناگه بیشتر می شود و عمق نفوذ آن کمتر پس استحکام

در این حالت کمتر می شود.

یا دردی می شود که معیار بهای جوش منتهی به استحکام استحکام برتری است.



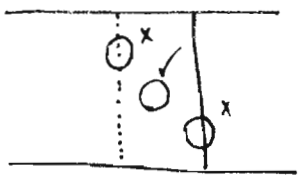
۱- چسبندگی الکترود به کار را فراموش داشت.

۵) سیم‌ها سوراخ شده لبه‌ها (over lap) : اگر overlap زیاد باشد هیچ سیمی از نظر فنی

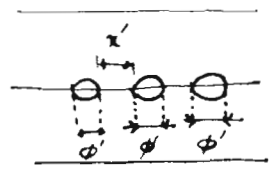
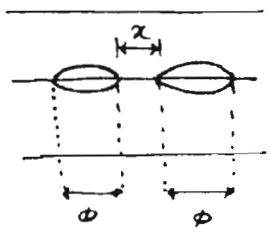
ندارد و تنها مشکل اقتصادی دارد. اما اگر این مقدار کم باشد امکان تماس نانت با هم وجود دارد. به طوری که در طبق استناد سیم‌ها overlap در صدد پتانسیل به بر قطر الکترود است.



در برخی موارد مکان الکترودها تغییر می‌کند که باید دقت شود هیچ قسمتی از نانت بر روی لبه‌ها و مرزها قرار نگیرد. این حالت امکان دارد زمانی اتفاق بیفتد که حتی سیم‌ها overlap درست باشد.



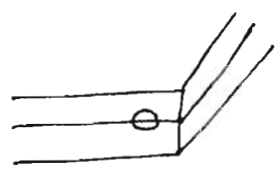
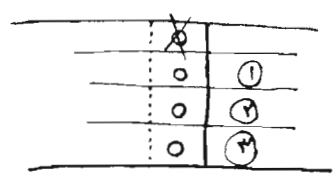
عامل دیگر فاصله نقطه جوش‌ها و تعداد آن‌ها در یک طول است. به عنوان مثال در شکل زیر به در نظر بگیرید که در درون عمق فنذ تمای جوش‌ها به بلایر $2\phi = 3\phi'$



چون α از α' بزرگتر است به نظری رسد که در α بزرگتر با عاملی بلای جلود زنی ترک در داخل جوش و یا داخل قطعه به علت تنش سیگنی می باشد. همچنین اگر این فاصله زیاد باشد باعث leakage نیز به میان می آید.

بلای به دست آوردن آنتی چند نقطه جوش بلای یک قطعه لازم است به طوری که بتوان گفت که باید سیم‌ها استحکام یک جوش و استحکام لازم بلای یک قطعه را به دست آورد و بر هم تقسیم کنیم.

بدین منظور بلای استحکام سفینش استحکام جوش α نقطه جوش را ایجاب می‌کنیم و ادنی به کنار می‌اندازیم و α' مورد دیتیر را مورد ارزش قلماری دهیم زیرا بلای نقطه اول تمام جریان از هم جا عبور می‌کند و بلای نقاط بعدی کمی از جریان توسط قبل در دیده می‌شود. همچنین ارزش بلای یک قطعه انجام نمی‌دهیم.



این نوع تست ملود اصطلاح Shear Test می‌نامند. دلایلش پس از انجام رایجاً به نقطه جوش در درازن افق

ادنی یک تنش برش به قطعه وارد می‌شود. ارزش دیتیر این است که پس از درازن افق نقطه جوش اول در طرف جوش با یک شعاع مشخص خم می‌کنند و سپس تحت کشش قلماری دهند که به آن Peel Test می‌گویند.



نکات کلیدی

اگر این تقویم به صورت کامل اتوماتیک انجام شود از نکات کلیدی که آن می‌توان به این اثر کند که ضلای شدن نوب الکترود بر روی ولتاژها تا اثر می‌گذارد و دلایل هنگام دست‌ها متوقف می‌شود.

آرامی قلبی و تنفسی در طی انجام می شود باید یک سری نکات کلیدی را درون رعایت کرد. از جمله:

- دقت در آهنگ کردن نوزک الکترودها: در برخی موارد صرفاً با سمباده زدن می توان نوزک الکترود را تمیز کرد. اما در بعضی موارد که می خواهیم بررسی و درق کاملتره جوشکاری انجام دهیم در این نوع موارد نوزک الکترود را تبدیل به آبیاز می شود. به عنوان مثال اگر جنس الکترود از مس باشد روی و آلومینیوم موجود بر سطح درق با مس ترکیب و تولید آبیازهای برج و برنز می دهند. در این نوع موارد دیگر با سمباده زدن نمی توان نوزک الکترود را درست کرد بلکه باید حدود 1-2^{mm} را از آن برداشت.

- دقت در سیستم آبلرد دخت کننده. هر نظری که اشاره شد این سیستم به منظور جدگیری از بالا رفتن بیش از حد مقاومت های دسر الکترود تعبیه شده است. بهتر است که ابتدا آب را با دقت یک سری فلزات به آب سبک تبدیل کنیم یعنی تمامی اصول آن را بگیریم تا در اثر رسوب آن ها اختلال در آهوش آب بدیده نیاید. در صورت بدیده آمدن اختلال در سیستم آبلرد و بالا رفتن دما هم انرژی گرمایی بیشتری هدر می رود و هم اینکه به دلیل بالا رفتن مقاومت نوزک الکترودها به اجبار باید دسر را بالا ببریم.

- دقت در ترتیب (sequence) نقاط جوشکاری. منظور از این ترتیب این است که نقاط جوش پشت سرهم داده شوند تا به انتها برسیم و به صورت دیگری این کار را انجام دهیم در این به آن علت است که هر نقطه جوش در اطراف حفره کشش بین دو صفحه اعمال می کند که امکان بدیده آمدن Bowing را بالا می برد.

- دقت درستن سرهای الکترودها. توضع اینکه اگر در هنگام بستن این سرها دقت نشود امکان رگین آب بر روی سطح قطعه وجود دارد که مشطه خاص خود را به بدیده می آورد.

منویاد محدودیت های فلزات:

- ولتاژ و بازده بالا: در فلزات های جوشکاری مقاومتی به علت عدم دوده شده و اینکه ترا ترا حفره قطعه تولید می شود ولتاژ و بازده حدود 95-93 است. همچنین به علت بالا بودن دسر در کم بودن زمان امکان انتقال حرارت بسیار کمتر است که حفره خوب نتایج بازده می شود. به علت وجود این بازده بالا مگر کلی همچون HAZ و Distortion اهمیت بسیار کمی پیدا می کنند که مطلوب است.

- عدم وجود حفره مصرفی زیاد: هر نظری که گفته شد این فلزات علاوه مصرفی همانند گاز می فقط در ... ندارند و تنها بحث انرژی و نوع الکترود در آن مطرح است که اثر الکترود را به بررسی

انتخاب کنیم اتصالات انرژی و فرآیند شدن الکترودها بسیار کم می شود.

• ایمنی، بحث ایمنی در این فیلد بسیار مطرح است و به دلیل عدم وجود مشكلات تنفسی و اشعه های مضر از مرتبه بسیار بالایی برخوردار است. همچنین در مورد خطر برق گرفتگی باید دقت کرد که تنها در قسمت ورودی برق به دستمان به علت بالا بودن ولتاژ این خطر وجود دارد ولی در قسمت الکترودها به دلیل پایین بودن ولتاژ این خطر مطرح نیست. همچنین آلترنوزک الکترودها کمتر یا قطب نباشد حتی کبش پاشش جریته نیز مطرح نیست.

محدودیت ها :

• ضخامت : در این فیلد معمولاً بیلای بیشتر از 5 به کار نمی رود. به عبارتی دیگر در این فیلد محدودیت بیشینه ضخامت مطرح است و نه محدودیت کمینه ضخامت.

• حسن فلز : این نوع فیلد یعنی تیلان در مورد فنلانی که مقاومت الکتریکی پایینی دارند استفاده نمی کنند. همچنین در مورد فنلانی که خاصیت سختی پذیری (Hardenability) دارند به شکل بری فوریم مانند فولادهای پر کربن و پر آلیاژی. در ضمن از این فیلد بیلای فنلاند پوشش دار هم معمولاً نمی تیلان استفاده کرد.

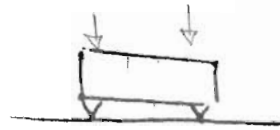
• عدم استفاده از محلول مصرفی تیلر : این بحث از طرفی یک فریب داز طرفی یک محدودیت است. زیرا به دلیل عدم تیلانی از فلز جوش می تیلان مانور زیادی بر روی ترکیب شیمیایی جوش داشت.

• استفاده از تولید انبوه : این فیلد معمولاً در خطوط تولید انبوه استفاده می شود و امکان استفاده آن در موارد کوچک و کم وجود ندارد.

(Multiple Electrode)

فرآیند های جوشکاری مقاومتی:

در ارتباط با فرآیند جوشکاری مقاومتی و جوشکاری نقطه ای به چند فرآیند های منشأ شده از این فرآیند اشاره می کنیم. برای مثال از این فرآیند در بعضی از مواقع به صورت چند الکتروود استفاده می شود که در هنگام پایین آمدن به صورت هم زمان چند جوش داده می شود. فرآیند دیگر فرآیند Stich R.W است که به بیانی کوچک یا بخیه ترجمه می شود و به صورت دوختن این جوشکاری انجام می شود یعنی الکتروود ها پایین می آید جوش نقطه ای می دهد و بعد با فاصله ای به صورت اتومات جوش بعدی و حتی در این فرآیند فاصله جوش ها هم از هم قابل تنظیم است. فرآیند دیگری به نام Mush R. W که له شدنی ترجمه می شود که کاربرد آن را در کارخانه های توری سازی استفاده می شود در حالت هایی که تار و پود در هم جوش خورده اند و تمام این محل های اتصال هم متصل شده اند در این جا دیگر الکتروود به صورت غلتک هایی است که با پایین آمدن و چرخش در عین حال که محل های اتصال را در هم له می کند جریان هم عبور می کند و عمل جوشکاری را هم انجام می دهد. فرآیند دیگری به نام Projection R. W که در صنعت خودرو سازی از این فرآیند استفاده می شود



جوشکاری نقطه ای



این فرآیند یک جوش را در بر می گیرد

اصطلاحاً به آن پرس جوش گفته می شود یا فرآیند جوشکاری مقاومتی پیش طرحی، برای مثال کاسه یا قدحی که قرار است به پایه ای متصل شود در این حالت می تواند در پایه برجستگی هایی در آن ایجاد کرد و همزمان با فشاری که الکتروود ها وارد می کنند در عین حال جریان هم برقرار می شود و جوشکاری صورت می گیرد. این را در صنعت خورد در محل اتصال صندلی ها به کف ماشین استفاده می شود.

• فرآیند جوشکاری مقاومتی نواری یا دیسکی یا قرقره ای یا غلتکی یا درزی Seam

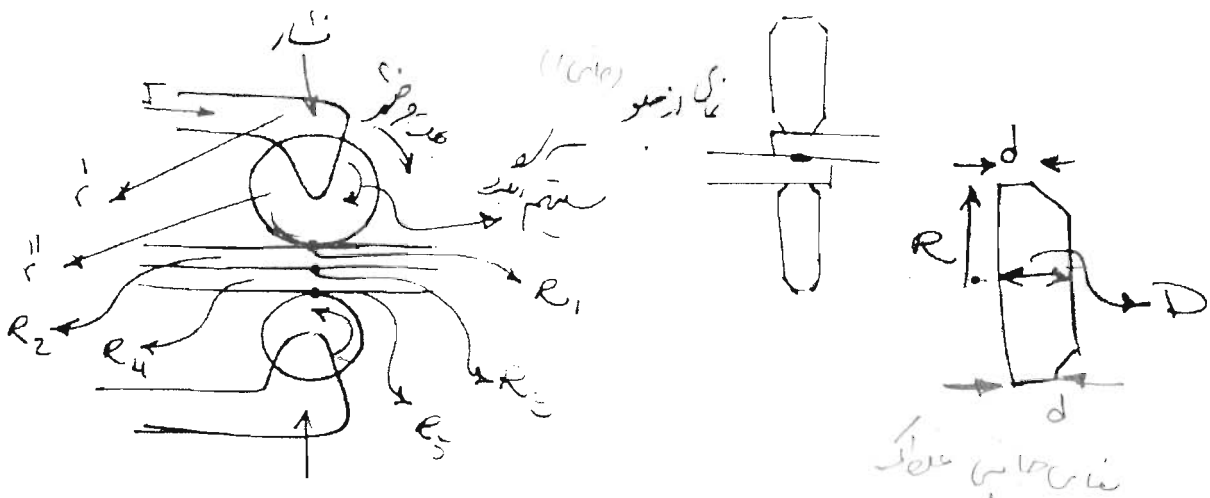
: R.W.

جایگاه این فرآیند در صنعت: برای مثال برای بیان کاربرد این نوع فرآیند جوشکاری می توان پره های رادیاتورهای فولادی را می توان نام برد. که سرتاسر دور این پره را با این نوع فرآیند جوشکاری می کنند. باک بنزین هم چه برای ماشین و چه برای موتور از این نوع استفاده می کنند. صنعت قوطی سازی که خود به چند صورت است یکی کشش عمیق است که بدون درز قوطی ایجاد می شود. فرم دیگر در تهیه قوطی لحیم کاری است که ورق را لبه ها را به صورت خم برای بالا بردن استحکام در هم قرار می گیرند و بعد این فاصله را توسط

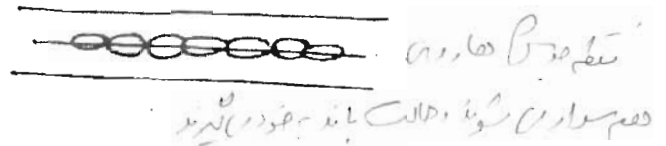
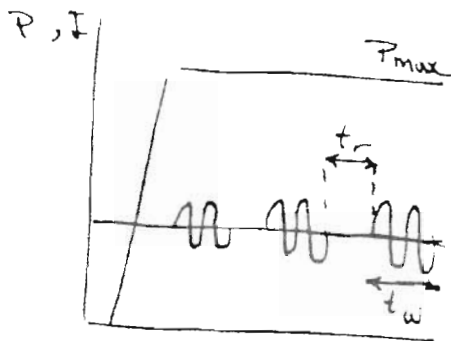
لحیم و حرارت بر می کنند که در این شرایط یک آب بندی هم می شود. مدل دیگر برای برای قوطی های بزرگ که مایع بیشتری هم در درون آنها قرار می گیرد در این شرایط دیگر لحیم جواگو نیست کش عمیق هم با مشکل روبه رو می شود و از این فرآیند استفاده می کنند.

تجهیزات فرآیند:

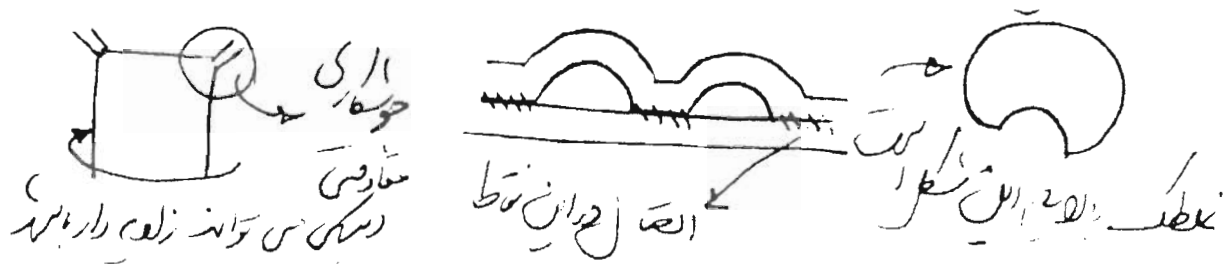
پایه آن با جوش نقطه ای تفاوتی نمی کند اما تفاوت اصلی که در اینجا دیده می شود این است که در اینجا الکتروودها به صورت دیسک یا قرقره است و قطعه ها در بین این دو قرار می گیرند. در اینجا هم جریان I_2 از ترانس می آید و از بین این دو الکتروود چرخان می گذرد نکته مهم در این فرآیند این است که در این فرآیند ما اعمال فشار را هم داریم. در اینجا همان مقاومت ها را داریم r' ، r'' ، R_1 ، R_2 ، R_3 ، R_4 و R_5 . در این حالت ما مسیر جوشکاری را داریم یعنی یک باند جوشکاری را داریم. پس در اینجا تنها تفاوت الکتروودها بودند که به صورت دیسکی در این فرآیند استفاده می شوند که البته خود این الکتروودها هم می توانند با قطرهای متفاوت و سطح تماس های مختلفی وجود داشته باشند در این حالت برای هر غلتک d برای بیان سطح تماس R شعاع غلتک و D ضخامت غلتک بیان می شود. سیستم های اعمال فشار در این فرآیند عموماً سیستم های هیدرولیک یا پنوماتیک است. در این فرآیند یک غلتک به موتور متصل است و می چرخد و به طبع غلتک دیگری آزاد است و در بین این دو طبیعتاً قطعه کار حرکت می کند. در این فرآیند سیستم خنک کننده نسبت به فرآیند جوش نقطه ای بسیار ضروری تر است چون در این حالت دائماً جوشکاری انجام می شود. البته در اینجا سیستم خنک کننده به دو صورت می باشد یکی سیستم پاشش آب است که روی قرقره ها پاشیده می شود و در زیر آن سینی وجود دارد و مشابه پمپ کولر آب دوباره بالا رفته و پاشیده می شود و حالت دیگر در شرایطی است که این دیسکها به صورت تو خالی است سیستم گردش آب در آنها جریان دارد و ظاهر آن بسیار تمیز و خشک است. در اینجا هم ضرورت وجود سیستم های آبگرد به دلیل پایین آوردن مقاومت های r'' و تماسی R_1 و R_5 است..



جریان الکتریکی در اینجا همان جریان متناوب است اما با این تفاوت که جریان در اینم فرآیند دائما قطع و وصل می شود یعنی برای چند سیکل جریان برقرار است و برای چند سیکل قطع است تا پایان کار بنابراین در اینجا ما دو زمان یکی زمان های جوشکاری و یکی زمان های استراحت را داریم که هر کدام قابل تنظیم است. باید توجه داشت که در این فرآیند در حقیقت ما نقطه جوش هایی را داریم که با فواصل معین به نوعی ایجاد می شوند که بر روی هم سوار شده و یک خط جوش را ایجاد می کنند و در نهایت به صورت یک باند دیده می شوند و اگر هر یک از متغیرها درست تعیین نشده باشد در این حالت این نقطه جوش های از هم فاصله گرفته و حالت باند را از دست می دهد.



در این فرآیند هم باید توجه داشت که لازم نیست حتما الکتروودها در امتداد هم و به صورت عمود بر سطح کار باشند بلکه می تواند حالت های مختلفی نسبت به هم داشته باشند، برای مثال همان کف بشکه. حتی می توان بخشی از الکتروودها را برای مصارف خاصی خارج کرد مثلا حالت کنگره در این حالت با توجه به فاصله ای که نیاز به جوشکاری نیست می توان داخل قرقره خالی شود. بنابراین می توانند حالت های مختلفی داشته باشد.



« فرآیند هرستکاری اکسی استیلن (کاربید) »

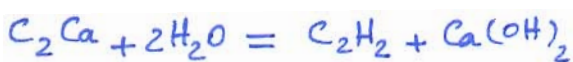
۱- مقدمه:

یکی از متداول ترین فرآیندهای هرستکاری در صنعت با است که خاصیت سبکی هرستکاری نسبت به سایر متدهای هرستکاری دارد. در این نام برده می شود. در حقیقت وسیع از صنایع کاربرد دارد، از صنایع کابری خود در تا واحدهای بزرگ صنعتی. در این فرآیند Pipping و Tubbing در صنعت لوله کشی و گاز استفاده می شود. خاصیت تغییرات سایر فرآیندهای هرستکاری را با فرآیند هرستکاری اکسی استیلن انجام می دهند. مثلاً در طراحی واریاتور برخی از طریق استیلن است با اکسی استیلن تغییر کنند. از نظر تعداد واحدهایی که از این فرآیند استفاده می کنند باید در مرتبه دوم باشد، اما از نظر حجم و توان مصرفی که با این فرآیند تولید می شوند خیلی محدود است و ممکن است در رتبه های چهارم یا پنجم باشد چون معمولاً برای کارهای خرد و ریزه ظرفیت از این فرآیند استفاده می کنند.

2- تجهیزات فرآیند:

- سیستم تأمین گاز استیلن (سلیندر گاز استیلن + Regulator + شیر) به گاز به دست محل هدایت می کنند
- مشخصاً شیر که در این جا استفاده می شود باید لوله استیلنی مخصوصی متفاوت است.
- سیستم تأمین گاز استیلن (کیسول + Regulator + شیر)
- در این فرآیند گاز استیلن به در حد درستی می تواند تأمین شود یا توسط مولد یا توسط کیسول گاز استیلن (سلیندر گاز)
- گاز استیلن از واکنش کاربرد با آب بدست می آید که این کاربرد معمولاً کاربرد کلیم است (C₂Ca)

این واکنش حرارتی را است



از این گاز استیلن به عنوان گاز سوختن می توانیم استفاده کنیم.

- خود کاربرد کلیم (رنت کاربید) طی یک فرآیند تولید می شود (از معدن استخراج می شود). اکسید کلیم (مناهدک) با تبدیل کلیم گت در کوره خاص حرارت داده می شود و حاصل واکنش CaO با کربن، کاربرد کلیم است.
- در سیستم خاص مولد ما از کاربرد کلیم استفاده می کنیم در حوزمان استیلن را تولید می کنیم.
- یا اینکه می توانیم گاز استیلن را بصورت کیسولی از کارخانجاتی که برای این منظور، استیلن تولید می کنند، تهیه کنیم.
- گاز استیلن تأمین است که گت فشار (فشار خیلی بالا هم نه) واکنشی در آن انجام می شود که همراه با از زیاد حجم است و در واقع انفجار. فشار لازم برای انجام این واکنش باید کمتر از 150 psi باشد. به همین جهت برای ذخیره کردن استیلن در کیسول در رسیدن به حجم معین و قابل قبول باید تسهیلاتی اندیشید.
- با توجه به اینکه گاز استیلن در استون به خوبی حل می شود، در داخل کیسول خاص گاز استیلن مواد میسین میماند که این مواد حالت انفجاری دارند (متداخل می کنند). استیلن را استون را به درون کیسول تزریق می کنند

در این ترتیب می توانند استیلن را با حجم مورد نظریه کپسول ذخیره کنند بدون اینکه اندک جابجایی صورت گیرد.

- باید توجه داشت با کسب اثر کوالیتم حجم زیاده از گاز استیلن را در واحد زمان از سیلندر استخراج کنیم، این امکان وجود دارد که همراه استیلن مقدار کمی استون هم بیرون بیاید. استون بیرون آمده می تواند سریعاً تبخیر و متفعل شود و یک سحبه غیر قابل کنترل برای جوشکار بوجود آورد. بنابراین نباید از یک حجم بیشتر در واحد زمان استیلن را از کپسول خارج کنیم.

- به بیان ساده تر اگر همیشه جوشکار بخرد مقدار معین با حجم جوشکاری کنند، نمی شود از یک کپسول استفاده کرد باید همیشه تا کپسول به نحوی که تمام متصل شوند در ظرف گاز از یک کپسول تأمین شود.
- هنگام استفاده از کپسول گاز استیلن نباید آن را به حالت خوابیده یا وارونه قرار داد تا کامل تخلیه شود. چون کامل تخلیه شدن آن همراه با استون می شود و مشکل قبلی پیش می آید.
- البته بعد از اینکه یک کپسول چندین بار تخلیه شود مجدداً پر شود، شاید لازم باشد مقدار استون مجدداً بدون آن تریپ شود تا در دفعات بعد بتوان به همان حجم مورد نظر آن را از استیلن برد کرد.
- مولدهای گاز استیلن هم شبیه به گذشته است که داخل آن یک کلسیم قرار دارد که مقدار کمی کلسیم درون آن ریخته می شود. بعد از آن مقداری گاز تولید می شود. یک منبع آب هم نسبت به آب را به درون کاربند کلسیم می ریزد یا اینکه فکون به لوله کلسیم آب متصل است و در موقع جوشکاری انجام دهیم، شیر آب را باز می کنیم تا استیلن تولید شود. وقتی فشار روی Regulator به مقدار مشخصی می توانیم عمل را روشن کنیم در عملیات جوشکاری را انجام دهیم.

Regulator هم برای تنظیم فشار گاز کار می رود.

- یکی دیگر مواردی که باید به آن توجه کنیم Safety یا شیرهای یک طرفه است که در شیر سلفت مخصوص سلفت گاز استیلن قرار می گیرد. وقتی به آن نگاه کنیم به نظر می رسد که سلفت کوتاه بوده و یک ست یا رابط در سوراخ قرار داده اند که اگر آتش هم برنهد است. اگر به دلیل Back fire (برگشت سحبه) اتفاق افتاد قبل از اینکه سحبه جوالعه وارد سیلندر گاز شود

فشارهای جوشکاری اکسی استیلن (کالبد):

این فشارها در طبقه وسیعی از صنایع کوچک و بزرگ متداول است.

تجهیزات فرآیند: • سیستم تأمین گاز استیلن • سیلندر گاز - رولاتور (Regulator)

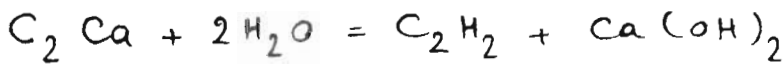
- شلنگ برای انتقال گاز

• سیستم تأمین گاز استیلن: این گاز معمولاً به دو شکل تأمین می‌شود: استفاده از کپسول (سیلندر)

مولد گاز استیلن

که بهای هر دو حالت شلنگ انتقال گاز نیز استفاده می‌شود.

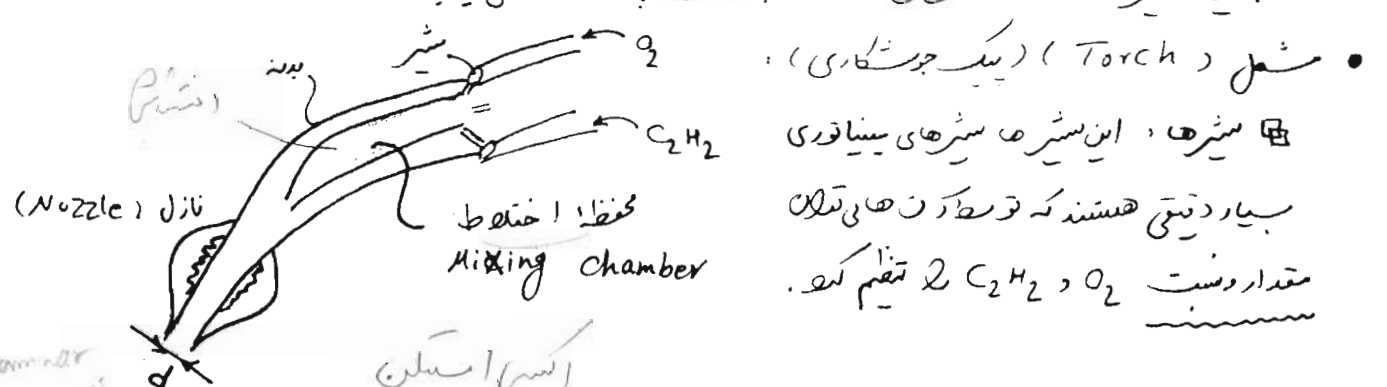
گاز استیلن از واکنش کاربید کلسیم با آب (سست می‌آید):



گاز استیلن گازی است که تحت فشار واکنش درون ایجا می‌شود که همراه با اوزن در حجم است و انفجار. به همین دلیل بهای ذخیره کردن این گاز در کپسول‌ها ابتدا موهومی اسفنجی را داخل کپسول تعبیه می‌کنند و بدون آن استون تزریق می‌کنند و سپس گاز استیلن را به داخل آن تزریق می‌کنند زیرا این گاز به خوبی داخل استون حل می‌شود.

در هنگام استفاده از کپسول باید دقت کرد که بی خروجی گاز استیلن از بیرون مشخص بیشتر نشود زیرا در این صورت به دلیل تغییر حجم ناگهانی در کپسول مقداری نیز استون از آن خارج می‌شود و در نتیجه ناخالصی ایجا می‌کند که بهای جوشکاری مضرت است و تنها راه مبارزه با آن کنترل حجم خروجی گاز است. به بیانی ساده تر چند جوشکار نمی‌توانند به طور همزمان از یک کپسول استفاده کنند و همچنین نباید کپسول را به صورت افقی یا خوابانده قرار داد.

• استفاده از safety valve (شیر یک طرفه): این شیرها بهای یک طرفه بودن جریان گاز استیلن هستند که عموماً در قسمت شلنگ انتقال گاز وصل می‌شوند و اکثراً برنجی هستند. دلیل نصب چنین شیری این است که اگر به دلایلی پدید Back Fire اتفاق افتاد بازمیدن شعله به این شیر شعله خاموش می‌شود و به داخل کپسول راه نمی‌یابد.



دقت شود که فشار این دو گاز توسط رولواتر بر روی کسپول تنظیم می شود.

قسمت اصلی مشکل در داخل آن است که محفظه مخلوط نام دارد. در این محفظه گازهای O_2 و C_2H_2 به صورت احتشاشی درآیند و با هم مخلوط شوند و در هنگام خروج باید بصورت کاملاً آرام و Laminar درآید. دقت شود که این مخلوط باید بصورت کاملاً آرام از مشعل بیرون آید و سپس به دمای اشتعال برسد. در صورتیکه این مخلوط در داخل مشعل مشتق شود پدیده Back Fire رخ می دهد که بسیار خطرناک است.

• در سایر جنبی : عیب دودی ، فذک های مخصوص ، فلر د ...

• حله مصرفی :

• گاز اکسیژن : دقت شود که باید در اینجا از اکسیژن خالص صنعتی استفاده کرد و نه هوا.

• کسپول گاز استیلن دیا کاربید کسیم .

• مفتول ، فلر متال : با قواها روشن های مختلف که معمول ترین آن ها فولفو معمولی با روشن نازکی است .

بسته به عناصر آلیاژی پیش بینی شده در داخل مفتول آن ها با نام اختصاری RG دسته بندی می کنند.

روکش استفاده شده در این مفتول ها عموماً مس است . همچنین علاوه بر فولفو معمولی آلیاژهای نقره ، برنج

آلومینیوم و چدن نیز برای ساخت مفتول های این فولاد استفاده می شود.

• رولساز : نقش رولساز برای نابود کردن سیالیت ذوب است . در صورت فاسد بودن رولساز

یا مناسب نبودن آن مفتول فلز مذاب با بلند تیر مخلوط نمی شوند و در ذله کاملاً نمی پوزانند . وظیفه تیر

رولساز حل کردن پوسته های اکسیدی و تمیز کردن و محافظت کردن است . ترکیبات معمول رولساز

عبارتند از : کربن ، فلوراید ، یداید ، بکلس و اسید برنیک ،

آلر آلترودی باریک و بلند باشد و انتهای آن همواره آلترودی است ، لحظت نباشم این آلترودی برای

جوشکاری اکسی استیلن است که رولساز نیز همراه آن است .

• مشغیر های تولید می کند : مشغیر های این فولاد برای قلعان به دو دسته کلی تقسیم می شود :

(۱) مشغیر های اکسجانی (رجوع به جدول د ...)

(۲) مشغیر های تجربی

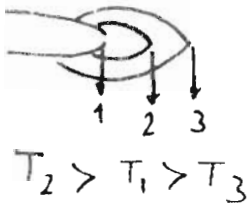
دسته اول آن حرف به چندین قسمت تقسیم می شود عبارت است از :

• فشار گاز اکسیژن و استیلن .

• شماره مشعل (قطر سوراخ مشعل)

(۱) این روش برای جلوگیری از زنگ زدن است .

است. پس بدلی داشتن درجه حرارت شعاع و عملاق از بدلی در حالت
 * نسبت گاز و اکسیژن * نوع گاز * وجه همپوشانی خالص و به هم
 * گرم نقطه از شعاع.



هم نظر که می دانیم رادی شعاع در حد نقاط مختلف آن یکسان نیست
 حال باید دید که این رادی شعاع چه ارتباطی با جوشکاری دارد. هم نظر که
 می دانیم شرط لازم بدلی شعاع این است که رادی آن از رادی ذوب فلز

بالا تر باشد زیرا اگر نه فلز به دلیل رادی ذوب فلز به آن رادی می رسد ولی

گرمای نهان ذوب آن تا مس نمی شود و فلز ذوب نمی شود. از طرف دیگر رادی شعاع نباید بالاتر
 از رادی جوش و بخار فلز باشد زیرا ترکیب بدلی از فلز مختلف می کند.

④ مقدار حرارت: مقدار حرارت حاصل بسیار مهم است. هم نظر که می دانیم حرارت از سه طریق منتقل

می شود: جابه جایی، انتقال و تشعشع. طبق رابطه اشتقاق - بولتزمن انتقال حرارت از طریق

تشعشع با تعلق به هم رادی مطلق دو سطح متناسب است. پس هر چه این حرارت بیشتر منتقل شود

لاصت تردد همگرا تر می تعلق جوشکاری را انجام داد.

⑤ اتسفر.

ادامه از ... File ...

Drill Number در مورد شماره ها و وضعیت آنها به ذکر آن عمل است این شماره بیان

Gage number

که در حالت اذنی منظور تقریباً است که بزرگ عمل سوراخ شده و در مورد حالت دوم باید گفت که

هر چه این شماره بزرگتر باشد سوراخ سوراخ ریزتر است .

* اهمیت شماره ها سوراخ این است که فشار گاز اکسیژن و استیلن باید با شماره ها سوراخ متناسب باشد . به عنوان مثال برای یک سوراخ خاص امانت کفون فشار گازها تا یک حدی تقلید شده و پرچم بر در پراکنش ترکند ولی از آن حد بعد محبت جریان اختشاشی (Turbolence) به میان می آید که سبب گشتن خود سوراخ می شود . حتی ممکن است انرژی تسخشی شده غیر مجاز باعث گشتن سوراخ شود

که در این صورت احتمال احتراق گاز درون سوراخ و خطر Back Five به میان آید . عهده بر این

شارش از حد گاز موجب جابجایی شدن خط مذاب می شود و جوش را از کنترل خارج می کند . همچنین اگر

دهانه بیش از حد بزرگ باشد باز هم خطر Back Five وجود دارد زیرا امکان گشتن گازها قبل از خروج

وجود دارد . همچنین در صورت بزرگ بودن دهانه سوراخ باید جوش نیز این می شود که ناهمگام است .

• مفتول (نوع و قطر) : مفتول باید عموماً از جنس حوضه فلز باشد و از یک توده آلیاژی . البته این مورد

فقط در مورد Joining مطرح است . همچنین قطر مفتول باید متناسب با قطر سوراخ و ضخامت قطعه

کار باشد زیرا حجم مذاب ممکن است کمتر یا بیشتر از مقدار مورد نیاز باشد و باید دقیقاً تنظیم شود .

• روان ساز : در این حالت نیز روان ساز همان نقش را در برده است مذاب را با بازی می کنند

در آن درم نیز حوضه به جهت تسهیل می شود

• تنظیم شده

تعریف : شده محصول احتراق است که همراه با انرژی حرارتی ، انرژی توانی داشته باشد

بلای به وجود آمدن شده نیاز به ماده سوختی است به همراه حرارت لازم . در اینجا ماده سوختی ما

مخلوطی از دو گاز است و به این حرارت لازم برای احتراق می گوئیم . این درجه حرارت اشتعال

به عمل می مانند نسبت دو گاز و فشار آن ها بستگی دارد . این دو عامل بسیار مهم هستند . اگر شده فاضل

شود بدین معنایست که اکسیژن تمام شده بلکه بدین معنایست که نسبت اکسیژن از یک میلیون

کمتر شده است . حال اگر این نسبت بیش از یک مقدار معین هم باشد موجب خاموش شدن

شده می شود زیرا باعث سرد شدن منطقه می شود و بلای جلوگیری از آن باید اکسیژن را بیش نسوم کرد

حضر صیات شده : ① (دما درجه حرارت) : این دما درجه اول بستگی به نوع گاز سوختی دارد .

همچنین باید دید که گاز در حال سوختن با اکسیژن می سوزد و یا با هوا . زیرا بیشتر زمانی که با اکسیژن و هوا دارد

شده می شود تنها نقش پائین آوردن دما را بر عهده دارد و حضور است . عامل سوم نسبت گاز به اکسیژن

1- استحکام پهنایی ندارد (معمولاً کمترین استحکام کشش کشند) $\sigma_y = 40 \text{ ksi}$
 - Elongation 35% (فولادها کشش) نرم پذیر است
 - نوع: Sheet steel (رنگ های نازک) / با پوشش سطحی
 Low Carbon St. (1)

$\sigma_y = 45 \sim 70 \text{ ksi}$
 - Elongation 22% (در حالت Anneal)
 - نوع: قیراغن / ST37
 Mild Steels (2)

* Mild Steel + Low Carbon ← با کمترین درجه استحکام structural steels (معمولاً)
 80-90% از تولیدات داخل در این دسته است
 از فولادهای فولادها هم در این فولادها است

- اولین دسته که Hardenable هستند
 $\sigma_y: 45 - 100 \text{ ksi}$
 - دسته انواع عملیات حرارتی و طیف گسترده فرامی نگارند Elg: 10 - 30%
 - کاربرد بسیار وسیع
 Medium Carbon St. (3)

- Hardenable (حکم فولادها هستند)
 - طیف فرکانس گسترده (داخل Tough در این سطح سفت شود)
 - کاربرد: سفت و مقاومتر است اما کارایی کم دارد و در برابر بارهای کشش در Roller ها
 High Carbon ST. (4)

مقاله‌های جوهرکاری P.C. ST.

دسته اول (Mild steel / low Carbon)

- جوهرکاری آن‌ها بسیار راحت است و بدون اطلاعات جوهرکاری هم می‌توان
- تقریباً با تمام فرآیندهای جوهرکاری می‌شود انواع گسترده‌ها در فولادها آن ابزارها معمولی
- جوهرکاری Plasma, TIG ابتدا ضرورتی ندارد که برای اینها انجام شود
- مواردی که باید توجه کنیم.

$C > 0.2\%$ و $Mg > 1\%$ و سختی $< 2^{\circ}$

- C و Mg هر دو استحکام کشش هستند (E60 جوهرکاری نیست) باید از E70 ها استفاده کنیم
- سختی زیاد ← سریعتر سرد می‌شود + تنش داریم (Toughness ↓) → فولادهای ملایم و Low Hyd

• ارزیابی پورسی : S_1 (0.5% C) استاندارد کنیم ← S_2 (1% C) یا S_3 (1.5% C)
 ← Flux فک و تازنه که اسیدی قسم نباشه

• ضخامت ↑ Heat Sink Effect ← زوب ناقص دیواره ای ← باید قطعه طفت را پس از نسیم | طبقه برای زوب مطلق
 • ندرت مقدار لورد در Structural St زیاده از معمول است ← تولید گرم ← اثر در دقت نسیم لکارن بریم

• Medium Carbon St : خواص

← Weldability (موسس پزیرن) خاصیتی است که صرفاً به همین قطع مطلق دارد نه سایر پارامترها

- Weldability : نتوی است ← باید مثال متاورژنی را بخاییم کنیم
- مشکل در Medium C است : ترک خوردن کوا، عروس در HAZ / یا تریس زیاده HAZ (از تریس ماری) ↓
- بحث برین معادل سطح است : میزان کربن غیر مهم است اینج نزدیک 0.3 باشد یا نزدیک 0.6
- باید اول بریم : کربن هیدرات 2-4 - مقدار Si, Mn هیدرات 3-5 - ضخامت هیدرات ؟ (محت سرد هیدرات هیدرات)

← برای اینها اثر در E6010, E6013 قابل استفاده نیست ← استقامت جوی ↓ (کربن لرونجا با این است)
 • اگر کربن لرونجا در عروس را بریم با فلوات است ← تاثیرت ← تریس ← تولید
 • باید کربن را پس از نسیم از عناصر آلیاژی تک بگیریم : Mn, Ni, Mo ← استقامت ↑ (تریس ندارد)

• 708, 8010, 8018 در پورسی این عناصر دارند
 • سین لورد ها 70, 80 (90 تا 100 درصد) + مایه در مایه (مطلق با احتیاط آن مایه در نسیم لکارن دارد)
 • ارزیابی پورسی : CO_2 : نسیم جوی باید که عنصر آلیاژی داشته است (S2CRMO) نسیم جوی المونیم است

• Heat A Z داریم : مشکل آن طوری است که M و ندرت پورسی (کربن آن نسیم مناسب است) نسیم نسیم
 • Preheat, Proheat / مایه میان کربن معادل 200-500 نسیم نسیم . C% ↓ نسیم نسیم
 • M بر عود آمد . سین گرم نسیم نسیم نسیم نسیم

• Hydrogen Emb. شکل تریس برین فوارها با استقامت است نه فوار نسیم . فوارها کربن ↑ عناصر آلیاژی
 • فوارها در آن روز شکل HE دارند
 • اثر در لورد عروس لرونجا مطلق بدون رطوبت استاندارد نسیم . قطع مایه با نسیم

• تولید لورد در HAZ معادل است
 • محدودیت زاینف : عروس معادل CK45 : فصل تریس را بریم در نسیم نسیم نسیم نسیم نسیم M تریس
 • سین گرم نسیم نسیم نسیم نسیم Weld2, Weld1 : 4

عوضکاری فولادهاں High Carbon

- خصوصاً ترقیب سٹورم عوضکاری نشوند (Weldability ندارد)
- کریں زدهاں است که با Filter هم نمیتوان کریں Weld M، اما این آورد (عدالتاً از ۱.۷ تا ۰.۸ برسانیم)
- کاربیدهاں سرد بویست است
- کاربیدهاں فولادها هم جایی است که نیازم عوضکاری نداشته باشند
- اگر عوضکاری عوضکاری کنیم همان سطح Medium Carbon ها را با وقت بیشتر رعایت کنیم
- پیش گرمها را تا ۴۰۰ یا ۵۰۰ درجه بریم
- اینجا هم باید پیش گرم کنیم (معمولاً نسبت را تغییر ندهیم)
- در انتها با الکتروود باید با دقت وقت کنیم

یک حالت دیگر از این فرآیند هم هست که بیشتر در حالت هایی که ورق گالوانیز یا پوشش دار روی را می خواهیم جوشکاری کنیم استفاده می شود به این دلیل که در حالت عادی آلومینیوم یا روی در اثر حرارت و فشار دائما به غلتک ها می چسبند و آلیاژ درست می کند که باعث افزایش مقاومت های تماسی می شود به همین علت از سیم تمیز فولادی یا مسی استفاده می کنند که از یک طرف از قرقه هایی باز می شود و زیر غلتک ها قرار می گیرد و دوباره در طرف دیگر دور غلتک دیگری جمع می شود یعنی از یک طرف سیم تمیز مسی وارد می شود و از طرف دیگر سیم آلودگی هایی که می توانست روی غلتک بشیند را جمع می کند. در این جا با اینکه مقاومت های اضافی تولید می شود اما با این وجود نسبت به حالتی که آلودگی ها بر روی غلتک می نشیند بهتر است.



مواد مصرفی فرآیند:

در اینجا هم ما مواد مصرفی نداریم به جز غلتک هایی که مستهلک می شود و عوض می کنیم و یا این شکل خاصی که در آن سیم مصرف می شود.

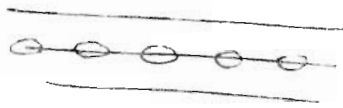
متغیر های فرآیند:

متغیر های این فرآیند هم مشابه فرآیند قبلی است.

۱. شدت جریان (میزان): همانند فرآیند قبلی با این تفاوت که در آن فرآیند قطر دکمه جوش و نفوذ جوش مطرح بود در این جا پهنای باند جوش و نفوذ یعنی با زیاد کردن شدت جریان هم پهنای باند جوش زیاد می شود و هم نفوذ جوش اما از یک حدی به بعد دیگر پهنای باند جوش اضافه نمی شود و در این حالت است که غلتک ها می توانند در قطعه کار فرو روند و حتی سرتاسر به جای اینکه جوش داده شود بریده شود.

۲. زمان: این متغیر را باید به دو صورت مورد بررسی قرار داد یک زمان جوش و دیگری زمان استراحت. یعنی زمانی که جریان وصل و یا قطع است که بر روی دستگاه قابل تنظیم است. اگر زمان وصل زیاد باشد همانند فرآیند جوش نقطه ای هم پهنای جوش زیاد می شود و هم نفوذ جوش و در نهایت می تواند باعث خمیری شدن مناطق اطراف جوش و فرورفتن غلتک ها در کار شود. اما اگر زمان قطع زیاد باشد در این حالت فاصله بین جوش ها زیاد شده و می تواند به مرحله برسد که دیگر یک باند جوش نداریم و چندین نقطه جوش پشت سر هم داریم. اما باید توجه داشت که اگر زمان وصل کوتاه باشد در این حالت دیگر جوش ما نفوذ و استحکام کافی را ندارد.

جریان / زمان وصل کم / سرعت زیاد / غلظت

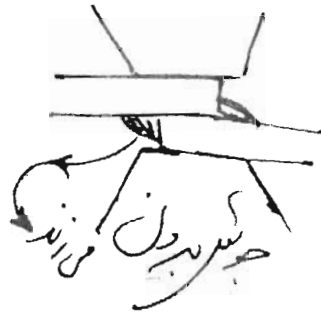


۳. فشار: که کاملاً مشابه با فرآیند جوش نقطه ای است.

۴. سرعت خطی یا زاویه ای غلتک: اگر سرعت خطی زیاد باشد عملاً به این مفهوم است که زمان را کوتاه کرده باشیم و در نتیجه جوشی داریم که نفوذ و پهنای باند جوش کافی را نداریم در مقابل سرعت زیاد به این معنا است که ما زمان را طولانی کرده ایم یا همان نتایج.

۵. سوار شدن لبه ها و استقرار صحیح: در این جا هم اگر روی هم سوار شدن کم باشد همان مشکلات را داریم و جوش بیرون می زند و اگر زیاد باشد سرتاسر لبه ای است که اضافه مصرف کرده ایم. و همین طور استقرار صحیح قطعه کارها بر روی هم تاثیر گذار است.

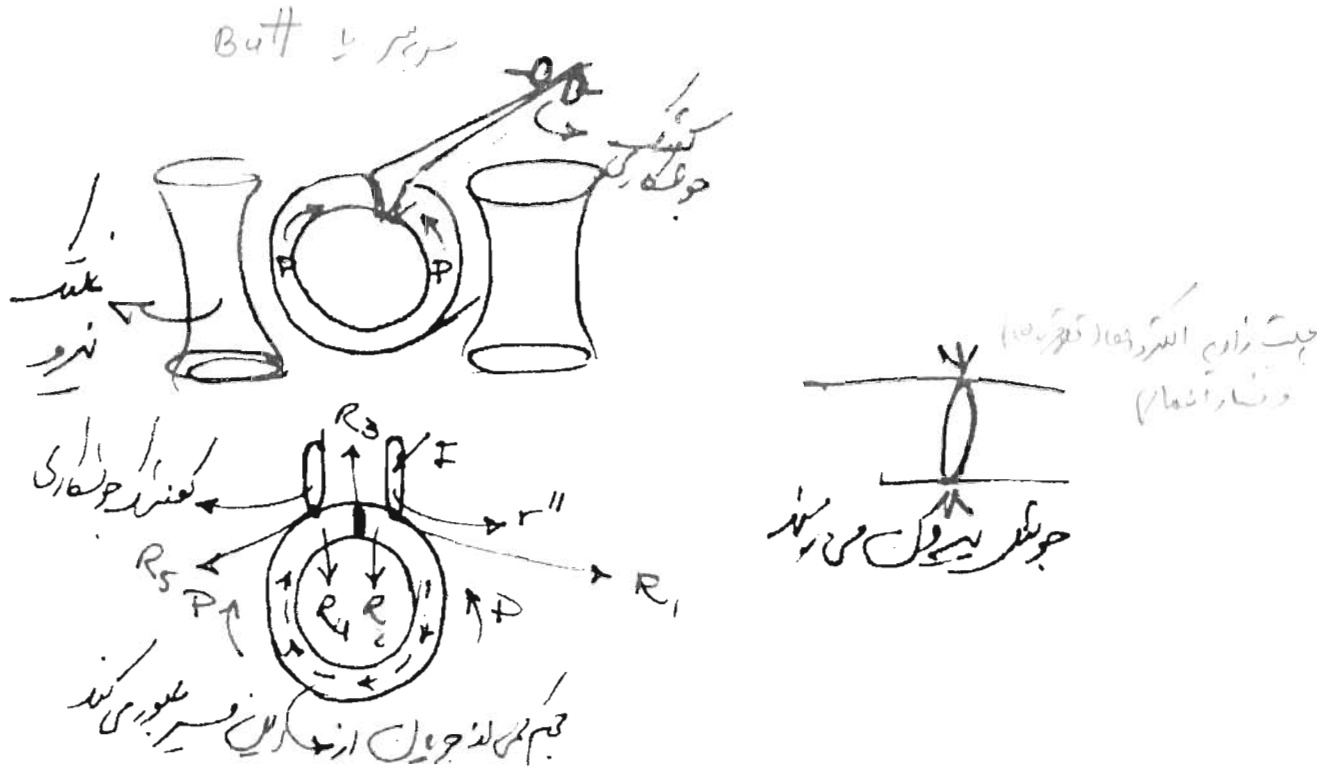
نکات تکنیکی و مزایا و محدودیت ها در این فرآیند کاملاً مشابه جوش نقطه ای است.



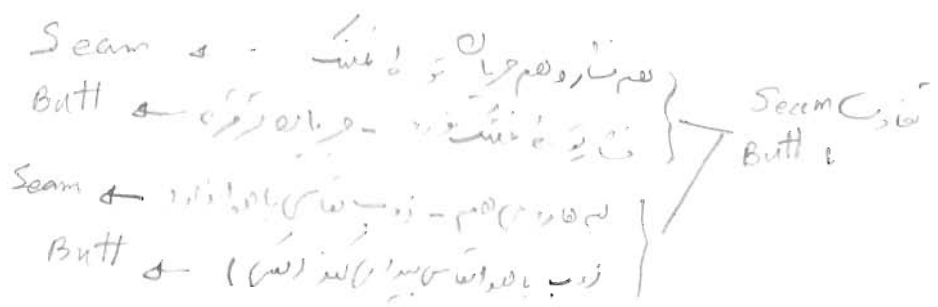
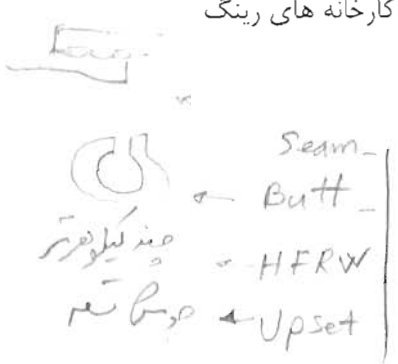
• فرآیند جوشکاری مقاومتی فرکانس بالا H.F.R.W. :

جایگاه این فرآیند بیشتر در کارخانه های لوله و پروفیل است. در کارخانه های لوله و پروفیل از برشکاری شکل داده و جوشکاری استفاده می شود. ورق بریده می شود به صورت تسمه، تسمه در لایه غلتک هایی به صورت U و بعد به صورت O و در نهایت جوشکاری می شود که در مورد لوله هایی که جداره نازک است تا قطر 4-5 اینچ از جوشکاری مقاومتی استفاده می شود که لوله های سیاه یا سفید که برای آب استفاده می شود اما در صورتی که قطر زیاد باشد از جوشکاری زیرپودری استفاده می شود. ابتدا به صورت Butt Seam R.W. بیان می شود در اینجا بعد از آخرین غلتکی که به تسمه نیرو اعمال می کند و آن را به شکل استوانه در می آورد یک کفشک یا قرقره هایی بر روی آن حرکت می کند که این قرقره ها به جریان الکتریکی متصل است و لبه های آن روی دو طرف این استوانه قرار گرفته است. در این جا غلتک ها فشار را اعمال می کنند قرقره هایی که به جریان متصل هستند هم نقش الکترود های این فرآیند را بازی می کنند در این حالت مقدار بسیار کمی از جریان از طرف بزرگتر حرکت می کند بلکه بیشتر آن از طرف کمتر که ما می خواهیم عبور می کند و در نتیجه جوشکاری انجام می شود. در اینجا هم ما همان مقاومت ها را داریم. البته در این حالت به علت زاویه ای که قرقره ها یا الکترود ها نسبت به هم دارند و همین طور فشار اعمالی مقداری جوش از دو طرف بیرون می زند.

نکات
رنگ آمیزی

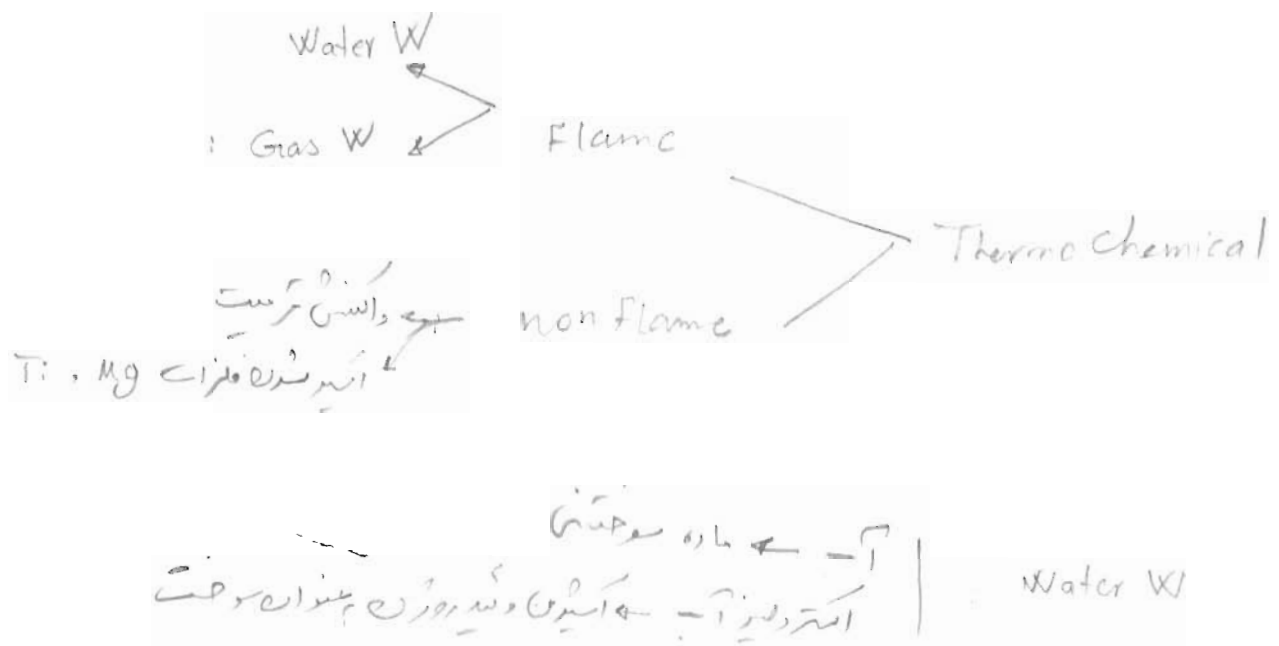


تفاوت این فرایند یعنی Butt Seam R.W. با Seam R.W. در دو نکته اساسی است: یکی اینکه در حالت Seam R.W. هم فشار و هم جریان الکتریکی توسط غلتک های یا الکترود ها اعمال می شد اما اینجا فشار از روی غالتک ها بر داشته ایم و الکترود ها تنها ناقل جریان الکتریکی هستند و فشار توسط غلتک های نورد اعمال می شود. دومین تفاوت این است که در حالت Seam R.W. لبه ها بر روی هم قرار گرفته اند و ذوبی که به وجود می آید به طور معمول هیچ تماسی با هوا و اکسیژن ندارد. اما در این جا جوشکاری به صورت سر به سر انجام می شود. نکته ای که اینجا مطرح می شود این است که در این حالت مذاب با هوا تماس دارد اما عموماً ما از این فرایند برای جوشکاری فلزات فعال استفاده نمی کنیم بلکه برای فولاد کم کربن معمولی استفاده می شود در نتیجه واکنش قابل توجهی در آن رخ نمی دهد علاوه بر این در این جا سرعت ما بالاست و عملاً زمانی برای انجام واکنش نداریم. اما حتی اگر در این حالت ما مقداری اکسید شدن را داشته باشیم باز هم با توجه به فشاری که این جا داریم و اصطلاح Upsetting که به آن لهیدگی می گویند این اکسید ها بیرون می زده می شود و هیچ وضعی را برای ما در جوشکاری ایجاد نمی کند. همین فرایند را در H.F.R.W. با تفاوت های کوچکی قرار داده اند در اینجا دیگر فرکانس فرکانس 50 Hz نیست بلکه توسط دستگاه هایی از فرکانس های چند کیلو هرتز استفاده می کنند تا سرعت جوشکاری بالا رود چیزی در حدود چندین متر در دقیقه. به علاوه چون با این فرکانس بالا دیگر غلتک ها جوابگو نیستند از کفشک های بسیار دقیقی استفاده می شود. فرایندی شبیه به این هم داریم که به جای لوله تسمه را جوشکاری می کند که به آن Upset R.W گویند که در کارخانه های رینگ سازی استفاده می شود که در این جا باز شکل الکترود ها متفاوت است و به صورت گیره است.



فرایندهای جوشکاری شیمیایی حرارتی : Thermo Chemical W.

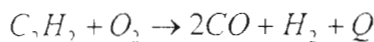
در این گروه از فرایندهای دیگر از انرژی الکتریکی استفاده نمی‌کنیم بلکه از یک سری واکنش‌های شیمیایی حرارتی استفاده می‌کنیم این دسته از فرایندها خود دو گروه هستند یگ گروه فرایندهایی که بدون شعله Non Flame W. هستند که معروف‌ترین واکنش در این جا واکنش ترمیت است که به آن جوش ترمیت گویند. یا اکسید شدن برخی از فلزات مثل منیزیم یا تیتانیوم که به شدت حرارت زا هستند و از حرارت این‌ها می‌توان استفاده کرد. دسته دیگر فرایندهای شیمیایی است که این تولید حرارت همراه با شعله Flame W. است که این دسته از فرایندها طبیعتاً شامل یک ماده سوختنی است که در اثر سوختن آن شعله به وجود می‌آید و عموماً از گاز‌های سوختنی استفاده می‌کنند به جز یکی دو مورد استثناً که همراه با شعله است اما گاز نسبت و یک ماده سوختنی مایع می‌سوزانیم مثل بنزین یا الکل البته این حالت خیلی محدود است. یک حالت دیگر هم هست که به آن Water W. گویند این حالت با حالت جوشکاری زیر آب کاملاً متفاوت است و تنها از آب استفاده می‌شود به عنوان ماده سوختنی! در این جا سیستم به این ترتیب است که آب داخل یک محفظه ای ریخته می‌شود و آب توسط نمک الکترولیت می‌شود و با دو الکترودی که داخل آن است تجزیه می‌شود و تبدیل به اکسیژن و هیدروژن می‌شود که این اکسیژن و هیدروژن تولیدی را هدایت می‌کنیم به مشعل و می‌سوزانیم و شعله ایجاد می‌شود و جوشکاری می‌کنیم که در این حالت یک جوشکاری بسیار تمیز و ظریفی ایجاد می‌شود. اما Gas W. که در آنها گاز می‌سوزانیم مهمترین این گازها استیلن، هیدروژن، پروپان، بوتان و گاز طبیعی است که باز در بین اینها متداول‌ترین در صنعت ما فرایند جوشکاری اکسی استیلن است.



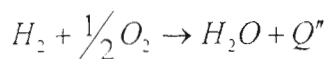
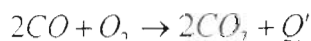
متغیرهای فرآیند اکسی استیلن:

بیان شد که برخی متغیرها هستند که بر روی کیفیت و کمیت جوش تاثیر دارند اما تعیین آنها مشکل و پیچیده نمی باشد از جمله: ۱. فشار گاز اکسیژن و استیلن ۲. شماره سر مشعل یا به بیانی قطر سوراخ آن ۳. نوع مفتول و قطر آن ۴. و در مواردی که نیاز به روانساز است نوع روانساز هم می تواند موثر باشد. اما برخی از متغیرها هم هستند که تنظیم آنها نیاز به تجربه و تمرین دارد مثل تنظیم شعله. در تنظیم شعله ابتدا باید خود شعله را شناخت و بعد عواملی که بر ایجاد شعله تاثیر دارد و در نهایت مشخصات شعله که دمای شعله بررسی شد که به چه عواملی بستگی دارد و چه تاثیری بر روی خواص جوش دارد به طور خلاصه عوامل موثر بر روی دما شعله عبارت است از نوع گاز سوختنی استیلن باشد یا هیدروژن؛ این که از اکسیژن استفاده بکنیم یا از هوا؛ احتراق کامل یا ناقص مطرح شد که به درصد گاز بستگی دارد که چند درصد گاز اکسیژن و چند درصد گاز سوختنی استفاده شود؛ محل اندازه گیری دما شعله خود یکی دیگر از عوامل تاثیر گذار بر روی دما شعله است؛ و آخرین عامل این که گاز را پیش گرم کنیم یا نه بیان می شود که بر روی دما شعله تاثیر دارد.

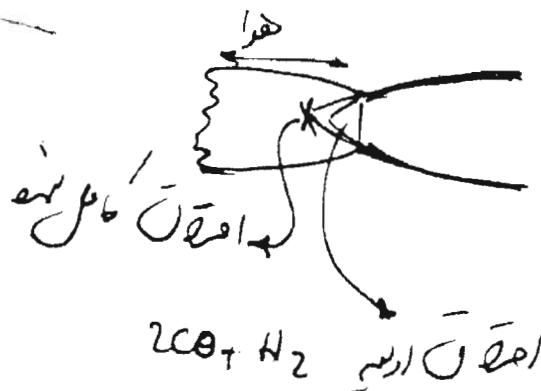
مسئله ای که در این جا پیش می آید این است که آیا دما شعله به مقدار گازی که می سوزد بستگی دارد یا خیر؟ یعنی اگر دهانه مشعل را بزرگتر بگیریم و به همان نسبت فشار گاز را افزایش دهیم آیا دما شعله تغییر می کند یا نه؟ در جواب بیان می شود که دمای شعله تغییری نمی کند اما حرارت شعله افزایش می یابد. پس می توان مشخصه دیگر شعله را حرارت یا انرژی شعله دانست. اما چه عواملی بر روی حرارت شعله تاثیر دارد و حرارت شعله چه تاثیری بر روی خواص جوش دارد؟ مقدار حرارت شعله باز بستگی دارد که ما چه نوع گازی را می سوزانیم این که ما یک مول هیدروژن بسوزانیم یا یک مول CH_4 یا یک مول C_2H_2 حرارتی که آزاد می کند متفاوت است که تحت عنوان ΔH بیان می شود. بنابراین نوع گاز سوختنی اهمیت دارد. عامل دیگری که بر روی حرارت شعله تاثیر می گذارد تکامل احتراق است یعنی چه درصدی اکسیژن با استیلن بسوزد. واکنشی که در احتراق صورت می گیرد به صورت زیر است اگر نسبت اکسیژن به استیلن برابر باشد:



این حالت را احتراق ناقص یا احتراق اولیه گفته می شود. اما در ادامه داریم:



که به این دو واکنش احتراق ثانویه یا تکامل احتراق گویند. در این دو واکنش اکسیژن از هوا گرفته شده است. در واکنش احتراق اولیه همراه با حرارت مقداری افزایش حجم هم داریم که این افزایش حجم باعث می شود مقداری هوا به داخل کشیده شود و اکسیژن مورد نیاز واکنش احتراق ثانویه تامین شود. بنابراین حرارت تولید شده مجموع



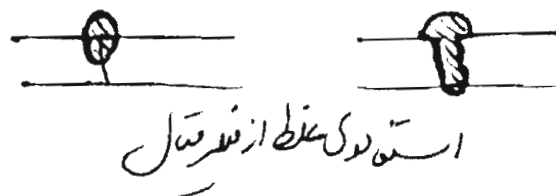
این ۳ حرارت است:

$$q = Q + Q' + Q''$$

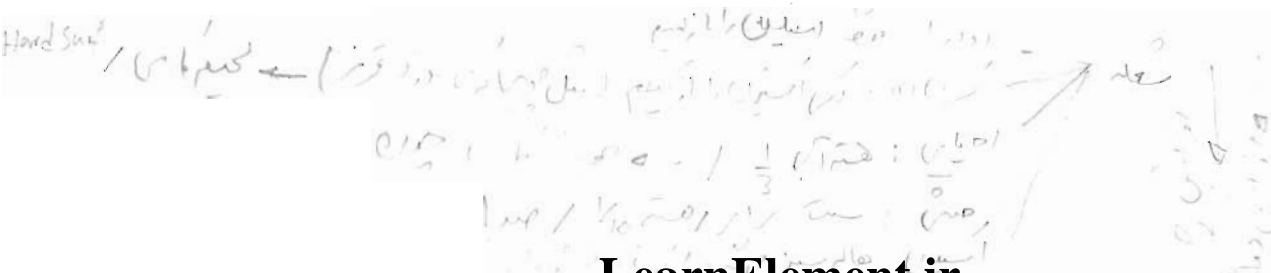
پس هرچه احتراق کامل‌تر انجام شود در نتیجه دما حرارت بیشتری تولید می‌شود. عامل بعدی که بر روی مقدار حرارت شعله تأثیر دارد این است که چه مقدار گاز در واحد زمان می‌سوزد؟ یعنی اگر قطر سوراخ سر مشعل تغییر کند و به همان نسبت فشار را افزایش دهیم مقدار گاز بیشتری می‌سوزانیم. در اینجا هم پیش گرم کردن گاز بی تأثیر نیست. اما نکته اساسی این است که مقدار حرارت شعله چه تأثیری بر روی خواص جوش دارد؟ در ارتباط با دمای شعله بیان شد که باید دمای شعله بالاتر از دمای ذوب فلز ما باشد اما این مسئله شرط لازم برای ذوب شدن هست اما شرط کافی نیست بلکه شرط کافی این است که حرارت شعله هم باید به اندازه ای باشد که بعد از اتلاف بخشی از آن در هوا در اثر تابش و جذب مقدار دیگری از آن در قطعه و هدایت آن، بخش باقی مانده جبران حرارت نهان ذوب باشد و ذوب ایجاد شود. این مسئله را می‌توان با یک آزمایش ساده بررسی کنیم ۲ ورق با ابعاد و اندازه های یکسان داریم که یکی فولادی با دمای ذوب ۱۵۳۵ درجه و یکی مسی با دمای ذوب ۱۰۸۳ درجه. برای جوشکاری این دو قطعه از شعله ای با دمای شعله ۲۵۰۰ درجه استفاده می‌کنیم. در این حالت شعله را روی قطعه فولادی می‌گیریم بعد از مدتی ذوب ایجاد می‌شود و با حرکت آن می‌توانیم جوشکاری کنیم اما با همین شعله برای ایجاد ذوب در قطعه مسی لازم است تا مدت بیشتری شعله را بر روی قطعه نگه داریم و با همان سرعت قبلی دیگر نمی‌توانیم ذوب ایجاد کنیم. در این جا مشکل پایین بودن دمای شعله نیست بلکه در اینجا حرارت شعله پایین است چون قطعه مسی قدرت جذب حرارت بیشتری دارد و حرارت باقی نمی‌ماند تا ذوب ایجاد شود پس نیاز است که حرارت شعله را به گونه ای بالا ببریم تا این جذب را جبران کند. مثال دیگری را بررسی می‌کنیم شعله ای را تنظیم کرده ایم برای جوشکاری یک قطعه ضخیم بعد با همان شعله قطعه نازکتری را می‌خواهیم جوشکاری کنیم دیده می‌شود که در این حالت ذوب می‌ریزد در اینجا دمای شعله بالا نیست بلکه حرارت شعله بالا است و این قطعه نازک نسبت به قطعه ضخیم تر قدرت جذب حرارت کمتر دارد پس حجم ذوب زیاد شده و دیگر نمی‌توان آن را کنترل کرد و سوراخ ایجاد می‌کند. پس به طور کلی شرط لازم دمای شعله و شرط کافی حرارت شعله است. یکی از تأثیرات حرارت شعله بر روی جوش سیکل گرم و سرد شدن است. در این جا هم چیزی شبیه به **heat input** را داریم و اگر حرارت شعله زیاد باشد منطقه جوش و اطراف آن آرام تر سرد می‌شود و در مقابل اگر حرارت شعله کم باشد در این صورت جوش سریع تر سرد می‌شود که همین سریع یا کند سرد شدن بر روی خواص جوش تأثیر می‌گذارد. همین طور واکنش هایی که در جوش انجام می‌شود هم متأثر از حرارت شعله است.

مشخصه دیگر شعله اتمسفر شعله است یا محصول احتراق یا دنباله شعله در حقیقت همان بخشی از شعله با انرژی نورانی آن را می‌بینیم. شعله علاوه بر اینکه منبع حرارتی است و همچنین در شعله نیروهای دیگری است که می‌تواند در هدایت ذوب به ما کمک کند تا حدودی شعله می‌تواند عمل محافظت را هم برای ما انجام دهد. به بیانی می‌توان گفت که امکان این وجود دارد که محصول احتراق با ذوب ما واکنش دهد و تأثیراتی بر روی آن داشته باشد. پس اتمسفر شعله هم اهمیت دارد که با توجه به این مورد حتی بحث تنوع شعله هم ایجاد می‌شود. عواملی که اتمسفر شعله به آنها ارتباط دارد یکی نوع گاز سوختنی است و یکی این که کجای اتمسفر شعله ما با ذوب در تماس است چون جاهای مختلف شعله اتمسفر متفاوت دارد. معمولاً گفته می‌شود که کمی جلو تر از

که خود مشعل داغ شود و امکان دارد این حرارت به گاز های داخل مشعل برسد آنها را به دمای اشتعال برساند که در این حالت حتی احتمال شعله ور شدن خود مشعل و **back fire** هم هست. مسئله دیگری که از نظر تکنیکی ما با آن رو به رو هستیم در مواردی است که یا قطعه ما نازک است و یا درز جوش باز است و یا این که حرارت شعله بیشتر از حرارت مورد نیاز برای این قطعه کار است یا حتی اگر حرکت دست درست نباشد و در برخی جاها بر روی قطعه کار مکث کند در این شرایط ما ریزش ذوب را داریم که قطعه را سوراخ می کند در این حالت پیشنهادی که می شود این است که این ناحیه که سوراخ شده را رها کنیم و جوشکاری را ادامه دهیم و بعد از اینکه قطعه سرد شد این قسمت را برس بزنیم و دوباره این قسمت را آرام حرارت دهیم و سعی کنیم که الکتروود را روی آن رسوب دهیم و سوراخ را پر کنیم اگر این کار را در همان لحظه بخواهیم انجام دهیم چون قطعه کار ما خیلی حرارت گرفته است و همین طور اطراف سوراخ خیلی نازک شده اند نمی توانیم الکتروود را روی آن رسوب دهیم و حتی احتمال دارد که سوراخ ما بزرگ تر هم شود. یکی دیگر از کارهایی که خیلی وقت ها دیده می شود که جوشکار انجام می دهد که مانع ریزش ذوب شود و بتواند ذوب را کنترل کند جلو و عقب کشیدن شعله است که هر چند با این کار می توان مانع ریزش ذوب شد اما غلط است چرا که با نزدیک کردن شعله در حقیقت ما ذوب ایجاد می کنیم و با عقب کشیدن آن عملاً ذوب را در معرض هوا قرار می دهیم بلکه کار صحیح این است که با زاویه مشعل بازی کنیم یعنی جایی را که نیاز داریم بیشتر ذوب شود مشعل را مستقیم تر بر روی قطعه کار بگیریم و در جایی که نیاز کمتری به ذوب شدن است زاویه را کمتر کنیم تا حرارت شعله بر روی کار پخش شود اما عمل محافظت انجام شود. اما در جاییکه نیاز به فلز پر کننده داریم در این حالت هم همانند فرآیند **TIG** باید با یک دست مشعل را بگیریم و با دست دیگر فلز پرکننده را. در این حالت ابتدا شعله را بر روی قطعه کار می گیریم و بعد از این که تا حدی قطعه کار ما ذوب شد فلز پرکننده را به کنار حوضچه مذاب اضافه می کنیم. باید توجه داشت که اگر ابتدا ما فلز پرکننده را ذوب کنیم و بعد آن را بر روی درز جوش هدایت کنیم باعث می شود که حرارت کمتری به قطعه کار ما برسد و به طور کامل ناحیه جوش را ذوب نکند که این حالت یعنی عدم نفوذ کافی جوش در قطعه کار و در حقیقت ما تنها یک قله ای از فلز پرکننده را بر روی درز جوش با نفوذ کم قرار داده ایم یا حتی اگر بین دو قطعه کار ما فاصله باشد باز هم امکان دارد که ظاهر جوش خوبی را داشته باشیم اما چون قطعه کار ما خوب ذوب نشده است پیوند کافی بین دیواره های قطعه کار با فلز پرکننده را نداریم که در این حالت جوش ما استحکام کافی را ندارد. در بعضی مواقع که ما نیاز به روانکار هم داریم ابتدا باید مقداری فلز پرکننده را حرارت دهیم و وارد روانساز کنیم تا روانساز به آن به چسبید و بعد مثل قبل اول قطعه کار را حرارت می دهیم و بعد فلز پرکننده که روانساز به آن چسبیده است را وارد حوضچه مذاب می کنیم و این کار را تا انتها ادامه می دهیم بدون اینکه کار قطع شود باید توجه داشت این روش که ابتدا روانساز را بر روی درز جوش بریزیم و بعد جوشکاری را شروع کنیم اشتباه است چون از وظایف روانساز حتی محافظت از نوک فلز پرکننده و الکتروود هم هست.

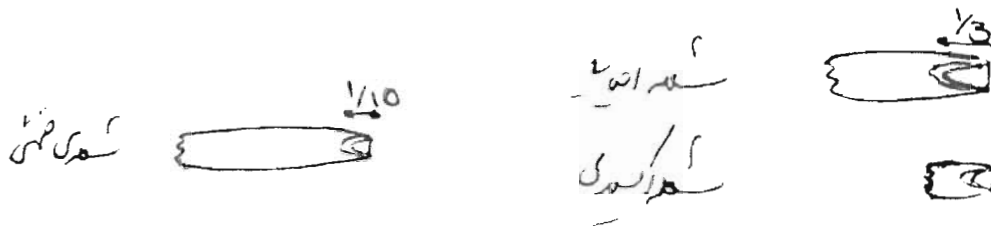


نوک شعله برای تماس با ذوب است این به آن علت است که در این محدوده هم دمای ذله بیش است هم این که اتمسفر قبی اتمسفر در دارد. البته باید توجه داشت که اگر ما نسبت استیلن به اکسیژن را روی مشعل تغییر دهیم می توانیم انواع اتمسفر شعله را داشته باشیم. در حالت اول می توانیم گاز اکسیژن را ببندیم و تنها از استیلن استفاده کنیم در این حالت یک احتراق ناقصی را داریم که بخشی از استیلن می سوزد و بخشی به صورت تجزیه شده یعنی به صورت کربن یا دوده باقی می ماند و دوده در هوا پخش می شود که اصطلاحاً به این شعله، شعله دودزا گویند این نوع شعله عموماً کاربردی ندارد. در حالت بعد مقدار کمی گاز اکسیژن را باز می کنیم به مرحله ای می رسیم که شعله دیگر دوده ندارد به این شعله، شعله کربن ده گویند و دقیقاً مثل چوبی است که می سوزد قرمز و حجم و قدرت تشعشعی زیاد ایجاد می شود این نوع شعله در جوشکاری کاربردی ندارد گاهی برای لحیم کاری از آن استفاده می کنند چون در این حالت دمای شعله پایین است و گاهی هم برای عملیات سخت کردن سطح با شعله (surfacing hard) استفاده می شود که با این شعله می توان سطح را کربوره کرد. باز هم اگر گاز اکسیژن را بیشتر وارد کنیم در این حالت به شعله ای می رسیم که به آن شعله احیایی گفته می شود در اینجا هم رنگ شعله و هم حجم و دنباله شعله کمتر می شود و همین طور یک هسته میانی هم در آن به وجود می آید که رنگ آن کمی متمایل به آبی و حدوداً ۱/۳ طول کل شعله است. از این نوع شعله در بعضی از روش های جوشکاری استفاده می شود برای مثال در جوشکاری چدن ها از این نوع شعله استفاده می شود. در حالت بعدی اگر شیر گاز اکسیژن را به حدی باز کنیم که نسبت گاز اکسیژن به استیلن برابر شود شعله حاصل شعله خنثی است که در این حالت هسته میانی کوتاه تر می شود چیزی در حدود ۱/۱۰ طول شعله. باید توجه داشت که تا این جا شعله ها مثل شعله شمع بدون صدا بودند اما شعله خنثی با صدا می سوزد. در نهایت اگر باز هم اکسیژن را بیشتر باز کنیم به شعله اکسیدی می رسیم که گاهی اوقات برای جوشکاری استفاده می شود صدای شعله بیشتر می شود و دنباله شعله کوتاه تر و فشرده تر می شود در این حالت یک هاله ای سبز رنگ اطراف آن را می گیرد و رنگ خود شعله تقریباً زرد می شود. در آخر اگر باز هم اکسیژن را زیاد کنیم **separated flame** یا شعله جدا شده ایجاد می شود که شعله از مشعل جدا می شود و همراه با یک صدا خاموش می شود که این نوع شعله هم کاربردی ندارد. در جوشکاری عموماً از شعله خنثی استفاده می شود مگر در موارد جزئی مثل جوشکاری آلیاژ های مس که از شعله اکسیدی استفاده می شود. باید توجه داشت که به همین ترتیب که اکسیژن اضافه می شود دمای شعله هم افزایش می یابد برای مثال اگر دمای شعله احیایی ۱۲۰۰ درجه باشد درجه حرارت شعله خنثی ۱۵۰۰ و درجه حرارت شعله اکسیدی ۳۰۰۰ درجه است. اما تاثیر اتمسفر شعله بر روی جوش را می توان این طور بیان کرد که اتمسفر شعله می تواند بر روی واکنش های گاز با مذاب تاثیر گذارد و باعث کاهش برخی از عناصر آلیاژی یا افزایش کربن یا اکسیژن در ذوب شود. اگر همین آزمایش را بر روی ۳ ورق فولاد کم کربن انجام دهیم یکی با شعله اکسیدی، یکی خنثی و یکی احیایی و بعداً بر روی آن تست خمش انجام دهیم می بینیم که نمونه جوشکاری شده با شعله اکسیدی با کمی خم شدن می شکند و در مقطع جوش آثاری از حباب های اکسیژن و اکسید های آهن دیده می شود که همین ها باعث پایین آمدن استحکام جوش می شود و ترد می شود. اما نمونه ای که با شعله خنثی جوشکاری شده است چون هم نمونه کم کربن است و هم شعله و محیط، جوشکاری نمونه خوب بوده و کاملاً خم می شود. اما نمونه ای که با شعله احیایی جوشکاری شده هم می شکند اما در این جا دیگر حباب های اکسیژن یا لکه های سیاه رنگ اکسید آهن وجود ندارد بلکه یک



ساختار بسیار تمیز داریم که وقتی با میکروسکوپ بررسی می کنیم می بینیم که درصد پوریت ما افزایش یافته است. به بیانی مقداری کربن در جوش اضافه شده است که همین باعث تردی جوش می شود. به همین ترتیب اتمسفر شعله برای جوشکاری Al یا S.S اهمیت دارد. برای مثال در ارتباط با S.S یکی از عناصر مهم در آن کروم است که اگر شعله مقداری اکسیدی باشد کروم اکسید می شود و در مقابل اگر مقداری شعله احیایی باشد کاربید کروم ایجاد می شود که هر دو ت ناخواسته است.

متغیر دیگری که به جوشکار بستگی دارد تکنیک جوشکاری یا به بیانی نحوه حرکت مشعل، زاویه مشعل و میزان اضافه کردن مفتول است.



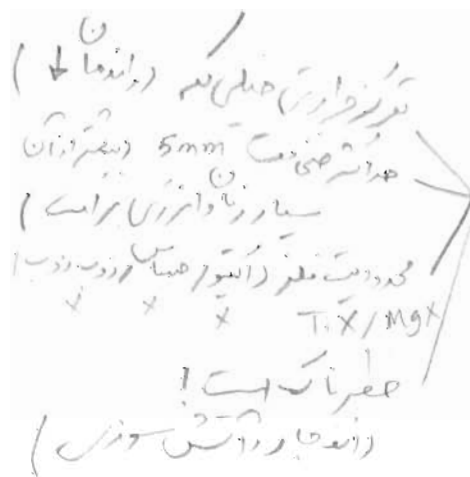
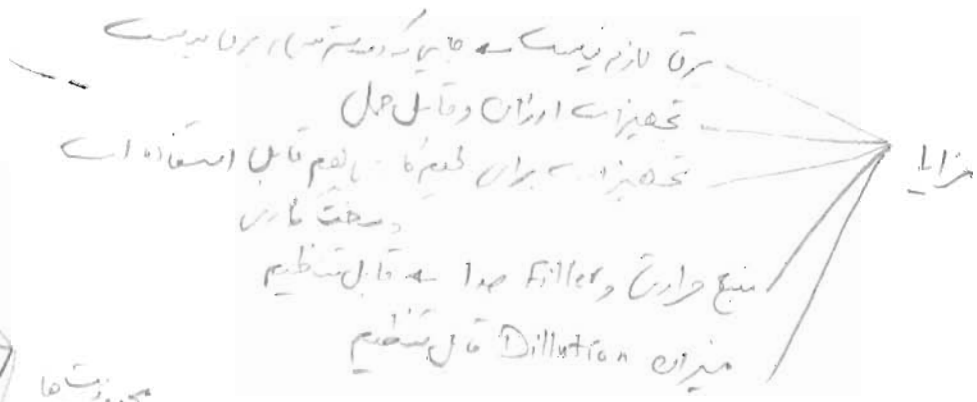
نکات تکنیکی:

این فرایند جوشکاری هم آماده سازی مطرح می شود لبه های کار اگر نیاز به تمیز کاری دارند تمیز شوند یا متناژ قطعات صورت گیرد و موارد مشابه این. اما ایمنی هم هست که باید رعایت شود. هر چند در این فرایند خطراتی مثل برق و برق گرفتگی را نداریم یا دیگر نگران عوارض نور قوس نیستیم اما این فرایند به عنوان یک فرایند خطرناک در جوشکاری مطرح می شود و باید به مسائلی مثل شعله و انفجار و **back fire** و ... توجه داشته باشیم. اولین مرحله روشن کردن شعله است در این جا توصیه می شود که از روش های معمولی برای روشن کردن شعله استفاده نکنیم عموماً برا روشن کردن از فندک های مخصوص استفاده می شود به علاوه این که برای روشن کردن ابتدا باید شیر گاز اکسیژن را ۱/۴ دور باز کنیم و شیر گاز اصلی را به اندازه نصف دور باز می کنیم در این حالت به کمک فندک مشعل را روشن می کنند در این حالت شعله بسیار کوچکی در حد چوب کبریت درست می شود که همین اندازه شعله برای روشن کردن مشعل کافی است. باید توجه داشت که بیشتر از این باز کردن شیر های گاز ایجاد خطر می کند. باید توجه داشته باشیم که نوک مشعل سالم باشد و جرقه های جوش های قبلی بر روی آن نچسبیده باشد که شعله معمولی و خوبی بر روی آن ایجاد نمی شود حتی امکان دارد این حالت در حین کار هم پیش آید که یک لحظه یا شعله خاموش می شود یا شعله ای ایجاد می شود که محور آن در راستای مشعل نیست گاهی اوقات هم این جرقه های مذاب کاملاً دهانه مشعل را پر می کند که در این حالت شعله با یک صدای خاموش می شود. در این حالت توصیه می شود شیر گاز اصلی را ببندیم و تنها گاز اکسیژن به مقدار کمی باز باشد در حالتی که شیر مشعل به طرف پایین است با فیلر های مخصوصی که جز لوازم کار است سر مشعل را پاک کنیم. گاهی اوقات هم در کنار سر مشعل به کنار نازل یا افشانک امکان دارد واشری که در آن جا استفاده شده شل شود و ما یک شعله دیگر را هم در آنجا داشته باشیم این حالت بسیار خطرناک است و توصیه می شود که حتماً شعله خاموش شود و پیچ آن قسمت را سفت کنند یا حتی واشر را عوض کنند که دیگر این حالت اتفاق نیفتد. چون در این حالت شعله ای که در کنار مشعل ایجاد می شود باعث می شود

مزایا و محدودیت ها:

اولین مزیتی که به ذهن می رسد این است که در این فرآیند اگر نیاز به جریان برق نداریم و می توانیم در جاهایی که دست رسی به جریان برق نسبت هم جوشکاری کنیم. مزیت دیگر این که وسایل و تجهیزات آن را می توانیم برای کاربرد های دیگری چون لحیم کاری یا سخت کاری هم استفاده کنیم همچنین تجهیزات این فرآیند به نسبت ارزان و قابل حمل و نقل است. مزیت دیگر این که محدودیتی از نظر **position** نداریم و می توانیم در تمامی جهات از آن استفاده کنیم. مزیت دیگر این که فلز پر کننده و منبع حرارتی از هم دیگر جدا هستند و این امکان را به ما می دهد که اگر در جایی نیاز بیشتری به فلز پر کننده بود یا نیاز بیشتری به حرارت بود به راحتی بتوانیم این دو را تنظیم کنیم. همان طور که گفته شد تنها دو فرآیند هستند که ما می توانیم **Dilution** خیلی تغییر دهیم یکی فرآیند **TIG** و دیگری فرآیند اکسی استیلن است.

اما در مقابل محدودیت هایی که در این فرآیند هست این است که تمرکز حرارت در این فرآیند بسیار کم است یعنی مقدار زیادی از حرارت به اطراف پراکنده می شود به همین علت این فرآیند راندمان بسیار پایینی دارد. اما با این که راندمان این فرآیند بسیار پایین است به علت این که دستگاه و تجهیزات این فرآیند ارزان است از نظر اقتصادی توجیه پذیر است. فرآیندی است که برای ضخامت قطعه کار محدودیت داریم حداکثر تا ضخامت های ۳-۵ میلیمتر می توان از این فرآیند استفاده کرد. البته این به آن مفهوم نیست که نمی توان با این فرآیند ضخامت های بالا را جوشکاری کنیم بلکه به این مفهوم است که جوشکاری ابعاد بزرگ بسیار زمانبر و انرژی است و صرفه ندارد بلکه این فرآیند را برای جوشکاری های ظریف پیشنهاد می شود چون اگر ضخامت کم باشد هیچ مشکلی را برای ما ایجاد نمی کند. محدودیت دیگر این فرآیند محدودیت در نوع فلز یا آلیاژ است عموماً از این فرآیند برای جوشکاری فلزاتی که بسیار حساس و فعال هستند یا به سرعت مشتعل یا بخار می شوند استفاده نمی کنیم برای مثال هیچگاه از این فرآیند در جوشکاری منیزیم یا تیتانیوم استفاده نمی کنیم. یکی دیگر از محدودیت های این فرآیند خطراتی است که این فرآیند دارد همان طور که گفته شد این فرآیند از فرآیند های خطرناک است. یکی از حالتی که زیاد اتفاق می افتد در جوشکاری باک بنزین ماشین است. چون مناسب ترین فرآیند برای جوشکاری باک بنزین همین فرآیند اکسی استیلن است و در بسیاری از موارد باعث آتش سوزی و انفجار می شود این به علت بی توجهی به گاز بنزین است که در باک همچنان وجود دارد در صورتی که بنزین را خالی کرده ایم درعین حال باید توجه داشت که بخار بنزین حتی راحت تر از خود بنزین مشتعل می شود چون دیگر نیاز به حرارت برای تبخیر هم ندارد و کافی است درجه حرارت یک قسمت به درجه حرارت اشتعال برسد در این حالت انفجار رخ می دهد. چون هر نوع اشتعالی که سریع و غیر قابل کنترل باشد را انفجار گویند.



محافظت حوضچه مذاب (جوش) و واکنش های سرباره - گاز - فلز:

Slag Metal Reaction:

همانطور که در جلسات پیش گفته شد ما حوضچه مذاب را به طرق مختلف از اتمسفر جدا می کنیم. این جدا کردن ممکن است توسط گازهای خنثی انجام شود (*Gas Shielded*) همانند فرآیندهای *MIG*، *TIG* و ممکن است توسط گازهایی انجام شود که واکنش آنها با مذاب قابل کنترل است مانند فرآیند اکسی استیلن و یا CO_2 . در بسیاری دیگر از واکنش ها این عمل را با استفاده از سرباره انجام می دهیم همانند فرآیند جوشکاری با الکتروود دستی یا جوشکاری زیر پودری و یا *Cored Wire* و برخی از آنها مخلوطی از این روش ها می باشد مانند الکتروودهای سلولزی که هم سرباره و هم گاز محافظ دارند. در برخی دیگر از فرآیندها که در این درس به آنها اشاره نمی شود از حالت خلأ استفاده می شود مانند لیزر و *Electron Beam*. در روش های دیگر مانند جوشکاری مقاومتی یا حوضچه مذاب به صورت اتوماتیک از تماس با اتمسفر دور نگاه داشته می شود و یا مدت زمان کوتاهی در مجاورت اتمسفر قرار می گیرد.

حال می خواهیم ببینیم اگر منطقه جوش محافظت نشود و یا به طور ناقص عمل محافظت بر روی آن صورت گیرد از دیدگاه متالورژیکی چه اتفاقی خواهد افتاد؟

همانطور که می دانیم اتمسفر از دو عنصر عمده تشکیل شده است:

(۱) اکسیژن (۲) ازت (نیتروژن)

که هر کدام به نوبه خود می توانند واکنش هایی با منطقه جوش داشته باشند.

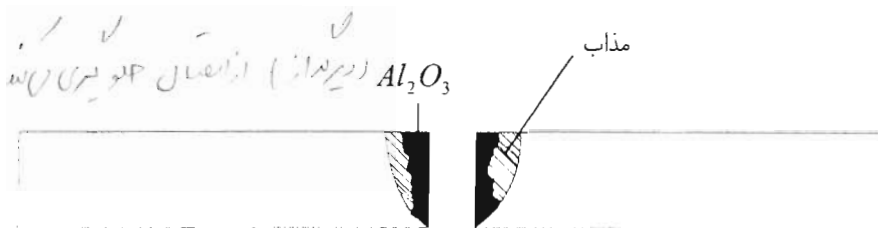
چون مسئله جوش را عمدتاً برای فلزات استفاده می کنیم عنصر اکسیژن به دلیل واکنش با فلز نقش مهمی را به خود می گیرد. حرارت تولید یا گرفته شده حاصل از واکنش فلز با اکسیژن بسته به نوع واکنش و سینتیک آن متفاوت است. مانند سوختن منیزیم در هوا و یا تفاوت نکردن طلا در مجاورت هوا. همچنین دما شروع واکنش نیز در این واکنش تأثیر بسیار مهمی دارد که باید مد نظر قرار گیرد.

در بررسی نقش اکسیژن در جوش اولاً باید به این نکته توجه کرد که بحث اکسیژن در جوشکاری ذوبی بسیار بیشتر و پر رنگ تر از نقش آن در جوشکاری حالت جامد است که به دلیل سینتیک این واکنش است و در جوشکاری های ذوبی نیز آنجا که دما بالاتر است واکنش اکسیژن پر اهمیت تر است. نکته دوم این است که در ما صنعت بیشتر با آلیاژها سر و کار داریم تا یک فلز خالص. پس وقتی مذاب این آلیاژها در معرض اکسیژن قرار می گیرند اکسیژن به ویتر طبیعی به سمت عناصری در آلیاژ می رود که میل ترکیبی بیشتری دارند و با آنها واکنش می دهد. با توجه به این نکته می توان نقش مضر اکسیژن را دریافت و آن این است که با تماس اکسیژن با مذاب فقر عناصر آلیاژی در جوش را خواهیم داشت. این فقر می تواند تأثیر بر روی خواص مکانیکی داشته باشد. به عنوان مثال اگر عنصر منگنز در داخل فولاد توسط اکسیژن سوخته شود استحکام جوش بالاتر می رود و به همین ترتیب در مورد کربن. همچنین این فقر می تواند تأثیر به سزایی بر روی خواص خوردگی و خواص فیزیکی (هدایت حرارتی، هدایت الکتریکی و ...) داشته باشد (تأثیر مثبت یا منفی). تأثیر دیگری که اکسیژن می تواند بر جوش بگذارد محصول واکنش (اکسید) است. این اکسید می تواند به شکل های گوناگونی وجود داشته باشد و بالطبع می تواند تأثیرات مختلفی نیز بر روی خواص جوش بگذارد:

- گازی: مانند CO ، CO_2 ، PbO ، P_2O_5 ، SO_2 و بخشی از محصول اکسید گازی در حین بیرون آمدن از مذاب به بیرون می رود (*Release*) و بخشی دیگر ممکن است در حین انجماد محبوس شود که نتیجه آن *تخلخل (Prosity)* است. میزان تخلخل و قطر و حجم آنها می تواند بر روی تمامی خواص فوق الذکر تأثیر گذار باشد و علاوه بر آنها می تواند سبب نشت (*Liakage*) شود.
- غیر گازی: - محلول: به عنوان مثال در جوشکاری فولاد اکسیدی که تولید می شود و می تواند در داخل خود فولاد مذاب محلول باشد FeO است.
- غیر محلول: مانند MnO که چون نقطه ذوب نزدیک به نقطه ذوب فولاد دارند در آن نامحلول باقی می مانند.

- دیر گداز: مانند MgO ، CaO ، Al_2O_3 .

این دسته موجب به وجود آمدن آخال ها (ناخالصی ها) در نقطه جوش می شوند که همان آخال های اکسیدی هستند. همانطور که می دانیم چون آخال ها همانند خود فلزها فشرده نیستند بنابراین می توانند موجب نشت در جوش شوند. همچنین اگر این آخال ها به صورت دیر گداز باشند حتی می توانند از اتصال دو فلز جلوگیری کنند.



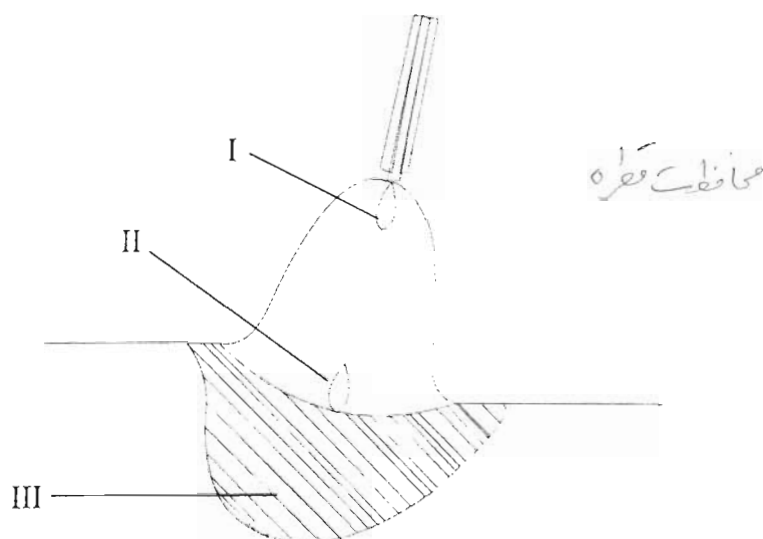
اتم‌سفر دیگری که بسیار برای ما حائز اهمیت است ازت (نیتروژن) است. هنگامیکه ازت نیز با مذاب تماس پیدا کند به دو صورت می تواند برای جوش مشکل ایجاد کند:

(۱) **از طریق واکنش شیمیایی:** حاصل این واکنش نیتريد یا نیتروژ است مانند AlN ، TiN . ازت مانند اکسیژن از نظر واکنش شیمیایی شناخته شده نیست ولی به طور کلی می توان قوانینی مشابه با اکسیژن برای آن تعریف کرد بدین معنا که هر چه دما بالاتر باشد واکنش نیتروژن سریعتر است و همچنین میل ترکیبی نیتروژن با عناصر مختلف متفاوت است. این نیتروژ یا نیتريد به وجود آمده اکثراً موجب تردی می شود (کاهش *Toughness*). دقت شود که در عملیات حرارتی ما برای سخت کردن سطح قطعه سطح آن را نیترووره می کنیم ولی در اینجا ما با سطح کاری نداریم و کل جوش را مد نظر داریم و به وجود آمدن نیتريد در جوش اکثراً موجب بالا رفتن سختی می شود. البته اینکه می گوییم اکثراً بدین دلیل است که در برخی موارد بسیار خاص این نیتريد می تواند موجب جوانه زنی و افزایش *Toughness* شود.

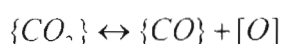
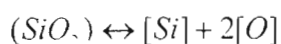
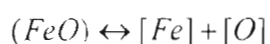
(۲) **از طریق حل فیزیکی (در مذاب):** می توان گفت عمده مشکلاتی که نیتروژن در جوش برای ما به وجود می آورد به خاطر حل فیزیکی آن در مذاب است و نه به خاطر واکنش شیمیایی آن. حال باید دید که چه عواملی بر میزان حل یک گاز در مایع تأثیر دارد. به طور کلی می توان این عوامل را در دو دسته جای داد: (۱) فشرده سازی دما. (۲) دما.

در مورد فشار می‌توان گفت که در اکثر موارد همان فشار اتمسفر است به جز در مواردی که جوشکاری در زیر آب انجام می‌شود. اما دمای ذوب بسیار متفاوت است و حتی می‌تواند تا $200^{\circ}C$ هم بالای دمای ذوب برود. همانطور که می‌دانیم در حین انجماد و کاهش دما حد حلالیت گازها به تدریج کم می‌شود و مذاب شروع به *Reject* کردن گازها می‌کند. در اینجا است که بخشی از ازت حل شده در مذاب می‌تواند از داخل مذاب بیرون بیاید و آزاد (*Release*) شود و بخشی دیگر می‌تواند درون آن محبوس شود که در این حالت امکان به وجود آمدن تخلخل در جوش زیاد می‌شود که عوارض مربوطه را به همراه دارد.

همانطور که می‌دانیم در بسیاری از عملیات جوشکاری برای دور نگه داشتن مذاب از اتمسفر از بستری از سرباره استفاده می‌کنیم اما باید دقت شود که تنها محافظت حوضچه مذاب از اتمسفر کافی نیست بلکه باید دقت شود که قطره‌ای هم که از الکتروود جدا می‌شود باید محافظت شود زیرا به دلیل بالا بودن دمای این قطره در لحظه جدا شدن از الکتروود نمی‌توان از سینتیک واکنش آن چشم پوشی کرد. پس در سه مرحله نشان داده شده در شکل باید عمل محافظت به خوبی انجام شود.



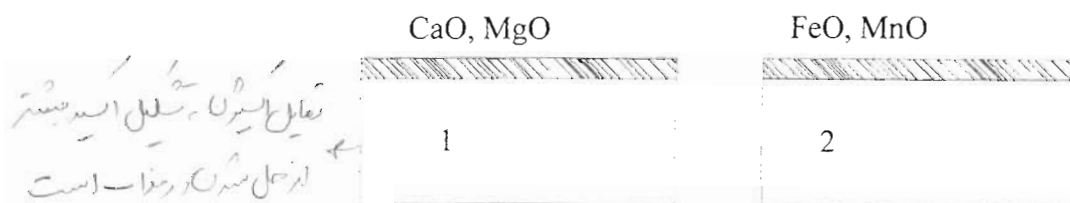
این عمل محافظت همانطور که گفته شد در بسیاری از فرایندها توسط سرباره انجام می‌شود. این سرباره‌ها عمدتاً ترکیبات اکسیدی و سیلیکاتی هستند. سوالی که در اینجا مطرح است این است که این سرباره‌ها خود با مذاب واکنش نمی‌دهند؟ همانطور که می‌دانیم بسیاری از اکسیدها با عناصر تشکیل دهنده خود در حال تعادل هستند. به طور مثال می‌توانیم بنویسیم:



که معادله آخر مربوط به تعادل بودوارد است. با توجه به معادله یک اگر به هر دلیل مقدار O زیاد شود واکنش از راست به چپ جا به جا می شود. این جا به جا شدن را می توان از روی ثوابت تعادل واکنش ها تشخیص داد که خود این ثابت تعادل وابسته به دما است.

$$K_{CaO} < K_{SiO_2} < K_{FeO}$$

همانطور که می دانیم طبق نمودار ریچاردسون هر چه ثابت تعادل واکنشی کوچکتر باشد اکسید قوی تری است. این بدان معناست که ما می توانیم Fe را توسط کلسیم احیا کنیم ولی عکس این کار امکان پذیر نیست. اکسیژنی که درون فولاد است به مقدار بسیار کمی به صورت محلول جامد است و اکثر آن به صورت اکسید است. دو شکل زیر را در نظر بگیرید.



هر دو فلز جوش Fe است ولی سرباره شکل سمت چپ بخش عمده آن CaO, MgO است و سرباره سمت راست عمدتاً از FeO, MnO تشکیل شده است. فرض می کنیم سرباره و فلز جوش با یکدیگر در حال تعادل هستند. با توجه به توضیحات فوق به راحتی می توان درک کرد که $[O_1] < [O_2]$ و $[S_1] < [S_2]$. زیرا در شکل ۱ (سمت چپ) به دلیل پایدار بودن اکسیدهای موجود در سرباره، اکسیژن میل ترکیبی بیشتری با سرباره دارد تا با فلز جوش. همچنین است در مورد S .

در اینجا به یادآوری بحث اکسیدهای اسیدی و قلیایی می پردازیم. معمولاً اکسیدهایی که ثابت تعادل کوچکتر دارند قلیایی هستند و بالعکس. حال به بررسی کاربرد این اکسیدها در جوشکاری می پردازیم که مربوط به $Slag$ - $Metal$ Reaction است:

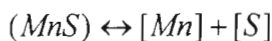
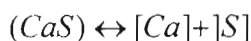
از مزایای اکسیدهای قلیایی به وجود آوردن فلز جوش بسیار تمیزتر است مانند الکترودهای قلیایی. به بیان دیگر الکترودهایی که بازیسیته بالاتری دارند فلز جوش تمیزتر و تصفیه مذاب بهتری نسبت به الکترودهای دیگر دارند. حال دو فولاد شبیه به هم را در نظر بگیرید که می خواهیم به دو صورت آن ها را جوشکاری کنیم. در ابتدا هر دو فولاد و الکتروده جوش Cr 2.5% دارند.

همچنین $Dilution$ برای هر دو را برابر با ۵۰٪ فرض کنید. یعنی همان مقدار که از الکتروده ذوب می شود همان مقدار هم از فلز جوش ذوب می شود. تنها تفاوتی که بین این دو وجود دارد این است که در یکی از سرباره قلیایی و در دیگری از سرباره اسیدی استفاده کرده ایم. حال اگر پس از جوشکاری کروم این دو قطعه را با یکدیگر مقایسه کنیم میزان کروم مربوط به قطعه ای که در آن از سرباره قلیایی استفاده کرده ایم بیشتر از دیگری است. زیرا اکسیژن در حالت اسیدی بیشتر است و Cr بیشتری را می سوزاند.

همین واکنش های مربوط به اکسیدها را می توان در مورد سولفیدها نیز نوشت و به همین ترتیب برای آنها نیز ثابت

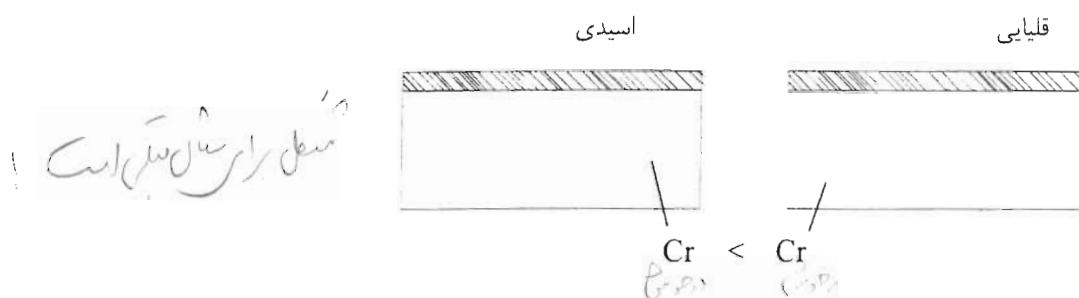
سرباره اسیدی، اکسیژن به مذاب Cr بیشتر واکنش داده
 ← Cr_2O_3 در سرباره قلیایی

تعادل به دست آورد:



$$K_{CaS} < K_{MnS} < k_{FeS}$$

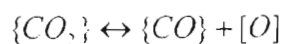
به صور کلی می‌توان گفت عناصری که دارای اکسیدهای قوی هستند به همان نسبت نیز از سولفیدهای قوی برخوردارند. اهمیت گوگرد نیز کمتر از اکسیژن نیست و در برخی موارد حتی از اکسیژن هم مهمتر می‌شود و بسیار باید به آن دقت کرد. برای مثالی دیگر دو فلز جوش را فرض کنید که در ابتدا مقدار مولیبدن موجود در هر دو صفر باشد.



حال فرض کنید یکی از این دو فلز جوش با سرباره‌ای در تماس باشد که یک مقدار مشخص MnO داشته باشد و فلز جوش دیگر با سرباره‌ای در تماس باشد که عاری از هر گونه MnO باشد. در این حالت در مورد سرباره MnO دار باید گفت که با اینکه نه در فلز جوش و نه در فلز پرکننده هیچ گونه MnO ای وجود نداشت ولی باز هم یک مقدار MnO وارد فلز جوش شده است. پس باید دقت داشت که آنالیز جوش به عواملی مانند *Filler Metal*، *Base Metal*، میزان *Dilution* و واکنش سرباره با مذاب بستگی دارد.

Gas – Metal Reaction:

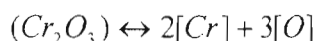
همانطور که گفته شد در تعدادی از فرآیندهای جوشکاری از گاز محافظ استفاده می‌کنیم. همانطور که می‌دانیم گازی کاندید آرگون نه خاصیت حل‌شوندگی در مذاب دارد و نه با آن واکنش می‌دهد. اما مشکلی که وجود دارد این است که آرگون مورد استفاده آرگون خالص تجاری است و قطعاً به میزان بسیار کم در آن ناخالصی وجود دارد که عمده آن اکسیژن، ازت و رطوبت است و همین مقدار بسیار کم از این گازها می‌تواند با مذاب واکنش دهد و مشکلی ساز باشد. به همین دلیل است که به عنوان مثال برای جوشکاری فولاد زنگ نزن می‌توان از آرگون ۹۹.۹۹ استفاده کرد ولی در جوشکاری آلومینیوم و تیتانیوم باید حتماً از آرگون ۹۹.۹۹۹۹ استفاده کرد. اما در مورد دیگر گازهای غیر خنثی که صحبت می‌شود دیگر صحبت از واکنش بین آن گازها و مذاب به میان می‌آید که اصلی‌ترین آنها گاز CO_2 است که همان رابطه بودوار را می‌توان برای آن نوشت:



همانطور که در مباحث و جلسات قبل گفت به هیچ عنوان نمی‌توان گاز CO_2 را در جوشکاری آلومینیوم به کار برد. در توضیح باید به معادلات آنها دقت کرد. به عنوان مثال میزان اکسیژن در تعادل بودوار کمتر از اکسیژن در

تبادل $(FeO) \leftrightarrow [Fe] + [O]$ است پس نمی‌تواند تولید FeO کند اما در مقایسه با رابطه $Al_2O_3 \leftrightarrow 2[Al] - 3[O]$ میزان اکسیژن در تعادل بودوارد بیشتر است از میزان اکسیژن این تعادل در نتیجه این واکنش را به سمت چپ جا به جا می‌کند و آلومینیوم را اکسید می‌کند.

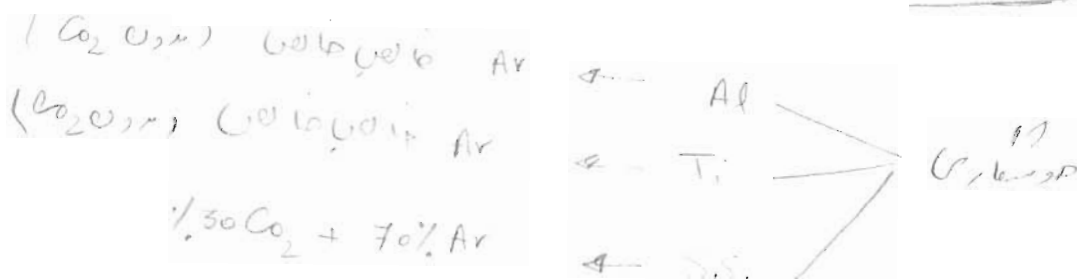
حال این موضوع را برای فولاد زنگ نزن بررسی می‌کنیم. در این مورد نمی‌توان از CO_2 به تنهایی استفاده کرد اما می‌توان از مخلوطی از $Ar - CO_2$ به نسبت ۳۰٪ - ۷۰٪ استفاده کرد. وجود این مقدار آرگون باعث رقیق‌تر شدن CO_2 و کم شدن اکتیویته و $mole\ fraction$ آن می‌شود که نمی‌تواند تولید اکسید کروم کند اما در صورت خالص بودن CO_2 می‌تواند واکنش زیر را به سمت چپ جا به جا کند:



اما این مخلوط باز هم برای آلومینیوم و تیتانیوم مشکل ساز است و نمی‌توان از آن استفاده کرد. در اینجا باید به این نکته دقت کرد که حتماً لازم نیست که اکسیژن از هوا وارد شود و با مذاب واکنش دهد بلکه محصول احتراق شعله نیز گاز است که می‌تواند با مذاب واکنش دهد. همچنین عامل ایجاد شعله یعنی اکسیژنی که برای ایجاد شعله به کار می‌رود نیز می‌تواند با آن واکنش دهد. پس باید دقت کرد که در روشن کردن شعله نباید از اکسیژن اضافی استفاده کرد. اگر شعله احیایی باشد مانند استیلن می‌تواند موجب جذب کربن شود که ایجاد کاربرد می‌کند.

با توجه به توضیحات فوق به طور خلاصه می‌توان گفت که ما می‌توانیم آنالیز جوش را با تغییر اتمسفر آن نیز تغییر دهیم.

حالا اگر در حین جوشکاری از هیچ یک از موارد سرپاره و گاز محافظ برای محافظت حوضچه مذاب استفاده نکنیم چه می‌توان کرد؟ در پاسخ باید گفت که تمامی واکنش‌ها و انحلال‌های فوق نیازمند زمان است و با کم کردن زمان می‌توان میزان این واکنش را بسیار کم کرد مانند *Upset-Resistant Welding* که در آن به علت کوتاه بودن زمان مقدار این اکسیدها بسیار کم می‌شود و همچنین به دلیل *Upset* بودن فرآیند عملاً اکسیدهای ایجاد شده از داخل جوش به بیرون رانده می‌شوند. تنها نکته‌ای که در پایان باید به آن اشاره کرد این است ما در جوشکاری عموماً به ترمودینامیک سرپاره توجه می‌کنیم ولی باید به فیزیک سرپاره نیز توجه کرد که مثلاً باید سرپاره ویسکوزیته مناسبی هم داشته باشد.



کم کردن زمان
بسیار

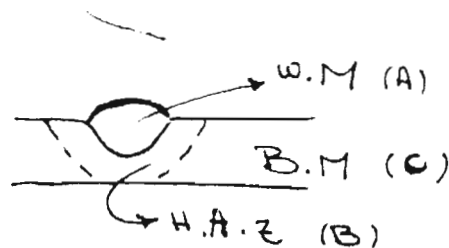
سیکل گرم و سرد شدن یا Thermal Cycle

در زمینه متالورژی جوش سوالات زیادی مطرح می شود که می توان با این مبحث به این سوالات پاسخ داد. برای مثال به سوالات زیر می توان جواب داد:

۱. بهتر است جوش ما سریع سرد شود یا آرام؟
۲. چرا برخی مواقع در ناحیه کنار جوش با ترکیب روبرو هستیم اما خود جوش استحکام کافی را دارد؟
۳. یا بر عکس حالت قبلی بعد از جوشکاری دیده می شود که ناحیه اطراف جوش ما حتی از فلز پایه هم نرم تر است؟
۴. وسعت مناطق اطراف جوش که تحت حرارت گرم و سرد شدن قرار می گیرد چه قدر است؟
۵. چرا در مناطق اطراف جوشکاری کاهش مقاومت خوردگی را داریم؟
۶. تا چند دفعه اگر در جوش عیبی دیده شد می توانیم آن را بر داریم و دوباره عمل جوشکاری را انجام دهیم؟
۷. در خیلی موارد هم ما برای جلوگیری از تردی جوش ابتدا ناحیه جوش را پیش گرم می کنیم این حرارت برای پیش گرم کردن تا چه حد می تواند باشد یا اگر این حرارت کمتر یا بیشتر بود با چه مشکلی روبرو می شویم؟

باید توجه داشت که مسئله سیکل گرم و سرد شدن نه تنها در جوشکاری مطرح می شود بلکه در برشکاری هم به نوعی مطرح است و حتی با این که به نظر می رسد که تنها در ارتباط با جوشکاری ذوبی ما با آن رو در رو هستیم اما در جوشکاری جامد هم باز به نوعی با آن برخورد داریم و می تواند برای ما مشکل زا باشد. به طور کلی این مبحث را در ۳ قسمت مورد بررسی قرار می دهیم:

۱. ماهیت سیکل گرم و سرد شدن است.
 ۲. عوامل تاثیر گذار بر روی این سیکل به بیانی چه عواملی می تواند این سیکل را تغییر دهد
 ۳. تاثیرات سیکل گرم و سرد شدن بر روی منطقه جوش که مهمترین بخش این مبحث است.
- بنابراین می توانیم منطقه جوش را به سه ناحیه تقسیم کنیم ناحیه اول فلز جوش یا weld metal است ناحیه دوم را با توجه به این که تمامی فلزات قابلیت انتقال حرارت را دارند و ما با هر فرایندی که آنها را جوشکاری کنیم خواسته یا ناخواسته بخشی از حرارت به اطراف هدایت می شود آن بخشی از فلز را که تحت این تغییرات حرارتی قرار می گیرد و بر روی ساختار آنها هم تغییراتی ایجاد می شود به نام منطقه متأثر از حرارت جوش یا heat affected zone یا H.A.Z می نامیم و نهایتاً ناحیه آخر که تحت این تغییرات حرارتی قرار نمی گیرد و به عنوان فلز پایه یا فلز مادر یا base metal شناخته می شود. البته در بعضی از مراجع هر یک از این مناطق را



خود به بخش های کوچکتری تقسیم کرده اند.

MAX کمتری دارد و تنها تغییرات ساختاری در آن ایجاد می کند. برای مثال اهمیت این نکته را این طور می توان نشان داد که دمای MAX می که به آن رسیده ایم ۵۰ درجه بالای درجه حرارت آستنیت بوده یا ۱۵۰ درجه که تفاوت هایی را در ساختار ما ایجاد می کند.

۳. زمان توقف در دمای MAX: تفاوت های ناشی از این مسئله هم کاملا واضح است برای مثال نمونه ای برای ۵ دقیقه در دمای آستنیت باقی بماند یا برای ۵ ثانیه به طور قطع اولین موردی که دیده می شود بحث رشد دانه ها است یا بحث حل شدن. برای مثال به مورد دیگری هم می توان اشاره کرد که برای فولاد درجه حرارت ذوب ۱۵۳۵ درجه است و در لحظه اولی که به این دما برسد ذوب نمی شود بلکه نیاز به توقفی در این دما است. بنابراین زمان توقف در دمای MAX هم برای ما اهمیت دارد.

۴. شیب سرد شدن یا سرعت سرد شدن: برای راحتی می توان گفت که همان طور که نقاط مختلف با شیب های مختلف گرم می شوند برای سرد شدن هم ما شیب های متفاوتی داریم. البته باید توجه داشته باشیم که هیچ دلیلی برای یکی بودن سرعت گرم شدن و سرد شدن نیست اما برای نقطه C تقریباً سرعت سرد و گرم شدن یکسانی را داریم ولی برای نقطه A بسیار متفاوت است. باید توجه داشته باشیم که می توان برای نشان دادن شیب سرد شدن هم از سرعت سرد شدن استفاده کرد و زمان سرد شدن بین دو دمای خاصی که در این حالت هر چه سرعت سرد شدن (که با R و واحد $^{\circ}/\text{min}$ بیان می شود) بیشتر باشد یعنی نمونه ما سریع تر سرد می شود و در مقابل هرچه زمان سرد شدن بین دو دما خاص ($\Delta t(s)$) کمتر باشد یعنی نمونه ما سریع تر سرد می شود.

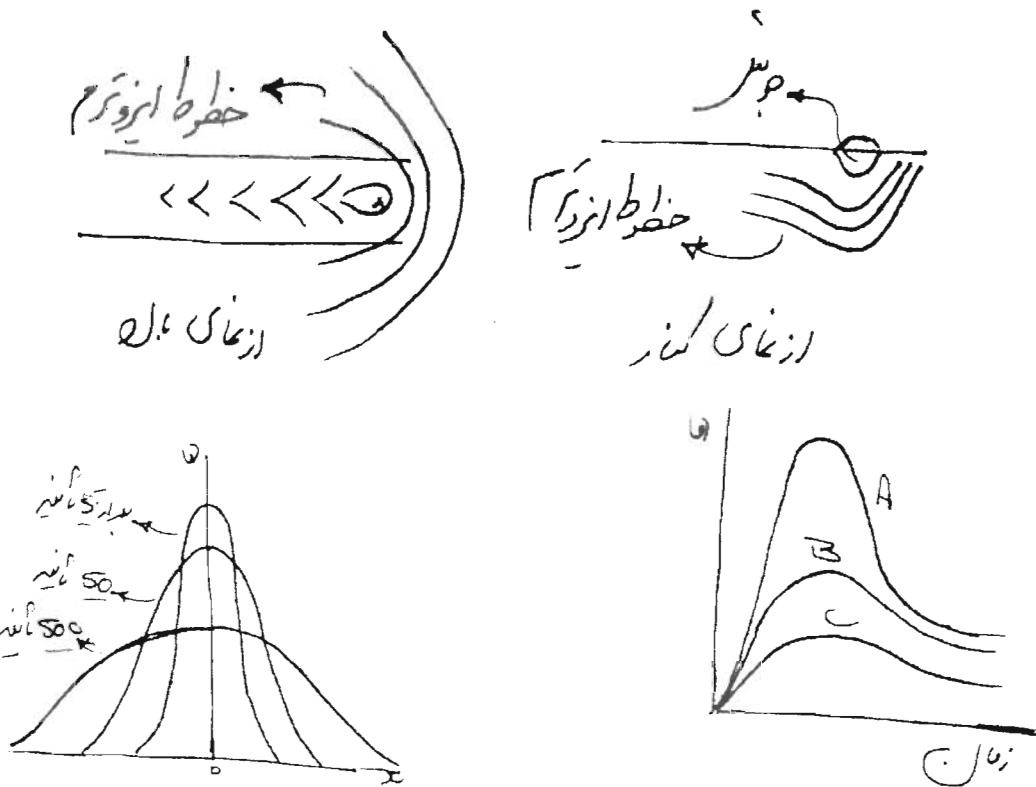
۵. دمای پایانی: دمای را دمایی بیان می کنیم که سه منطقه A و B و C هم دما شده باشند که لزوماً درجه حرارت محیط نیست. برای مثال یک قطعه بزرگ فولادی را در دمای محیط جوشکاری می کنیم در این حالت نهایتاً درجه حرارت پایانی ما ۱۰-۲۰ درجه بالا تر از درجه حرارت محیط باشد اما اگر قطعه ای ما پیش گرم شده باشد و به درجه حرارت ۲۰۰ رسیده باشد در این حالت دیگر درجه حرارت پایانی ما درجه حرارت محیط نیست بلکه ۲۱۰-۲۲۰ درجه است. می توان در مقابل بیان کرد که نهایتاً قطعه ما به درجه حرارت محیط می رسد اما باید توجه داشت که از دمای پایانی به بعد دیگر مکانیزم سرد شدن متفاوت است تا دمای پایانی دمای قطعه در نقاط متفاوت با هم متفاوت است و سرد شدن در اثر انتقال حرارت بین نقاط مختلف قطعه صورت می گیرد اما بعد از درجه حرارت پایانی دیگر قطعه کار به تعادل رسیده و سرد شدن در اثر انتقال حرارت از سطح قطعه کار به محیط اطراف صورت می پذیرد.

مورد دیگری که ما بررسی می کنیم این است که ضمن جوشکاری چه عواملی بر روی این سیکل می تواند تاثیر گذارد و آن را تغییر دهد بهتر این است که ما این موارد را بدانیم چون بعضی از این عوامل را می توانیم در حین جوشکاری کنترل کنیم:

عوامل مؤثر بر سیکل جوشکاری

۱. مختصات موضع مورد نظر نسبت به منبع حرارتی: نقاط مختلف با توجه به اینکه چه مختصاتی نسبت به منبع حرارتی دارند می توانند سیکل گرو و سرد شدن متفاوتی داشته باشند.
۲. طبیعت منبع حرارتی یا نوع فرآیند: منظور این است که منبع حرارتی ما چیست شعله، قوس، اشعه لیزر یا ... یک مثال خیلی ساده فرض می کنیم قطعه ای را یک بار با اکسی استیلن یک

اگر برای مثال در ریاضیات تابعی را که می‌خواهیم جوشکاری کنیم را سوراخ کنیم و در آن ترموتریه کنیم، تغییرات دما بر حسب زمان را برای این سه نقطه که معرف این سه ناحیه هستند در حین جوشکاری رسم کنیم می‌بینیم. نتایج این نمودار کاملا واضح است چون در قسمت A بخش عمده ای از حرارت را مستقیما از منبع حرارتی جذب می‌شود اما ناحیه B بخشی از حرارت را از منبع حرارتی می‌گیرد اما مقداری از حرارت را هم از بخشی که ذوب شده می‌گیرد و ناحیه C هم تقریبا تمام حرارت خود را از منطقه کناری خود می‌گیرد و ارتباط کمی با منبع حرارتی دارد. از این منحنی برای کارهای شبیه سازی و مدلینگ استفاده می‌شود تا بتوان خصوصیات آن را جزئی تر بررسی کرد و بتوان خطوط ایزوترم را در اطراف جوش رسم کرد یا حتی تنش های اطراف جوش را که در اثر سرد و گرم شدن ایجاد می‌شود را هم پیاده کرد و بدست آورد. به گونه دیگری هم می‌توان این منحنی را رسم کرد اگر یک محور را محور صفر در نظر بگیریم و بر حسب فاصله (X) در این حالت می‌توانیم بر حسب فاصله دما را برای زمان های مختلف بدست آوریم و پیشرفت دما را در فاصله تحلیل کنیم که دما در حال افزایش است یا کاهش.



اما در یک بررسی کامل همین تغییر حرارت از چندین بخش تشکیل شده است (ماهیت سیکل گرم و سرد شدن):

۱. نرخ گرم شدن یا شیب گرم شدن یا سرعت گرم شدن یا Heating rate: به راحتی دیده می‌شود که

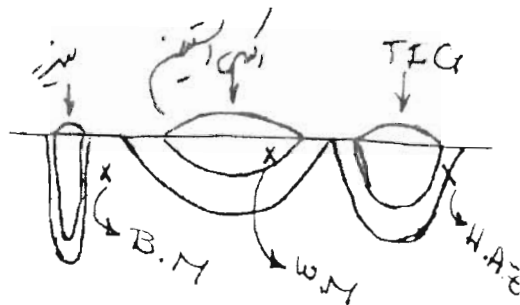
سرعت گرم و سرد شدن در دو نقطه A و B با هم متفاوت است.

۲. دما MAX یا ردیف حرارتی خاص: این مسئله هم خود دارای اهمیت است به خصوص برای بررسی

تاثیر سیکل گرم و سرد شدن بر خواص جوش که البته همین نکته هم برای نقاط مختلف متفاوت است

برای یک نقطه دمای MAX از درجه حرارت ذوب هم می‌گذرد و ذوب را ایجاد می‌کند و یکی دمای

بار با TIG و یک بار اشعه لیزر در این جا معیار اندازه گیری حرارت را هم دست در نظر می‌گیریم. دیده می‌شود وقتی با لیزر جوشکاری می‌کنیم حتی می‌توانیم تا فاصله 1 cm را هم با دست لمس کنیم اما در جوشکاری با TIG تا فاصله 5cm را بتوانیم با دست لمس کنیم و در جوشکاری اکسی استیلن حتی در فاصله 10cm را هم نتوانیم با دست لمس کنیم و حتی این تغییرات را در مقطع جوش هم می‌توانیم ببینیم. یکی از مواردی که ما می‌توانیم فرآیند ها را با هم مقایسه کنیم وسعت منطقه H.A.Z است و یا به بیانی مقایسه نسبت پهنا به عمق. برای مثال اگر یک نقطه را در یک مختصات از منبع حرارتی در نظر بگیریم در جوش لیزر این نقطه در B.M قرار می‌گیرد و هیچ تغییری در آن رخ نمی‌دهد در فرآیند TIG در منطقه H.A.Z قرار می‌گیرد و تنها تغییرات ساختاری در آن رخ می‌دهد اما در فرآیند اکسی استیلن این نقطه ذوب می‌شود.



۳. متغیر های فرآیند های جوشکاری: با توجه به نوع فرآیندی که با آن جوشکاری می‌کنیم هر یک از متغیر های آن روی سیکل سرد و گرم شدن می‌تواند تاثیر گذار باشد برای مثال اگر Heat Input را زیاد کنیم فاصله ی خطوط ایزوترم زیاد تر می‌شود به این مفهوم که اگر Heat Input را زیاد کنیم منطقه بیشتری برای مثال تحت درجه حرارت ۱۵۰۰ درجه قرار می‌گیرد و حجم حوضچه ذوب بیشتر می‌شود. متغیر دیگر اگر سرعت جوشکاری را زیاد تر بکنیم در این حالت این خطوط ایزوترم جمع تر می‌شود. حال به عنوان مثال دیگر اگر در فرآیند TIG در شرایط Heat Input و آمپر و ولتاژ و سایر متغیر ها ثابت و تنها قطر الکترود تنگستن را کم کنیم در این حالت این خطوط جمع تر می‌شود. به همین ترتیب برای هر یک از فرآیند ها متغیر های آنها می‌تواند بر روی سیکل گرم و سرد شدن تاثیر گذارد. اما همین باز شدن یا جمع شدن خطوط ایزوترم به این مفهوم است که با باز تر شدن یا بسته تر شدن این خطوط امکان دارد نقطه ای که یک بار برای مثال در منطقه H.A.Z بوده با بسته شدن در منطقه B.M قرار می‌گیرد یا بر عکس. به طور کلی دو مورد ۲ و ۳ یعنی طبیعت منبع حرارتی و متغیر های فرآیند را در یک مفهوم کسی به اسم شدت تمرکز حرارت مطرح می‌شود که تمامی تلاش در فرآیند ها این است که شدت تمرکز حرارت را افزایش دهیم چون هرچه

پارامتر شدت تمرکز حرارت بیشتر باشد تلافات انرژی کم است و مشکلات پیچیدگی کم است و همین طور مشکلات منطقه H.A.Z کمتر است. برای مثال اینکه برای جوشکاری یک قطعه ظریف و پیچیده هزینه ی زیادی می کنیم و جوش لیزر را انتخاب می کنیم به دلیل این است که جوش لیزر شدت تمرکز حرارت بسیار بالایی دارد یا برای مثال برای آلیاژی که خواص مناطق H.A.Z خیلی باید دقیق و حساس باشد باز از فرآیندی استفاده می کنیم که تا حد امکان این محدوده کوچک و باریک باشد.

۴. جنس قطعه: تا اینجا دو پارامتر قبلی که بیان شد از عواملی بودند که می توانستیم تا حدی با آنها بازی کنیم و آنها را تغییر دهیم. اما در ارتباط با جنس ما قدرت ماتور قلبی را نداریم. آنچه در اینجا در ارتباط با جنس قطعه برای ما اهمیت دارد نفوذ حرارتی است که همین پارامتر خود شامل ۳ ویژگی دیگر می شود ضریب هدایت حرارتی K ، چگالی ρ و گرمای ویژه C . برای نشان دادن اثر این فاکتور می توان حالتی را در نظر گرفت که فرآیند ثابت است و متغیرها را هم ثابت گرفته ایم یک قطعه مسی و یکی فولادی. در این حالت خطوط ایزوترم برای مس نسبت به فولاد باز تر می شود این را باز با دست می توانیم لمس کنیم در اینجا برای قطعه فولادی اگر بتوانیم تا فاصله 4cm را لمس کنیم مطمئنا برای قطعه مسی تا فاصله 6cm را هم نمی توانیم لمس کنیم که این نشان می دهد که خطوط باز تر شده اند یا به بیانی سیکل گرم و سرد شدن تغییر کرده است.

۵. ابعاد، قطعه به خصوص ضخامت: در اینجا باز دو قطعه را با هم مقایسه می کنیم که تمامی عواملی که تا اینجا بیان شد در آنها ثابت است فقط یکی با ضخامت 2cm و دیگری با ضخامت 4cm است و در یک نقطه خاص برای هر دو سیکل گرم و سرد شدن را با ترموکوپل بررسی می کنیم. برای مثال سرعت سرد شدن را مقایسه می کنیم. در اینجا اگر شرایط را با ریخته گری مقایسه کنیم به مشکل بر می خوریم چون در ریخته گری قطعه ای را که ریخته گری کرده ایم هرچه نازک تر باشد سریع تر سرد می شود (تست گوه در ریخته گری) اما در جوشکاری بر عکس این است ما در جوشکاری در یک نقطه حرارت را وارد می کنیم و بقیه نقاط سرد هستند و حرارت از طریق هدایت در حال جذب شدن است بنابراین اگر قطعه ما نازک باشد این انتقال حرارت در دو بعد و اگر قطعه ضخیم باشد در سه بعد انتقال حرارت را داریم اما مکانیزم سرد شدن در قطعه ریخته گری متفاوت است و هر چه قطعه ما ضخیم تر باشد نسبت سطح به حجم آن کاهش می یابد. پس تا حدی با ضخیم شدن قطعه ما افزایش سرعت سرد شدن را داریم. برای مثال تصور کنیم زمینی را داریم که تا ارتفاعی زمین قدرت جذب آب دارد و بعد از آن به یک لایه سخت می رسیم که آب در آن نفوذ نمی کند حال اگر در یک قسمت زمین لایه ای که آب جذب می کند ۱ متر باشد و در جایی دیگر لایه ۲ متر باشد در این حالت اگر جوی آب بخواهد در این زمین ها عبور کند در کدام یکی مقدار آب بیشتر ی جذب می شود؟ مسلما در جایی که ضخامت لایه ای که جذب آب می کند بیشتر است این را می توان تشبیهی از حالت جوشکاری در نظر گرفت اما ریخته گری در حالتی است

سازمان تحقیقات و توسعه
کنیم با ریخته گری است

که هر دو زمین ما در زمستان کاملاً آب جذب کرده اند و در تابستان می خواهند خشک شوند در این حالت قسمتی از زمین که لایه جذب آب بیشتری دارد دیرتر خشک می شود. عموماً ضخامتی که ما در جوشکاری با آن کار می کنیم از ضخامت 1cm تا 10cm است که این تاثیر را میتوانیم در آن ببینیم اما از 10cm بیشتر شود دیگر خیلی تاثیر ندارد. البته به این نکته باید توجه داشت که فرض ما بر این است که مقدار حرارتی که ما قطعه می دهیم یکی است. اما طول و عرض قطعه هم بی تاثیر نیست برای مثال اگر قطعه ما کوچک باشد وقتی ما آن را جوشکاری می کنیم تمام قطعه گرم می شود و انتقال حرارت راحت تر صورت می گیرد اما اگر قطعه را بزرگ تر کنیم انتقال حرارت کمتر می شود که باز از این تاثیر در کنترل کیفی و بازرسی جوشکاری استفاده می کنند. بسیاری از تست های بازرسی جوش به صورت تست های غیر مخرب (NDT) است اما در برخی مواقع که نمی توان با تست های غیرمخرب جواب گرفت در این حالت از نمونه Test Plate تهیه می کنیم به این معنا که یک قطعه با همان آلیاژ، با همان فرآیند، با همان ضخامت، و به طور کلی تا اینجا تمام پارامترها را یکی می گیرند و این بار بر روی آن جوشکاری می کنند و بعد بر روی آن تست های مخرب را انجام می دهند. اما باید توجه داشت که در این جا باید همان استانداردهای اندازه رعایت شود چرا که اگر کوچک تر یا بزرگ تر بگیریم با همین مشکل روبه رو می شویم چون ابعاد و اندازه هم بر روی خواص جوش تاثیر می گذارد.

تست Plate ها ابعاد استاندارد

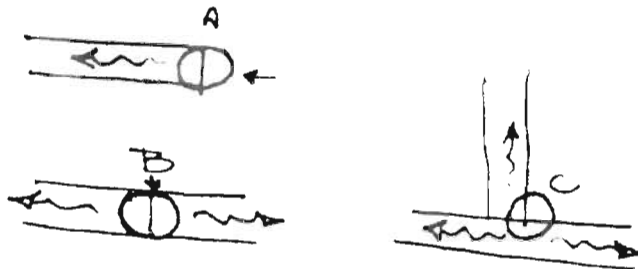
۶. دما قطعه و به طور غیر مستقیم دمای محیط: این مسئله به این معنا نیست که ضرورتاً دمای قطعه ما با دمای محیط یکی است بلکه میتواند برابر باشد یا خیر یعنی قطعه را پیش گرم می کنیم که در این حالت دیگر دمای قطعه ما با دمای محیط یکی نیست. برای بیان تاثیر این پارامتر می توان دو قطعه را در نظر گرفت که تا اینجا تمامی پارامترهای یکی را ۲۰۰ درجه پیش گرم می کنیم و یکی را در ۲۰ درجه جوشکاری می کنیم. در این حالت کدام یکی سریع تر سرد می شود؟ در جایی که نمونه ما ۲۰۰ درجه هست اختلاف دما بین B.M و W.M کمتر است در نتیجه شیب حرارتی کمتر است بنابراین آرام تر سرد می شود و سرعت سرد شدن نیز کمتر است. اما زمان سرد شدن در این نمونه بیشتر است. اگر بخواهیم برای این مورد هم تشبیه زمین را بیاوریم می توانیم فرض کنیم زمینی داریم که در هر دو عمقی که آب می تواند نفوذ کند ۱ متر است و جوی آب می خواهد از این زمین ها بگذرد با ایت تفاوت که یکی از زمین ها کاملاً خشک است اما دیگری خود دارای رطوبت است در این حالت واضح است که در زمینی که خشک است آب بیشتری جذب می شود. نسبت به جایی که خود رطوبت دارد. البته باید توجه داشت که ما نمی توانیم برای این که سرعت سرد کردن را بالا ببریم نمونه را به درجه حرارت های زیر صفر ببریم و بعد بر روی آنها جوشکاری کنیم. اما باید به دمای محیط توجه کنیم یعنی اگر در دمای محیط ۲۵ درجه یا ۴۵ درجه بخواهیم کیفیت جوش را بررسی کنیم خیلی تفاوتی دیده نمی شود اما اگر بخواهیم دو حالتی را که یکی در دمای محیط ۲۵ درجه و یکی در دمای محیط ۵۰- درجه بخواهیم مقایسه کنیم تفاوت هایی دیده

نوع آلیاژ بستگی دارد
دیرتر سرد می شود

دما محیط از طریق تفاوت سرد شدن در ابعاد

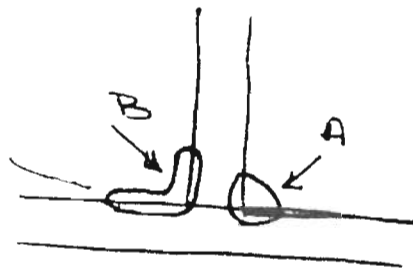
می شود. در این حالت، در علاوه بر این که ما مسئله سریع سرد شدن را داریم با مسئله زدن روغن روغن هستیم یعنی رطوبتی که در دماهای بسیار پایین بر روی سطح قطعه کار که گرم است تشعشع می شود که باعث مشکلات ناشی از جذب رطوبت و هیدروژن و تردی هیدروژنی می شود. در این حالت است که نیاز به پیش گرم کردن است.

۷. طرح اتصال: برای مثال در حالت های A، B و C با فرض اینکه تا اینجا تمامی پارامترها را یکی گرفته باشیم اگر در یک نقطه خاص با مختصات مساوی نسبت به منبع جوش بخوایم سیکل گرم و سرد شدن را در سرعت سرد شدن بررسی کنیم می توانیم به این نتیجه برسیم که سرعت سرد شدن در حالت C از بقیه بیشتر است چون در A ما انتقال حرارت را تنها در یک جهت داریم و در B در دو جهت اما در حالت C ما در سه جهت انتقال حرارت را داریم. بنابراین تعداد جهات انتقال حرارت می تواند از نظر طراحی مورد توجه باشد که اصطلاحاً به این مورد در طراحی عدد سختی حرارتی یا **Thermal Severity No.** گفته می شود البته گاهی به عنوان ضخامت معادل هم گفته می شود.



$$T S N_o = \text{تعداد جهات انتقال حرارت}$$

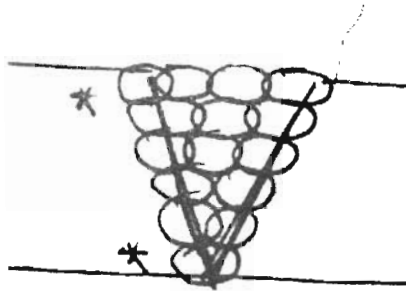
۸. شکل مقطع جوش در حجم ثابت: به راحتی با توجه به شکل می توانیم این مورد بررسی کنیم. (البته باید توجه داشت که حجم جوش برابر است) در این حالت یک نقطه در مختصات ثابت نسبت به منبع حرارتی را در نظر می گیریم در این جا هم باز سایر پارامترها را ثابت می گیریم. در این جا B سریع تر سرد می شود چون سطحی که انتقال حرارت می دهد بزرگتر است.



سختی - حجم

با توجه به این دو نکته آخر می توانیم در حالتی که ما پخ سازی کرده ایم و چندین پاس جوش را بر روی هم داده ایم می توانیم سیکل گرم و سرد شدن را برای دو نقطه که مختصات ثابتی نسبت به منبع حرارتی دارند یکی برای پاس اول یکی برای پاس آخر مقایسه کنیم البته برای

ثابت نگه داشتن پارامترهای دیگر فرض می‌کنیم که دمای قطعه برای پاس اول و پاس آخر یکی است یعنی بعد از پاس اول مسر کردیم تا به دمای محیط برسد و بعد پاس بعدی را داده ایم و به همین ترتیب در این شرایط هم باز ما سیکل گرم و سرد شدن یکسانی را نداریم چرا که در این حالت با این که دمای قطعه یکی است اما طرح اتصال و ضخامت و حتی شکل مقطع جوش بر روی سیکل تاثیر گذار است.



رژیم ثابت بودن دما
یعنی در حالت

حال فرض کنید در موقعیتی در کنار جوش به دلیل سریع سرد شدن در نمونه ما مارتنزیت به وجود می‌آید و ترک می‌خورد در این حالت باید کاری کنیم که سرعت سرد شدن پایین بیاید و برای این منظور می‌توانیم با پارامترهایی که بررسی کردیم بازی کنیم برای مثال می‌توانیم Heat Input را بالا ببریم که جوش ما آرام تر سرد شود یا این که قطعه را پیش گرم کنیم تا نمونه آرام تر سرد شود تا مارتنزیتی که نگران آن هستیم مبعوض نیاید. یا به عنوان مثال دیگر در جایی به علت آرام سرد شدن دانه بندی درشت شده است و باعث نرم شدن نمونه آلومینیومی شده است یکی از کارهایی که می‌توانیم انجام دهیم این است که از یک میرد استفاده کنیم یعنی یک قطعه مسی را به پشت کار متصل کنیم تا انتقال حرارت را راحت تر انجام دهد در عین حال با سایر پارامترهایی هم که بیان شد می‌توانیم مانور دهیم.

Heat Input ↑
در این مارتنزیت

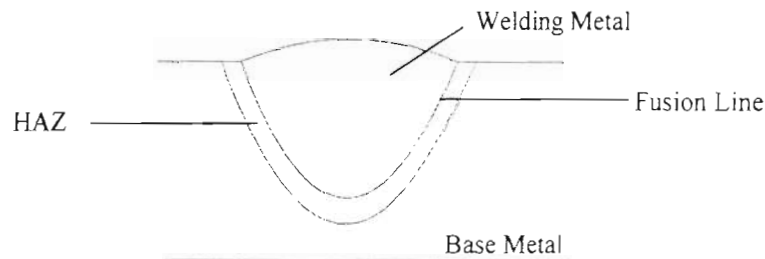
در این مارتنزیت

سیکل گرم و سرد شدن و تأثیرات آن:

در جلسه قبل در مورد ماهیت و عوامل مؤثر در این سیکل را بررسی کردیم. در این جلسه به مورد سوم می‌پردازیم:

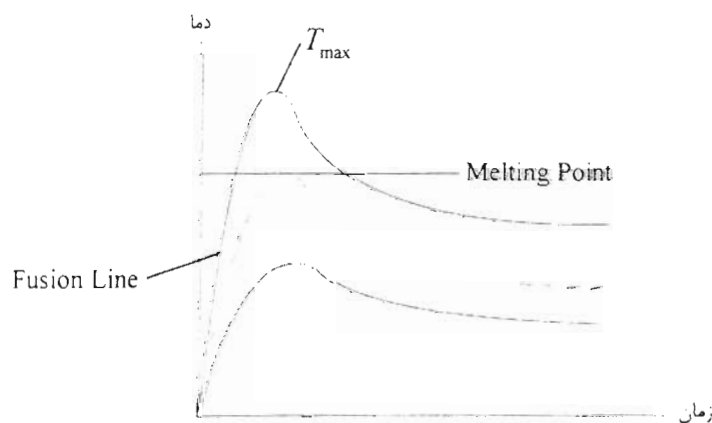
۳- تأثیرات سیکل گرم و سرد شدن بر منطقه جوش:

ابتدا باید منظور از منطقه جوش را فهمید. همانطور که گفته شد منطقه جوش عبارت است از *Weld Metal*، *HAZ* و *Base Metal* که در شکل زیر این سه قسمت نشان داده شده است.



۳-۱- به وجود آمدن حوضچه مذاب:

اولین تأثیری که بر روی فلز جوش دیده می‌شود به وجود آمدن حوضچه مذاب است که حجم آن متأثر از سیکل گرم و سرد شدن است. بدین معنا که حتماً باید نقاطی وجود داشته باشد که T_{max} آن از *Melting Point* بالاتر باشد. البته باید توجه داشت که *M.P.* تنها برای فلزات خالص است و برای آلیاژها محدوده ذوب و دماهای سوئیدوس و لیکوئیدوس داریم. همچنین باید این T_{max} در زمان کافی برقرار باشد تا بتوانیم عملیات ذوب و نهان ذوب را داشته باشیم. این شروط، شروط لازم و کافی هستند و اگر نقطه‌ای نداشته باشیم که این دو شرط را داشته باشد نمی‌توانیم ذوبی داشته باشیم در نتیجه نمی‌توان عملیات جوشکاری ذوبی را داشت. از طرف دیگر اگر تعداد نقطه‌ای که دارای این شروط هستند بیش از اندازه باشد با مشکل دیگری به نام *Excessive Fusion* مواجه می‌شویم که نتیجه آن ریزش و سر ریز شدن ذوب است. پس اگر نمودار دما-زمان نقطه‌ای به صورت نقطه چین نشان داده در شکل باشد این نقطه بر روی *Fusion Line* قرار دارد یعنی به دمای ذوب می‌رسد ولی ذوب نمی‌شود.

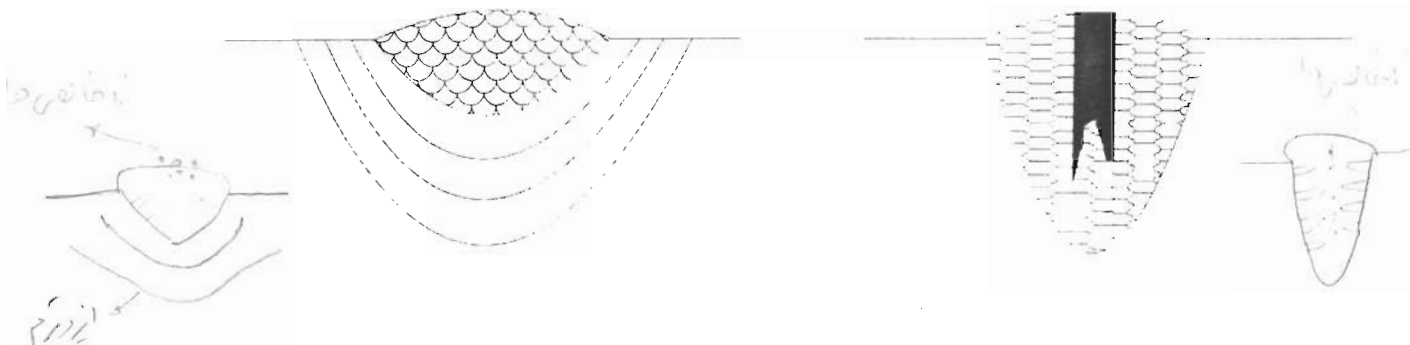


۳-۲- واکنش‌های سرباره، گاز، فلز مذاب و بقایای این واکنش‌ها:

نحوه انجام این واکنش‌ها در درجه اول بستگی به این دارد که این واکنش در چه دمایی در حال انجام است. دمایی که در اینجا برای ما اهمیت دارد دمای حوضچه مذاب (T_{max}) است که در تماس با سرباره است. این واکنش می‌تواند اکسیداسیون، احیا یا هر واکنش دیگری باشد. همچنین این واکنش‌ها تابع زمان نیز هستند مانند احیای Fe از Fe_2O_3 توسط کربن. قسمت بعدی بقایای این واکنش‌ها است که بیشتر به صورت آخال‌ها هستند. این آخال‌ها تمایل دارند تا به از درون مذاب به بالا بیایند و عمل *Floatation* را انجام دهند. خود این عمل نیز مستلزم زمان است و هرچه به آنها بیشتر زمان دهیم تعداد آخال بیشتری می‌تواند از درون مذاب بیرون بیاید. همچنین هر چه به هم زدن مذاب بیشتر باشد احتمال اینکه این آخال‌ها بیرون بیایند کمتر است. این زمان بر روی نمودار مربوط به انتهای نمودار می‌شود که زمان انجماد حوضچه است. این آخال‌ها می‌تواند حباب‌های گازی باشد که بیرون آمدن آنها نیز مستلزم زمان است.

۳-۳- نحوه انجماد:

بدیهی است که در جوشکاری ذوبی یکی از بحث‌های بسیار مهم عمل انجماد است. یکی از تفاوت‌هایی که بین انجماد در جوشکاری و انجماد در ریخته‌گری است این است که در ریخته‌گری به محض شروع شدن عملیات انجماد مذاب یک فاصله از دیواره قالب می‌گیرد در صورتیکه در جوشکاری قالب دیواره خود فلز است و فاصله هوایی نداریم و عمل انجماد از روی خود دیواره‌ها شروع می‌شود. کریستال‌ها از روی دیواره شروع به رسد می‌کنند تا به مرکز برسند. تفاوت دیگر بین ریخته‌گری و جوشکاری در این است که در ریخته‌گری معمولاً بحث فوق‌گداز را داریم اما در جوشکاری نمی‌توان بیش از یک حد معین دمای مذاب را بالا برد زیرا در این صورت مقدار مذاب از حد مجاز بیشتر می‌شود و مشکلات خاص خود را پدید می‌آورد. معمولاً در جوشکاری عمل انجماد بسیار سریعتر انجام می‌شود و عمل به هم زدن وجود دارد در صورتیکه در ریخته‌گری عمل انجماد عموماً به صورت ساکن انجام می‌شود. از مشترکات بین جوشکاری و ریخته‌گری می‌توان به سرعت انجماد آنها اشاره کرد. همچنین اندازه، شکل و جهت رشد دانه‌ها در جوشکاری و ریخته‌گری مشابه هم است. همانطور که از انجماد می‌دانیم جهت رشد دانه‌ها عمود بر منحنی‌های ایزوترم است.



در حین انجماد اکثر ناخالصی‌ها به وسط رانده و در مرحله آخر منجمد می‌شوند. همانطور که در شکل نمایان است در شکل سمت چپ ناخالصی‌ها به سمت بالا رانده شده‌اند و در قسمت زیر آن دانه‌ها به صورت یکنواخت هستند

ولی در شکل سمت راست ناخالصی‌ها در وسط جوش گیر کرده‌اند. پس اگر یک تنش کششی برابر به هر دو وارد شود جوش سمت چپ دوام بیشتری خواهد داشت. همچنین از انجماد می‌دانیم که قطر دندریت‌ها متناسب با سرعت انجماد است ($D \propto \sqrt{S_r}$). همچنین زیاد یا کم بودن گپ بین منحنی سولیدوس و لیکوئیدوس موجب آن می‌شود که یک سری از فازها و ترکیباتی که نقطه ذوب پایین تری دارند به وسط یا به درون مرز دانه‌ها کشیده شوند که این خود باعث یک نوع جدا شدن ترکیب در داخل دانه‌ها و مرز دانه‌ها می‌شود.

بحث دیگر بحث جوانه و جوانه زای است. این مواد خصوصیات خاصی دارند از جمله اینکه نقطه ذوب آنها بالاتر از فلز یا آلیاژ اصلی است. این جوانه‌زای علاوه بر زیاد کردن تعداد دانه‌ها نقش تسریع عمل انجماد را نیز به عهده دارند. این جوانه‌ها باید از نظر ظاهری نیز دارای خصوصیتی باشند که دانه‌ها بر روی آنها شروع به شکل‌گیری کنند و یادآوری می‌شود که انجماد از نظر متالورژیکی نظم کریستالی پیدا کردن است که طی آن اتم‌های آزاد در حالت مذاب در فرم‌های مختلفی مانند FCC، BCC و ... با رعایت فاصله‌های شبکه‌ای قرار می‌گیرند. یکی از تفاوت‌هایی که بین ریخته‌گری و جوشکاری وجود دارد این است که در ریخته‌گری نمی‌توان دمای مذاب را از یک حدی بالاتر برد زیرا در این صورت امکان دارد که مواد جوانه زای نتوانند وظیفه خود را به درستی انجام دهند. اما در جوشکاری به علت سریع سرد شدن حوضچه مذاب وجود یا عدم وجود جوانه‌زای خیلی با اهمیت نیست. اما در برخی فرآیندهای جوشکاری که با Heat Input های بالا کار می‌کنیم مشکل درشت بودن ساختار را داریم که در این موارد از جوانه‌زایها استفاده می‌کنیم که این عمل یا از طریق سیم جوش و یا پودر جوش انجام می‌شود. اهمیت این بحث در اینجاست که دانه‌هایی که در حین عمل انجماد درشت هستند پس از تحول یوتکتوئید نیز به فریت و پرلیت درشت تبدیل می‌شوند. به بیان دیگر اگر آستنیت اولیه دانه ریز باشد در نهایت در حین تحول یوتکتوئید نیز دانه‌های فریت و پرلیت ریزتری به وجود می‌آیند و بالعکس. به طور خلاصه می‌توان گفت که در یک عملیات جوشکاری نقش سرعت سرد شدن، نقش ایزوترم‌های حرارتی که باید دانه‌ها عمود بر آنها رشد کنند و تمامی موارد مربوطه به سیکل گرم و سرد شدن اعمالی بر نقاط مختلف بستگی دارد. همچنین باید دقت کرد که حل فیزیکی گازها در مذاب و حد اشباع آنها نیز بستگی مستقیم با T_{max} دارد.

۴- تأثیرات سیکل گرم و سرد شدن بر روی منطقه مجاور جوش:

برخی از این تأثیرات می‌تواند با فلز جوش مشترک باشد البته پس از منجمد شدن فلز جوش.

۴-۱- رشد دانه‌ها (Grain Growth):

همانطور که در درس متالورژی فیزیکی بیان شد اگر در دماهای بالا به فلز زمان کافی دهیم دانه‌های درشت‌تر، دانه‌های ریزتر را می‌خورند و مرتباً رشد می‌کنند.

هنگامیکه در حال جوشکاری هستیم نقاط مختلف در اطراف ناحیه جوش بسته به اینکه دور یا نزدیک باشند دارای سیکل‌های گرم و سرد شدن متفاوت هستند. در ابتدا باید دید که خود رشد دانه به چه عواملی بستگی دارد:

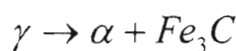
- دما: هرچه دما بالاتر باشد سرعت رشد دانه‌ها نیز بیشتر است.
- زمان: تأثیری همانند دما دارد.
- عناصری که اضافه می‌شوند و سرعت رشد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

۴-۲- تغییر فاز:

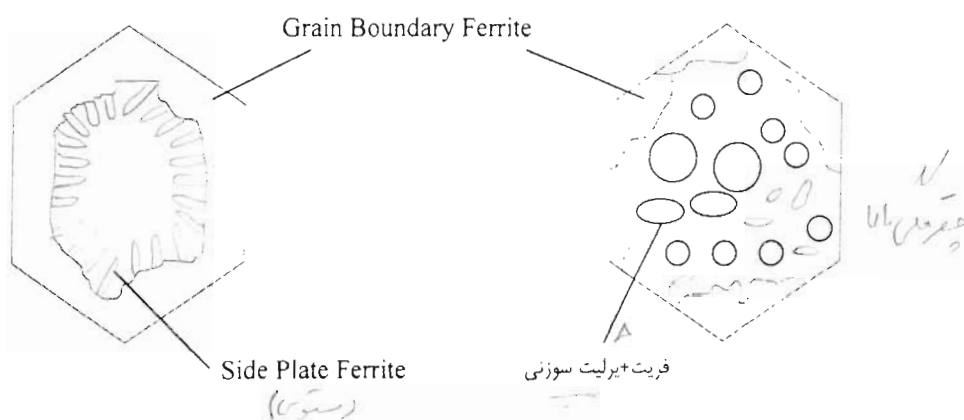
این پدیده برای برخی آلیاژها است و عمومیت ندارد. ابتدا باید دقت کرد که بحث بر روی تغییر فاز است و نه تغییر حالت یعنی بر روی دماهایی است که ساختار کریستالی تغییر می‌کند که موجب تغییر برخی خواص می‌شود. به عنوان مثال در مورد فولاد هنگامی که فولاد به صورت آستنیتی شود دیگر جذب آهنربا نمی‌شود. همچنین در مورد حلالیت کربن. مثلاً هنگامیکه وارد منطقه آستنیتی می‌شویم حد حلالیت کربن در فولاد بیشتر می‌شود (حل فیزیکی) اما در حالت فریت مقدار زیادی از این کربن بیرون می‌زند و یک مقدار بسیار کم آن در درون فولاد باقی می‌ماند که با قرار گرفتن کربن در شکل‌های مختلف، فازهای مختلف را داریم. این فازهای مختلف در مورد فولاد می‌تواند به شرح زیر باشد:

- ❖ فریت + پرلیت (فریت+سمنتیت)
- ❖ بینایت (بینیت): بالایی و پایینی
- ❖ مارتنزیت
- ❖ آستنیت باقی‌مانده

این تغییر فازها عمدتاً در تحول یونکتوئید حاصل می‌شود که یک دمای بحرانی دارد که در آن آستنیت به فریت و سمنتیت تبدیل می‌شود:

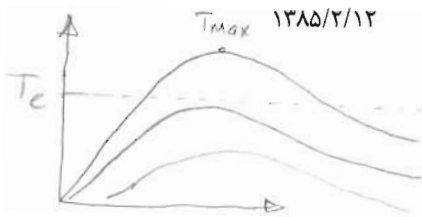


البته شکل و اندازه دانه نیز در تحول فوق می‌تواند متفاوت باشد که دو نوع آن را در زیر مشاهده می‌کنید:



در شکل سمت چپ فریت به صورت ستونی به سمت وسط رشد می‌کند و لابه‌لای آن نیز یک مقدار پرلیت ظریف به وجود می‌آید. در شکل سمت راست دانه یک سری فریت-پرلیت‌های بسیار ظریف در جهات مختلف شکل گرفته است که به آن فریت-پرلیت سوزنی می‌گوییم. این نوع ساختار در جوشکاری برای فولاد بسیار مناسب است و خاصیت چقرمگی آن بسیار بالاست.

که نوع‌های دیگر می‌تواند مانند مارتنزیت باشد و یا اگر سرعت سرد شدن خیلی زیاد باشد حتی می‌توان در دمای محیط نیز کمی آستنیت داشت که همان آستنیت باقیمانده است. پس به طور خلاصه می‌توان گفت که ساختار نهایی در مورد فولاد به دو عامل بستگی دارد: (۱) مقدار کربن (۲) سرعت سرد شدن. با توجه به شکل زیر در ناحیه مشخص شده سرعت سرد شدن می‌تواند ساختار نهایی را مشخص کند.



لازم به ذکر است که تمامی این تغییر فازهای مختلف در نقاطی اتفاق می‌افتد که T_{max} آنها از $T_{Critical}$ بالاتر رفته باشد. به بیانی دیگر در دیاگرام فوق نقاطی که T_{max} آنها کمتر از $T_{Critical}$ است برای آنها دیگر تغییر و تحول معنا ندارد زیرا اصلاً وارد منطقه آستنیت نشده است. همچنین هنگامیکه ما یک ساختار فریتی - پرلیتی را به دمای ۸۰۰ درجه ببریم باید به آن زمان کافی بدهیم تا ساختار آن به آستنیت تبدیل شود. حال این سؤال پیش می‌آید که آیا این اتفاقات که متأثر از سیکل گرم و سرد شدن است شامل حال *Weld Metal* نیز می‌شود؟ پاسخ این سؤال مثبت است.

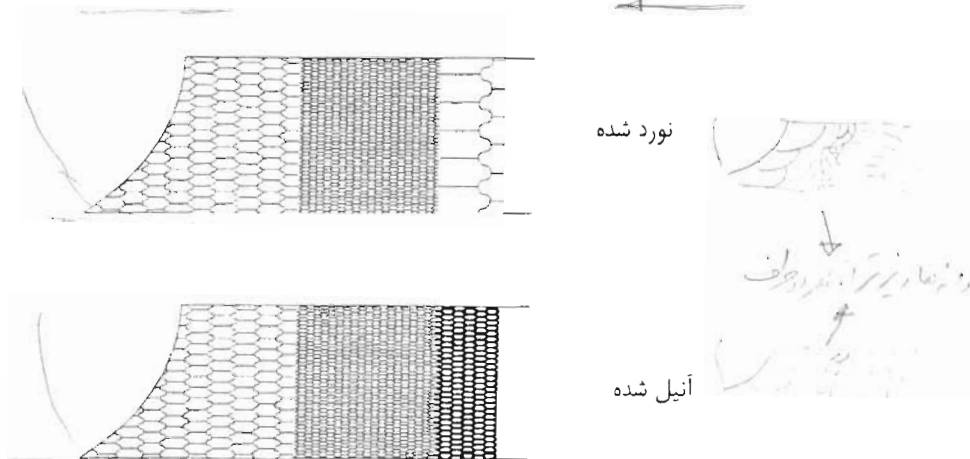
۳-۴- رسوب و جدایش ناخالصی‌ها یا ترکیبات بین فلزی:

یکی از مهمترین قسمت‌های عملیات حرارتی *Age Hardening, Solution Treatment* (سختی رسوبی) است. بدین منظور فولاد را با یک ترکیب خاص تا دمای ۸۰۰-۹۰۰ درجه می‌بریم و سپس آن را سرد می‌کنیم و مجدداً آن را در یک دمای کاملاً خاص نگاه می‌داریم تا یک سری ذرات ریزی در آن رسوب کنند که همان کاربرد هستند. این ذرات مانع حرکت ناب‌جایی‌ها و باعث بالا رفتن استحکام می‌شوند. حالت دیگر *Over Aging* (پیر سختی) است که در آن عملیات سختی رسوبی را به طور کامل انجام نمی‌دهیم و قطعه را به مدت بیشتری در آن دما نگاه می‌داریم و در نتیجه این ذرات رسوب کرده به یکدیگر می‌پیوندند که در این صورت احتمال بالا رفتن تردی بیش از حد قطعه به میان می‌آید. اهمیت این بحث در اینجاست که عموماً قطعه‌ای که در حال جوشکاری بر روی آن هستیم عملیات سختی رسوبی بر روی آن انجام شده است و با حرارت ناشی از جوشکاری پدیده *Over Aging* رخ می‌دهد که برای ما مشکل ساز است. همچنین با بالا رفتن دما بحث نفوذ (*Diffusion*) به میان می‌آید. به عنوان مثال در مورد فولاد زنگ نزن بحث نفوذ کربن از درون دانه را به سمت مرز دانه‌ها داریم. در این حالت کروم نیز به دلیل میل ترکیبی زیاد آن با کربن به سمت مرز دانه کشده می‌شود و در نتیجه تولید کاربید کروم را در مرز دانه داریم که به این پدیده رسوب کاربید کروم می‌گویند که پدیده‌ای بسیار جدی در جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن است. در این حالت چون کروم به طرف مرز دانه‌های کشیده شده است در اطراف مرز دانه‌ها فقر کروم را داریم که در نتیجه مقاومت در برابر خوردگی آن بسیار پایین می‌آید و خوردگی مرز دانه‌ای را خواهیم داشت که اگر در حین همین خوردگی یک مقدار تنش هم داشته باشیم می‌تواند تبدیل به *Stress Corrosion Cracking* شود. این پدیده اکثراً در اطراف جوش رخ می‌دهد زیرا در خود جوش ما یک سری عملیات ذوب و انجماد را داشته‌ایم و بحث *Age Hardening* و *Over Aging* را نخواهیم داشت.

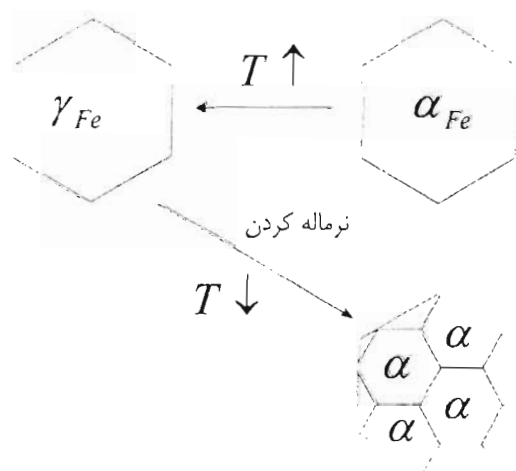
۴-۴- تبلور مجدد:

پدیده دیگری که می‌تواند ناشی از سیکل گرم و سرد شدن باشد تبلور مجدد است. این پدیده زمانی معنا پیدا می‌کند که ما بر روی قطعه کار سرد (*Work Hardening*) انجام داده باشیم. همانطور که می‌دانیم در حین اعمال کار سرد مانند نورد به جایی می‌رسیم که اگر بخواهیم تنش دیگری بر روی قطعه اعمال کنیم قطعه خرد

می‌شود که آن را منتهای کار سختی می‌گوییم. اگر بخواهیم مجدداً بر روی آن کاری را اعمال کنیم مجبور هستیم بر روی آن عملیات حرارتی آنیل کردن را اعمال کنیم که مجدداً فلز نرم شود. همانطور که در شکل‌ها می‌بینیم در میان قطعه یک قسمت وجود دارد که دانه‌های آن ریز تر از هر دو طرف آن است. برای توجیه این قسمت ابتدا باید دید که *Normalizing* به چه هدفی انجام می‌شود؟ پاسخ: ریزتر کردن دانه‌ها.



سیکلی که برای این کار انجام می‌دهیم این است که یک مقدار دمای قطعه را تا کمی درون قسمت آستنیت به بالا می‌بریم و برای مدتی در این دما نگاه می‌داریم و سپس آن را در هوا سرد می‌کنیم. با این کار یک دانه بزرگ و خشن تبدیل به چند دانه ظریف‌تر و کوچک‌تر می‌شود. روال انجام این کار این است که یک دانه α_{Fe} را حرارت می‌دهیم تا به یک دانه آستنیت (γ_{Fe}) تبدیل شود.



تبلور مجدد را همه جا نداریم به عنوان مثال در مورد فلز جوش صادق نیست. همچنین است بری رسوب و جدایش.

تبلور مجدد
رسوب

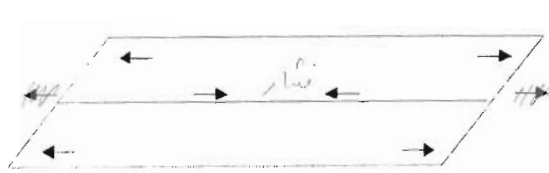
رسوب و تبلور مجدد در HAZ داریم - W.M

5- منطقه فلز پایه (Base Metal):

در مورد فلز پایه دو مورد باید مورد بحث قرار گیرد:

- تمپر شدن
- تغییر تنش‌های پسماند: ❖ مجاور جوش ❖ فلز جوش ❖ فلز پایه

در مورد تغییر تنش‌ها توضیح اینکه هنگامیکه در حال جوشکاری هستیم فلز پایه که در مجاورت حوضچه مذاب قرار دارد میل به منبسط شدن پیدا می‌کند اما اطراف جلو آن را می‌گیرند و مانع آن می‌شوند در نتیجه تحت تنش فشاری است و بالطبع اطراف تحت تنش کششی. همچنین در حین انجماد این فلز میل به جمع شدن دارد که باز هم اطراف مانع آن می‌شود پس تحت تنش کششی قرار می‌گیرد و اطراف آن تحت تنش فشاری قرار می‌گیرند. حال اگر قطعه از قبل تحت تنش قرار گرفته باشد (مثلاً نورد شده باشد) و آن را تحت عملیات جوشکاری قرار دهیم ممکن است از این تنش کم یا به آن افزوده شود. زیرا این گرم شدن اطراف امکان آزاد شدن تنش‌ها را فراهم می‌آورد.



ضمن جوشکاری (فشاری)



ضمن انجماد و سرد شدن (کششی)

Residual Stress

عملیات حرارتی پس گرم کردن یا عملیات حرارتی بعد از جوشکاری یا Post Heating :
این عملیات برای تکمیل سیکل گرم و سرد شدن و جهت دارنابه خواصی که ما از جوش انتظار داریم انجام می‌شود. آنچه در جوشکاری بیشتر متداول است بیشتر تنش گیری است.

• **تنش گیری یا Stress Relive** عملیاتی است که برا رها شدن تنش های پس ماند در جوشکاری استفاده می‌شود. البته باید به این نکته هم توجه داشت که عملیات حرارتی تنش گیری یک نوع آن به صورت حرارتی است که بیشتر مورد توجه ما در این بحث است و یک نوع دیگر آن مکانیکی است که به طور مختصر می توان این طور بیان کرد که برای رها کردن تنش‌های پس ماند می توان شرایطی را ایجاد کرد که در سیستم تنش های معکوس بوجود آید برای مثال اگر در جوش تنش های کششی بوجود آمده است با کوبیدن یا اولتراسونیک یا هر روش دیگری سعی کنیم آن را رها کنیم. این روش تنش گیری بیشتر در جاهایی که تنش گیری حرارتی برای ما مشکل ایجاد می‌کند یا امکان پذیر نیست یا امکان این باشد که بر روی برخی چیزهایی که روی قطعه است آسیب برساند مثل رنگ یا ... از آن استفاده می‌کنیم که خود روش های گوناگونی دارد. اما در بیشتر موارد همان روش حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع تنش گیری دما و زمان و نحوه سرد و گرم شدن آن اهمیت دارد. تنش گیری برای فولادهای معمولی یا به بیانی فولاد های ساختمانی که ۸۰٪ جوشکاری را شامل می‌شود در تمامی استانداردها آمده است برای مثال برای فولاد معمولی تنش گیری در دمایی در حدود ۶۳۰-۶۰۰ درجه صورت می‌گیرد و به ازای هر اینچ ضخامت باید یک ساعت در آن دما نگه داری شود و البته شیب سرد و گرم شدن هم باید رعایت شود که از ۳۰۰ درجه به بعد در حدود ۶۰ درجه بر دقیقه نمونه را گرم می‌کنیم و برای سرد شدن هم به همین ترتیب تا ۳۰۰ درجه بین ۶۰-۸۰ درجه بر دقیقه نمونه را سرد می‌کنیم. البته در بعضی مواقع هم که امکان این برای ما وجود ندارد که در دمای بین ۶۰۰-۶۳۰ درجه عملیات تنش گیری را انجام دهیم و در دمای پایین تر تنش گیری را انجام دادیم می‌توانیم طبق استاندارد به ازای هر چند درجه کاهش دما مدت نگه داری را افزایش دهیم. باید به این نکته توجه کنیم که اگر طبق استاندارد عمل نکنیم برخی از تنش‌ها رها می‌شود اما همه تنش ها رها نمی‌شود.

در این جا این سوال مطرح می‌شود که چرا ما تنش‌ها را رها می‌کنیم؟ و اگر این تنش ها باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ تنش‌های پس ماندی که در جوش یا هر سازه دیگری وجود دارد سه مسئله را می‌تواند داشته باشد یکی در حالت distortion یا پیچیدگی است که بعد از ماشین کاری نهایی اگر قطعه یک مدتی در یک محلی رها شود حتی در دمای محیط بعد از مدتی تنش‌های آن رها می‌شود که در این حالت وقتی بعد از رها شدن قطعه را اندازه می‌گیریم می‌بینیم که قطعه دیگر دقت قبلی را ندارد و از حالت تعادلی قبلی خارج شده است. یکی دیگر این که وقتی ما تنش‌های پس ماند در سازه داشته باشیم با تنش‌های ضمن سرویس می‌تواند مخالف باشد که این حالت به نفع ما است. می‌تواند هم از نظر برداری در خلاف هم باشند که در این حالت قبل تنشی که ما انتظار داریم می‌بینیم تغییر شکل صورت می‌گیرد و شکست رخ می‌دهد. پس به این بستگی دارد که تنش‌های پس ماند ما با تنش‌های ضمن سرویس در یک جهت باشد یا در خلاف هم. در مقابل این حالت داریم در صنعت نفت و گاز که چون لوله‌ای باید در دماهای بالا کار کند آن را در دمای محیط به نحوی می‌کشند و بعد جوشکاری را بر روی آنها انجام می‌دهند

که وقتی به دمای کاری می‌رود دیگر تنش‌های پس ماندی در ساختار ایجاد نشود. و در نهایت مسئله دیگری که تنش پس ماند می‌تواند برای ما ایجاد کند تشدید خوردگی است (S.C.C). بنابراین برای جلوگیری از این مسئله‌ای که در اثر تنش پس ماند ایجاد می‌شود لازم است که ما عملیات تنش‌گیری را چه به صورت مکانیکی و چه به صورت حرارتی انجام دهیم. البته در برخی از موارد هم می‌شود به جای این که تمامی قطعه را تنش‌گیری کنیم به صورت مؤهلی تنش‌گیری را انجام دهیم که می‌تواند علت یا پیچیدگی قطعه یا حجم بودن آن باشد. باید به این نکته توجه داشت که در برخی از موارد با توجه به ضخامت توصیه می‌شود که حتماً تنش‌گیری صورت گیرد یا اهمیتی ندارد.

- عملیات حرارتی دیگری که در جوشکاری متداول است اما به نسبت کمتر از عملیات تنش‌گیری عملیات **نرماله کردن یا Normalizing** است. این عملیات برای این انجام می‌شود که تا حدی ساختار ریز و هموزن‌تر شود انجام می‌شود. نرماله کردن برای جوش‌های ظریف اصلاً مطرح نیست برای مثال در جوشکاری با الکتروود دستی حتی اگر چندین پاس بر روی هم انجام شود یا TIG یا MIG بلکه عمدتاً در فرآیندهای جوشکاری با Heat Input بالا انجام می‌شود مطرح می‌شود مثل جوشکاری زیرپودری یا جوشکاری ترمیت که حجم زیاد ذوب را در یک پاس به وجود می‌آورند و با درشت ساختاری روبه‌رو هستند. حاصل این عملیات حرارتی یک جوش با ساختار ریزتر و خواص مکانیکی بهتر است. این عملیات متناسب با جنس قطعه متفاوت است اما به طور کلی می‌توان این‌طور گفت که دمای محل جوش یا محلی که می‌خواهیم نرماله کنیم را بین ۵۰-۶۰ درجه بالای دمای یوتکتوئید می‌رسانیم و سرد کردن هم در هوا انجام می‌شود چه به صورت دمشی چه معمولی که باعث ریز شدن ساختار ما می‌شود. عملیات حرارتی نرماله کردن تنها به صورت حرارتی امکان‌پذیر است و به صورت مکانیکی انجام‌پذیر نیست. درجه حرارت نرماله کردن چون بالاتر از دمای تنش‌گیری است بر روی کل قطعه انجام می‌شود و کمتر به صورت موضعی انجام می‌شود هر چند ما تنها در منطقه جوش با درشت ساختاری روبه‌رو هستیم.
- **کوئنچ کردن و تمپر کردن** عملیات دیگری است که در جوشکاری مطرح است. این دو عملیات را با هم می‌نویسند اما به طور کامل دو عملیات جدا از هم است اما چون در اکثر مواقع این دو عملیات با هم انجام می‌شود با هم بیان می‌شود. برخی از آلیاژها هستند که حتماً نیاز به کوئنچ کردن و تمپر کردن دارند و در مقابل برخی دیگر از آلیاژها هستند که لازم است اگر در شرایط کوئنچ کردن و تمپر کردن هستند بر روی آنها عملیات انجام دهیم و از این حالت خارج کنیم و بعد از جوشکاری دوباره بر روی آنها عملیات را انجام دهیم و به حالت اولیه برسانیم. عملیات کوئنچ کردن و تمپر کردن عملیات بسیار حساس و پیچیده‌ای هست که باز بر اساس جنس و آلیاژی که دارد باید در دمای بالای استنیت (دمای بحرانی) حرارت ببیند و بعد یک مرحله سریع سرد شود تا این‌جا را کوئنچ کردن گویند که حاصل آن ساختار مارتنزیتی است و بعد تمپر کردن صورت می‌گیرد که معمولاً در دمای ۳۵۰-۴۰۰ درجه گرم می‌شود و در هوا سرد می‌شود. نتیجه این دو کار در ادامه هم این است که مارتنزیتی که بوجود می‌آید تمپر می‌شود و حاصل مارتنزیت تمپر شده‌ای است که هم سختی و استحکام را دارد و هم در عین حال تفسس را. در حقیقت با این عمل سعی بر این است که بتوان تعدیلی بین خواص ایجاد کنیم. البته باید

توجه داشت که در بسیاری از موارد برای برخی از آلیاژها عملیات تمپر کردن در چند مرحله انجام می‌شود.

- عملیات دیگری که در حین جوشکاری مورد توجه است عملیات حرارتی است که در آن هیدروژن رها می‌شود به عنوان عملیات **رها سازی هیدروژن**. هیدروژن یک عنصر بسیار مضر و خطرناک در جوش است و باعث تردی هیدروژنی یا ترکیدگی های سرد در مناطق جوش و اطراف جوش می‌شود. ما در حین جوشکاری سعی می‌کنیم تمامی منافذی که امکان دارد هیدروژن از آنها وارد جوش شود را بگیریم مثل چربی و رطوبت. اما در عین حال برای بالا بردن ضریب اطمینان این عملیات حرارتی را هم انجام می‌دهیم. برای این عملیات بعد از این که نمونه ما تمپر شد پیش از آن که به دمای محیط برسد آن را در دمای حدود ۱۵۰-۲۰۰ درجه برای مدت ۲۴-۳۶ ساعت نگه می‌داریم و بعد آن را سرد می‌کنیم در با این عملیات مختصر هیدروژنی که در جوش است شرایط آزاد شدن را پیدا می‌کند و احتمال ترکیدگی یا تردی هیدروژنی کمتر می‌شود. این عملیات جزء عملیات های بسیار مهم و حساس است به خصوص برای آلیاژ هایی که جوش پذیری خوبی ندارند.

به عنوان جمع بندی ما بعد از جوشکاری برای این که ساختار جوش و خواص مناطق جوش و اطراف جوش که تحت سرد و گرم شدن بوده کنترل شود برخی از عوامل را که می‌شناسیم سعی می‌کنیم در حین جوش آنها را حذف کنیم و سایر موارد را با عملیات حرارتی بعد از جوش کنترل می‌کنیم تا ساختار و خواص مورد انتظار را داشته باشد.

معایب و مشکلات در جوشکاری : Welding defects and difficulties

بسته به فرآیند جوشکاری مشکلات بوجود می‌آید البته برخی مشکلات را می‌توان از جوشکار انتظار داشت که بتواند حل کند اما برخی از مشکلات پیچیده‌تر است و در ارتباط با جوشکار نیست. برای مثال در یک حالت پیش می‌آید که ما با یک شرایط یکسان یک بار ساعت ها می‌توانیم جوشکاری کنیم اما در بار بعد بعد از چند دقیقه می‌بینیم که بوی سوختگی می‌آید و کابل داغ شده است این به این خاطر می‌تواند باشد که بخشی از کابل افشان ما از مدار خارج شده است. یا یکی دیگر از مواردی که امکان دارد پیش آید این است که انبر داغ می‌شود در صورتی که تا قبل با این مشکل روبه‌رو نبودیم در این حالت هم احتمال دارد کفشک مسی که با آن الکتروود را می‌گیریم کثیف شده باشد یا فنر انبر که باعث می‌شود الکتروود را محکم بگیرد شل شده باشد و در هر یک از این دو حالت یک مقاومت اضافی در سیستم پیش می‌آید که باعث گرم شدن انبر می‌شود. برخی از مشکلات مثل سوختن ترانس یا از بین رفتن سیم پیچ هم وجود دارد که در این ها دیگر از جوشکار انتظار نمی‌رود که بتواند مشکل را بر طرف کند. یکی دیگر از مشکلاتی که زیاد با آن روبه‌رو هستیم این است که عموماً پشت دستگاه های جوش فن‌هایی برای خنک نگه داشتن دستگاه وجود دارد حال اگر یک تکه نایلون یا کاغذ یا هر چیز دیگر بر روی آن قرار گیرد در این حالت دیگر فن نمی‌تواند مکش هوا را داشته باشد و در نتیجه دستگاه خنک نمی‌شود و داغ شدن سریع‌تری را در دستگاه می‌بینیم.

برای شروع بحث عیوب در جوش ابتدا به مسئله بازرسی و کنترل کیفیت توجه می‌کنیم. دو مسئله هست که در ارتباط با کنترل دارای اهمیت است یکی تست های غیر مخرب NDT و یکی تست های مخرب یا DT.

تست‌های مخرب به بیانی همان تست‌های مکانیکی است که از نمونه جوشکاری شده و از مناطق جوش و اطراف جوش بدست می‌آید. اما تست‌های غیر مخرب تست‌هایی است که نشان می‌دهد در این نمونه ما عیب وجود دارد یا نه. یک سری عیب‌ها است که مشترک است مثلاً در این قطعه ما که جوشکاری کرده ایم مک یا حفره وجود دارد یا نه؟ یا این که در اعماق قطعه ما ترکیدگی وجود دارد یا نه؟ یا به همین ترتیب ناخالصی مخلوط شده یا نه؟ به طور کلی سلامت جوش را ما تا حدی می‌توانیم با تست‌های غیر مخرب متوجه شویم. تست‌های غیر مخرب خود شامل چندین نوع می‌شود: ۱. تست‌های فرا صوتی یا U.T

۲. پرتو نگاری با اشعه X یا اشعه γ یا R.T

۳. تست‌های ذرات مغناطیسی یا M.T

۴. تست مایعات نفوذ پذیر رنگی یا P.T

۵. تست‌های ظاهری یا V.T

بنابراین با این تست‌های می‌توان از سلامت جوش تا حدی اطمینان یافت اما این که ما با انواع این تست‌ها سلامت کامل جوش را تضمین کنیم نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که جوش ما از استحکام کافی و سختی مناسب و مقاومت خوب خورگی هم برخوردار است به بیانی می‌توان گفت نبودن عیوب در جوش شرط لازم برای خوب بودن جوش است اما شرط کافی نیست چون امکان دارد طی عمل جوشکاری و سرد و گرم شدن آلیاژ جوش تغییر کرده باشد که این مسئله خود بر روی جوش تاثیر می‌گذارد. بنابراین مرحله اول را که مشخص کردن این است که آیا عیوب در جوش است یا خیر را ما با تست‌های غیر مخرب می‌توانیم انجام دهیم. البته باید در این جا به این نکته اشاره کنیم که ما جوش بدون عیب نداریم بلکه آنچه که ما تعیین می‌کنیم این جوش خوب است یا نه این است که بسته به شرایطی قطعه در آن کار می‌کند و حساسیت کار تعیین می‌کنیم که قطعه‌ای با این که عیب در آن وجود دارد جوش خوبی است یا خیر. بنابراین برای هر عیب یک معیار پذیرش تعریف می‌شود که بر طبق آن نمونه جوش را قبول می‌کنند یا رد اما نکته‌ای که هست این است که در هیچ شرایطی ما ترک در جوش را نمی‌پذیریم.

اما عیوب را به طور کلی ما در چند حالت بررسی می‌کنیم: ۱. ماهیت عیب یا به چه شکلی وجود دارد.

۲. به چه روشی می‌توان آن عیب را تشخیص داد.

۳. این عیب چه عوارضی می‌تواند در جوش داشته باشد.

۴. روش تعمیر یا باز سازی این عیب در جوش چیست

۵. علل به وجود آمدن این عیب چیست این مورد دارای

اهمیت بیشتری است.

۱. **عیب ترشح یا جرقه یا Spatter:** ما در جوشکاری با این عیب زیاد روبه‌رو هستیم. ماهیت این عیب روشن است قطراتی است که یا از حوضچه مذاب به اطراف پاشیده می‌شود و یا قطراتی که در مسیر از کترود به حوضچه مذاب از مسیر خارج شده و به حوضچه نمی‌رسد یعنی یا نیروهایی در اطراف باعث می‌شود که قطرات مذاب از سر الکترود منحرف شود و یا این که فعل و انفعالات انفجار گونه‌ای داخل حوضچه مذاب باعث پاشش قطرات مذاب به اطراف می‌شود برخی کمی ریزتر و برخی کمی درشت‌تر. آن دسته از قطراتی که پرواز بیشتری کرده اند وقتی روی سطح می‌رسند سرد شده اند در کار فرو

۴

برای پیشگیری از سرد شدن و ترشح مذاب به اطراف باید از جوشکاری با سرعت مناسب استفاده کرد

نمی‌روند و راحت‌تر پاک می‌شوند اما آنهایی که در فاصله نزدیک‌تری به سطح می‌رسند چون هنوز حرارت کفّی را دارند حتی می‌توانند سطح را هم ذوب کنند و در کار فرو روند. به سختی از سطح کار جدا می‌شوند. اما نحوی تشخیص این عیب خیلی راحت است و نیازی به تست خاصی ندارد تنها با تست V.T قابل تشخیص است. معمولاً بازرس با نگاه کردن به سطح نسبتی می‌گوید که در سطح پاشش زیاد است یا نه. البته برای کارهای تحقیقاتی یک سری تست‌های کمی هم هست اما برای بقیه موارد کاربردی ندارد و کاملاً نسبی است. و اما عوارض این عیب در درجه اول سوختن و دست و لباس جوشکار است عارضه بعدی تلف شدن مقداری کار و انرژی یعنی مقداری از ماده که باید در لایه درز جوش ریخته می‌شد تلف می‌شود و به اطراف پراکنده می‌شود بنابراین از نظر اقتصادی هم مطرح می‌شود چون برمی‌همه این موادی که تلف می‌شود برق و انرژی مصرف شده تا به حالت مذاب برسد در عین حال زشت شدن سطح کار را هم داریم به خصوص برای مواردی که بعد می‌خواهیم بر روی آن رنگ بزنیم این عیب بسیار دیده می‌شود برای مثال در جوشکاری لولای درپژو به بدنه که در این جا این عیب بسیار مهم است و حتی برای این عیب معیاری هم در نظر گرفته شده است که از یک حدی بیشتر باشد قابل قبول نیست چون ریگ را بر روی قطعه خراب می‌کند و حتی گاهی لازم است که نمونه را سنگ بزنند و این عیب را از روی سطح پاک کنند که همین سنگ شدن و فرز شدن هم خود اتلاف انرژی و وقت است اما از همه این موارد جدی‌تر جاهایی است که ما بر روی فولادهایی جوشکاری می‌کنیم که Hardenable یا سختی پذیر است یعنی کربن معادل بالایی دارد در این حالت وقتی این جرقه‌ها بر روی نمونه می‌افتد با توجه به این که این قطره‌های حرارت بالایی هم دارد حتی اگر سرد هم شده باشد این احتمال وجود دارد که بر روی قطعه ما ترک‌های مویی ریزی را بوجود آورد اما این ترک می‌تواند بعداً در شرایط کاری وقتی تحت تنش قرار گیرد برای ما شرایط مناسب شکست را ایجاد کند که در این حالت حتی اگر ما سطح کار را سنگ بزنیم و تمیز کنیم چون ترک در این منطقه ایجاد شده باز هم این عیب بر طرف نمی‌شود چون جوانه ترکیدگی بر روی سطح کار باقی مانده است. عموماً در مواجهه با این نوع شکست ما با مشکل روبه‌رو می‌شویم چون در جایی دور از منطقه جوش و اطراف جوش این شکست را داریم که برای ما غیر منتظره است. البته نکته مثبتی که است این است که بیشتر فولادها و آلیاژی که با آن کار می‌کنیم سختی پذیر نیستند و بسیاری از فولادهای ساختمانی چون در بین بتن قرار می‌گیرد این عیب مشکل‌زا نیست و تنها مشکلی که ایجاد می‌کند برای جوشکار است. اما نحوه تعمیر یا بازسازی آن این است که این مناطق را باید سنگ بزنیم و مناطقی را که احساس می‌کنیم احتمال ایجاد جوانه ترک هم بوده بهتر است این سنگ زدن را ادامه دهیم تا حتی کمی گود شود و جوانه ترک هم حذف شود. در مورد کارهای خیلی حساس حتی پیشنهاد یک تست P.T هم داده می‌شود تا مطمئن شویم در این قسمت دیگر ریشه ترکی وجود ندارد. اما مهم‌تر از همه این موارد این است که بستیم در چه مواردی این عیب به وجود می‌آید که اگر این عامل‌ها را بدانیم حتی در مواردی که این عیب برمی‌ماند ما خیلی اهمیت دارد با زا بین بردن این عوامل از این عیب جلوگیری کنیم. دلایلی که برای این عیب می‌توانیم نام ببریم یکی نوع فرآیند است مسلماً به راحتی می‌توان گفت جوش CO_2 بیشتر پاشش دارد نسبت به جوش TIG یا جوش با الکتروود دستی بیشتر از جوش زیر پودری پاشش دارد.

علاوه بر نوع فرآیند این که در فرآیند از چه مواد مصرفی استفاده شود یا متغیرهای به چه صورت تنظیم شوند هم می‌تواند تاثیر گذار باشد. برای مثال در جوشکاری با الکتروود دستی نوع الکتروود می‌تواند بر روی میزان پاشش تاثیر گذارد و حتی یکی از تلاش‌های سازنده های الکتروود این است که الکتروود پاشش کمتری داشته باشد. الکتروودی که فاسد باشد یا چرب و مرطوب شده باشد پاشش بیشتری دارد. میزان آمپر خود می‌تواند موثر باشد ما در آمپرهای کم پاشش داریم در آمپرهای بالا هم پاشش داریم که البته تفاوت اینها در این است که در آمپرهای بالا پاشش های ما ریزتر است و همراه با صدا هم هست. یکی دیگر از عوامل را می‌توان کیفیت بودن سطح کار بیان کرد برای مثال سطحی که چرب باشد یا بر روی آن زنگ زدگی یا رنگ وجود داشته باشد هر یک از این ها می‌تواند پاشش را ایجاد کند. البته نوع جریان، برق ورودی دستگاه این ها هم می‌توانند به صورت غیر مستقیم بر روی پاشش تاثیر گذارند زیرا بر روی نرم بودن قوس تاثیر دارند به طور کلی عواملی که باعث می‌شد ما قوس نرم‌تری را داشته باشیم پاشش کمتری را هم به دنبال دارد. باید توجه داشت که عموماً این عوامل قابل کنترل است و می‌توان با تغییر آنها پاشش را کنترل کرد. یکی از عواملی که خیلی با آن روبه‌رو هستیم وجود ناخالصی در گاز CO_2 در جوش CO_2 است یا حتی نوع گاز محافظ در MIG.

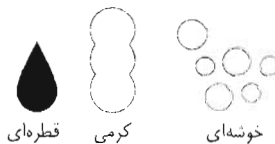
جوشکاری با گاز محافظ

عیوب در جوش:

۱- ترشح (جرقه)

۲- تخلخل (خلل و فرج، حفره‌های گازی) (*Porosity, Gas hole, ...*):

ماهیت این عیب به صورت حباب‌های گازی است که در ضمن انجماد در داخل جوش محبوس می‌شوند و یا اینکه این حباب‌ها در آخرین لحظه بیرون می‌آیند و دیگر ذوبی وجود ندارد که جای آن را پر کند. این تخلخل‌ها به صورت‌های مختلفی از قبیل قطره، کرمی شکل و یا خوشه‌ای هستند.



اگر این تخلخل‌ها در سرتاسر جوش دیده شوند آنها را هموزن و اگر تنها در یک قسمت وجود داشته باشد به آن هموزن گفته می‌شود. در برخی موارد در هنگام بیرون آمدن حباب حوضچه مذاب سرد می‌شود که در این حالت یک شکل قله مانند بر روی خط جوش ظاهر می‌شود. روش تشخیص این عیب به حساسیت جایی بستگی دارد که می‌خواهیم قطعه را در آنجا به کار بریم. در برخی جاها می‌توان آن را به صورت *Visually* نگاه کرد و در صورتیکه سطح جوش به صورت سوراخ سوراخ یا کرمی نیست می‌توان آن را قبول کرد. در مخازن جدار نازک بحث *Leakage* مطرح است و اگر حباب‌های وجود داشته باشد که از داخل به بیرون راه داشته باشند باعث نشتی می‌شوند که در این صورت دیگر نمی‌توان آن را با نگاه کردن قبول یا رد کرد بلکه باید از آب صابون برای پیدا کردن این موارد استفاده کرد. در مواردی که حساسیت کار بیشتر است دیگر نمی‌توان به این دو حفره اعتماد کرد و باید درون خود جوش را نیز مشاهده کرد. بدین منظور از روش‌های *RT*، *UT* و *MT* استفاده می‌شود. در برخی کارهای تحقیقاتی باید به حباب‌های بسیار ریز میکروسکوپی نیز پی برد. در این موارد دیگر نمی‌توان از روش‌های غیر مخرب استفاده کرد و باید از روش‌های مخرب استفاده کرد مانند بررسی سطح شکست.

✓عوارض عیب:

- جوشی که دارای مقدار زیادی حباب داشته باشد مشکل *leakage* دارد.
- خواص مکانیکی: درست است که حباب حالت گرد دارد و به صورت شارپ و کشیده نیست اما به هر حال می‌تواند تأثیر بسزایی بر روی خواص مکانیکی داشته باشد.
- خواص فیزیکی: وجود حباب در جوش باعث اختلال در جریان الکتریکی می‌شود. در اصل این حباب‌ها باعث بالا رفتن مقاومت الکتریکی می‌شود.

1- UT: Ultra Sonic Test / RT: Radiography Test / MT: Magnetic Particle Test

- خواص خوردگی: وجود حبابها بر روی خواص خوردگی به صورت غیر مستقیم تأثیر می گذارند. وجود این حبابها بر روی سطح جوش علاوه بر بالا بردن سطح تماس با الکترولیت می تواند سبب ایجاد پیل اختلاف دمشی در آن قسمت ها شود و خوردگی را تشدید کند.

✓ بازسازی عیب:

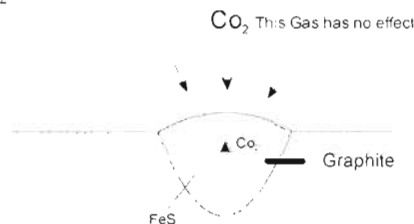
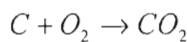
در مواردیکه تعداد و قطر این حبابها از حد مجاز بیشتر است باید این حبابها را با سنگ زدن از بین ببریم و سپس جوش را بشکافیم و مجدداً عمل جوشکاری و بازرسی را انجام دهیم.

✓ علل به وجود آمدن تخلخل:

اولین سؤالی که ممکن است پیش آید این است که این تخلخلها محصول جوشکاری ذوبی است و یا خیر؟ جواب مثبت است و ما در جوشکاری حالت جامد چنین حالتی را نداریم و تنها در *Fusion Welding* این حالت را داریم.

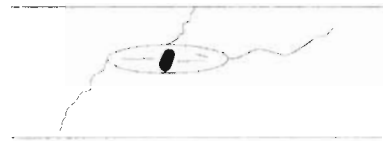
ابتدا باید دید که چه گازهای در مذاب می توانند به شکل حباب در آیند و این مشکلات را ایجاد کنند. گازهایی که ما در ضمن عملیات جوشکاری برای حباب سازی می شناسیم عبارتند از:

- رطوبت: این رطوبت می تواند از پوشش الکتروود، پودر جوش، گاز محافظ و یا اتمسفر شرحی وارد حوضچه مذاب شود.
- هیدروژن: هیدروژن از طریق تجزیه رطوبت، چربی ها و دیگر آلودگی ها می تواند وارد جوش شود و حباب به وجود آورد. هیدروژن داخل مذاب هم به صورت مولکول هیدروژن و هم به صورت اتمی وجود دارد و می تواند به داخل مناطق اطراف جوش نفوذ کند و باعث تردی هیدروژن شود.
- ازت: این گاز عمدتاً از هوا می آید و علت آن عدم محافظت صحیح از حوضچه مذاب است. این ازت به مقداری حل فیزیکی می شود و در هنگام سرد شدن مذاب حد اشباع آن کم می شود و وقتی *Reject* می شود بخشی از آن به بیرون می آید و بخش دیگر به صورت حباب درون مذاب باقی می ماند.
- CO_2 : این گاز معمولاً در جوشکاری چدن ها از سوختن گرافیت تولید می شود. دقت شود که CO_2 مورد استفاده برای محافظت در داخل مذاب حل نمی شود که بعد یک مقدار از آن داخل جوش باقی بماند. اکسیژن لازم برای سوختن گرافیت یا از هوا و یک از دیگر ترکیبات اکسیدی داخل چدن می تواند تأمین شود.



- SO_2 ، SH_2 و P_2O_5 : دو مورد اول از سوختن سولفیدها در فولادهای پست به وجود می‌آید. همانطور که می‌دانیم یکی از ناخالصی‌های متداول در فولادها گوگرد (FeS)، MnS و ... است که اکثراً به صورت *Segregation* وجود دارد. اگر در داخل *Base Metal* مقداری سولفید وجود داشته باشد به داخل حوضچه مذاب می‌آید و با واکنش با اکسیژن و هیدروژن تشکیل SO_2 و SH_2 می‌دهد. این گازها نیز می‌توانند سبب ایجاد حباب و تخلخل در جوش شوند.
- بخارات فلزی: مانند Zn ، Sn ، Pb ... به عنوان مثال هنگام جوشکاری ورق گالوانیزه به علت وجود روی بحث تخلخل بسیار جدی است. در این ورق‌ها بخشی از روی به صورت اکسید تبدیل می‌شود که مشکلی برای ما ایجاد نمی‌کند ولی بخش دیگر به صورت بخار در می‌آید که سبب ایجاد تخلخل می‌شود. همچنین در جوشکاری برنج (آلیاژ مس-روی) اولین مشکل آن تخلخل است. بخارات روی و محبوس شدن این بخارات داخل جوش سبب این تخلخل می‌شود.

دما خوب این فلزها
باز این است بخار



۳- ناخالصی‌های محبوس شده (آخال):

این ناخالصی‌ها بر دو نوع هستند: ۱- فلزی ۲- غیر فلزی
از نمونه ناخالصی‌ها فلزی تنگستن و مس است که در اینجا به این نوع آخال‌ها نمی‌پردازیم.
در بازرسی‌ها بیشتر از به دسته دوم توجه می‌شود که منظور از آخال‌ها بیشتر همین دسته است. نمونه‌های معروف این آخال‌ها عبارت است از: اکسیدها، سیلیکات‌ها، سولفیدها و یا کمپلکس‌های این موارد هستند. این آخال‌ها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

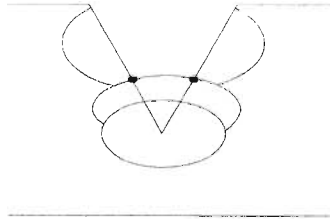
- ریز و کرومی که قطر آنها در محدوده $5-50 \mu$ است.
 - تیکه‌ای و درشت: که امکان دارد ابعاد آنها به چند cm هم برسد. این آخال‌ها را در اصطلاح *Slag inclusion* و یا *Slag Interruption* می‌نامند.
- به طور معمول و در کارهای صنعتی آخال‌های ریز و کرومی اهمیت چندانی ندارند و تنها در کارهای تحقیقاتی مورد توجه هستند. برای تشخیص این نوع آخال‌ها نیز تنها می‌توان از روش‌های DT استفاده کرد اما برای تشخیص آخال‌های درشت می‌توان از روش‌های $N.D.T$ استفاده کرد.
- عوارض این عیب: مسلماً جوشی که یک تکه گل جوش داخل آن باشد بر روی خواص مکانیکی آن جوش تأثیر منفی می‌گذارد به ویژه بر روی *Ductility*.

آخال‌های ریز و کرومی + DT
آخال‌های درشت و تیکه‌ای + NDT

این ناخالصی‌ها بر روی مقاومت الکتریکی نیز تأثیر گذاشته و آن را افزایش می‌دهند. همچنین این ناخالصی‌ها خود می‌توانند سبب جذب رطوبت و خوردگی شوند.

✓ علل به وجود آمدن عیب:

- عدم تمیز کردن سرباره بین پاس‌ها جوش: در نتیجه این عیب بین جوشکاری‌های با الکتروود دستی، زیر پودری و *Cored Wire* بسیار متداول است اما در فرآیندهای *TIG/MIG* بسیار کمتر است.

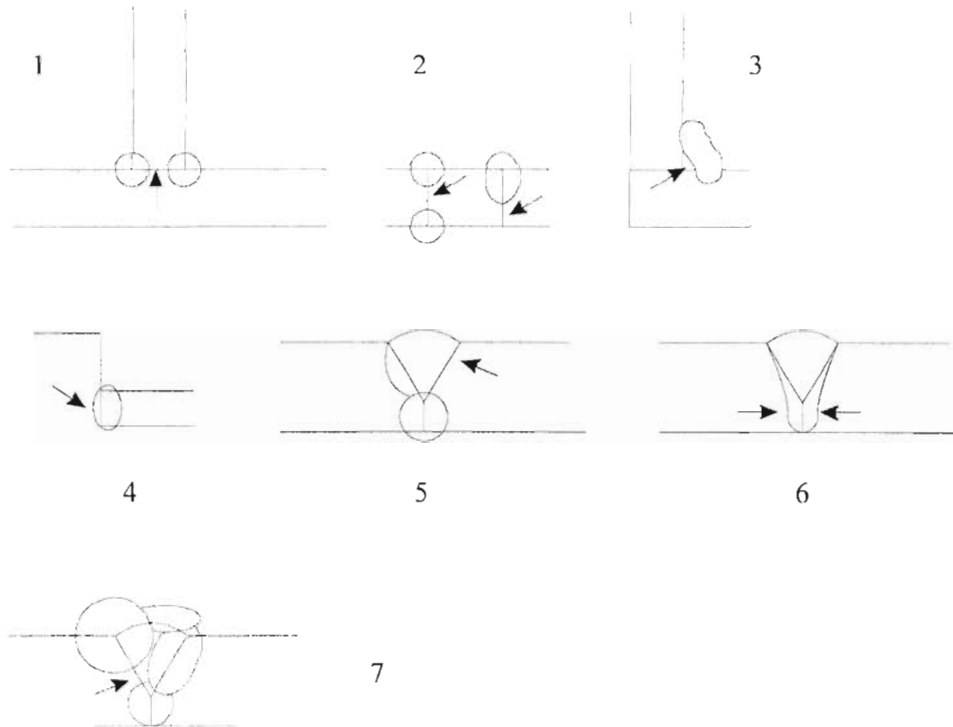


- عدم تمیز کردن لبه‌های کار قبل از جوشکاری: در بسیاری موارد ما لبه‌های جوش را با شعله بریده‌ایم. این بریدن به معنای اکسید کردن است. در حین جوشکاری امکان دارد مقداری از این اکسیدها ذوب شوند و به بیرون آیند اما بخش اعظم آنها در درون ذوب به صورت جامد باقی می‌مانند و تولید آخال می‌کنند.
- عدم مهارت جوشکار به ویژه در جوشکاری‌های غیر تخت (*Out of Position*) به خصوص در کار با الکتروود دستی.
- الکتروود فاسد (پوشش شکسته): در ضمن جوشکاری باید هسته و پوشش به طور متناسب ذوب شوند اما اگر این پوشش دارای ترک باشد و یا شکسته باشد امکان دارد قطعاتی از آن کنده و وارد حوضچه مذاب شوند. بخشی از این تکه‌ها ممکن است ذوب شوند و بالا بیایند. بخشی دیگر از آن در درون مذاب باقی می‌مانند.
- محل‌های تعویض الکتروود: اگر در این قسمت‌ها جوشکاری را به درستی شروع نکنیم به این عیب بر می‌خوریم (*Back Step*).

سؤال: آیا نوع پوشش الکتروود نیز در به وجود آمدن این عیب سهیم است یا خیر؟ بلی. زیرا همانطور که در فرآیندها گفته شد برخی از این پوشش‌ها طوری هستند که سرباره به سرعت جدا می‌شود و به روی جوش می‌آید و به راحتی نیز از آن جدا می‌شود ولی سرباره برخی دیگر ممکن است بسیار سفت باشد و برای کندن آن مجبور باشیم به آن چکش بزنیم. همچنین در مورد الکتروودهای سلولزی چون سرباره آنها بسیار نازک است اگر حتی در داخل جوش هم گیر کند در پاس بعدی به سرعت ذوب می‌شود و بیرون می‌آید. مورد دیگر زاویه پخ است زیرا هر چه این زاویه کوچکتر باشد تمیز کردن آن سخت‌تر است و احتمال گیر کردن سرباره در آن بیشتر.

پوشش الکتروود خراب است
سرباره سفت است
سرباره نازک است
سرباره نازک است
در پاس بعدی سریع ذوب می‌شود و بیرون می‌آید

۴- ذوب یا نفوذ ناقص (*Lack of Penetration, Lack of Fusion, Incomplete Fusion*):



۱- *Lack of Fusion* ۲- *Lack of Root Fusion* ۳- *Under Cut*

۴- ذوب ناقص دیواره‌ای (دیواره خوب ذوب نشده است) ۵و ۶- ذوب بیرون زده است ولی دیواره‌ها خوب ذوب نشده‌اند
 ۷- ذوب ناقص بین پاسی (*Side Wall Fusion*) (مجبور هستیم دیواره بشکافیم و مجدداً عمل جوش را انجام دهیم).

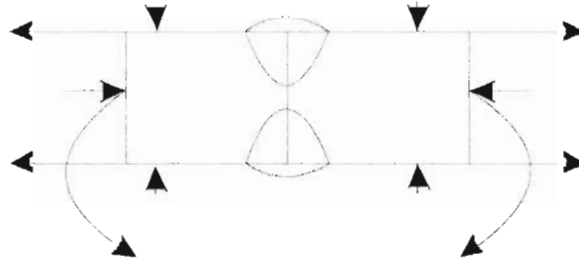
✓ نحوه تشخیص این عیوب:

برای تشخیص این عیوب عموماً از روش‌های *N.D.T* استفاده می‌شود. در برخی حالات مانند حالت ۲ اگر دسترسی به پشت جوش داشته باشیم به راحتی و به روش *V.T.* می‌توان عیب را تشخیص داد. اما در برخی حالات مانند مورد ۳ و ۴ تنها مجبور هستیم بر روی آن تست مخرب انجام دهیم تا میزان نفوذ ذوب را تشخیص دهیم که روش متداول آن *Macrography* است که سطح مقطع جوش را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

✓ عوارض عیب:

در این بحث نوع تنش اعمالی بسیار مهم است و در اصل این تنش است که تعیین می‌کند جوش داده شده مورد قبول است و می‌توان آن را پذیرفت و یا خیر. به عنوان مثال در شکل زیر اگر قطعه تحت تنش فشاری قرار گیرد مسلماً هیچ مشکلی رخ نمی‌دهد. همچنین اگر تحت نیروهای خمشی قرار گیرد چون منطقه‌ای که ذوب نشده است تقریباً منطبق بر محور خشی است تنش را احساس نمی‌کند و قطعه به مشکل برخورد

نمی‌کند اما اگر قطعه تحت تنش کششی سیکلی قرار گیرد حتماً شکسته می‌شود. زیرا این موضع می‌تواند مانند موضع تمرکز تنش عمل کند.

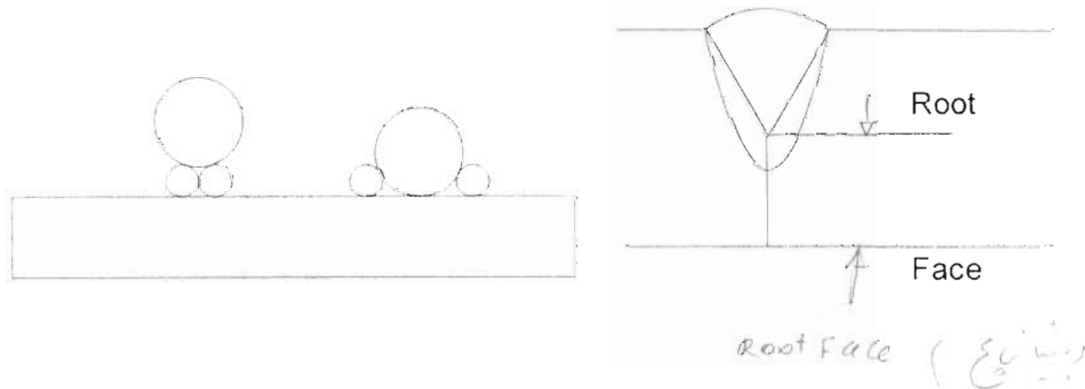


اگر این عیب در سرتاسر جوش وجود داشته باشد برای بازسازی آن مجبور هستیم کل جوش را بشکافیم و مجدداً آن را جوش دهیم. همچنین اگر جوش در یک پاس داده شده است می‌توان برای رفع آن از پشت جوش مجدداً جوشکاری کرد تا نفوذ به طور کامل انجام شود (شکل ۶) اما اگر همانند شکل ۷ در چند پاس جوشکاری را انجام داده باشیم باید کل جوش را بشکافیم و مجدداً جوش دهیم.

باید پاس را از طرف دیگر جوشکاری کرد
باید پاس را از طرف دیگر جوشکاری کرد

علل به وجود آمدن عیب:

علل مختلفی را برای به وجود آمدن این عیب بر حسب محل، نوع فرآیند و ... جوشکاری می‌توان نام برد. به عنوان مثال در جایی که نفوذ ناقص ریشه‌ای است یکی از دلایل می‌تواند نوع فرآیند باشد. مثلاً در جوشکاری یک ورق ضخیم نمی‌توان از الکتروود دستی استفاده کرد حتی اگر میزان آمپر و قطر الکتروود را هم زیاد بگیریم مگر در حالتی که آن را یخ سازی کنیم. اما همین ورق را با فرآیند جوشکاری زیر پودری می‌توان جوشکاری کرد. پس هر چه آمپر بیشتر باشد نیروی پلازما جت بیشتر و بالطبع عمق نفوذ نیز بیشتر است. همچنین هر چه سرعت جوشکاری بیشتر باشد نفوذ نیز بیشتر است. یکی دیگر از عوامل به وجود آمدن این عیب می‌تواند یخ سازی نادرست باشد.



در قسمتی که ...

در قسمتی که ...

اگر فاصله بین *Face* و *Root* (پاشنه یا پیشانی پخ) بیش از اندازه زیاد باشد احتمال به وجود آمدن این عیب وجود دارد.

در مورد شکل سوم دلیل اینکه دیواره‌ها به صورت نامتقارن ذوب شده‌اند می‌تواند این باشد که الکتروُد به صورت متقارن گرفته نشده است و یا الکتروُد به صورت متقارن قرار گرفته است (موازی خط 45°) ولی مکان آن مناسب نبوده است.

در شکل ۴ دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت را داریم که به صورت نامتقارن ذوب شده‌اند. دلیل این است که قطعه ضخیم‌تر قدرت *Heat Sink Effect* (قدرت جذب حرارت) بالاتری نسبت به قطعه نازک‌تر دارد و نتوانسته است به اندازه کافی ذوب شود ولی قطعه نازک‌تر به سرعت ذوب شده. حال اگر بخواهیم مقدار آمپر را بالاتر ببریم تا قطعه ضخیم نیز ذوب شود، ذوب از زیر قطعه پایین‌تر می‌ریزد و اگر آمپر هم پایین باشد که قطعه ضخیم‌تر ذوب نمی‌شود. برای حل چنین مشکلی چندین راه حل وجود دارد:

- قطعه ضخیم‌تر را تا حدود $200-300$ درجه پیش گرم کنیم که باعث می‌شود قدرت جذب حرارت آن کاهش یابد و ذوب مناسب را داشته باشیم.
- عکس عمل فوق را انجام دهیم یعنی قطعه نازک‌تر را سرد کنیم. بدین منظور از یک بلوک مسی استفاده می‌کنیم بدین ترتیب که یک قطعه مسی را پشت آن قرار می‌دهیم و پس از آن آمپر را بالا می‌بریم در نتیجه قطعه ضخیم‌تر ذوب می‌شود ولی قطعه نازک‌تر حرارت خود را به بلوک مسی می‌دهد و کمتر ذوب می‌شود.
- در صورت امکان طرح را یک مقدار تغییر دهیم.
- اگر اختلاف ضخامت دو قطعه کم است می‌توان مشعل یا الکتروُد را طوری نگاه داشت که حرارت کمتری به قطعه نازک‌تر برسد.

در مورد شکل ۶ الکتروُد کلفت بوده است که باعث سریع ذوب شدن و نفوذ آن تا پایین است ولی دیواره‌ها فرصت کافی برای ذوب شدن نداشته‌اند. در صورتیکه اگر الکتروُد را نازک انتخاب می‌کردیم دیواره‌ها نیز فرصت برای ذوب شدن پیدا می‌کردند.
از دیگر علل به وجود آمدن این عیب می‌تواند دمای قطعه نیز باشد.

۵- *Under Cut* (بریدگی یا سوختگی کنار جوش) و پر نشدن جوش (*Lack of filling*):

شکل شماره ۳ نمونه‌ای از *Under cut* است و شکل شماره ۱ نمونه‌ای از *Lack of filling*.
ظاهر، عوارض و بازسازی این دو عیب همانند هم است و تنها علل به وجود آمدن آنها با یکدیگر متفاوت است. تشخیص این دو عیب با *V.T.* به راحتی میسر است. این عیوب از سری عیوبی است که می‌توان برایشان حد مجاز تعیین کرد.

✓ **عوارض عیب:** این عیوب در برخی موارد می‌توانند موضع تمرکز تنش قرار گیرند و در برخی موارد می‌توان از آن چشمپوشی کرد. در مواردی همانند شکل که طول قطعه نسبت به عیب بسیار بزرگ است

می‌توان با یکبار سنگ زدن و گرد کردن عیب را رفع کرد ولی در موارد دیگر پس از سنگزدن حتماً باید با یک الکتروود نازک‌تر قسمت سنگ زده شده را جوش داد.

✓علل:

در مورد *Under Cut* علت اصلی بالا بودن چگالی جریان برق است. در مورد *Lack of filling* یکی از دلایل می‌تواند سرعت بالای جوشکاری باشد که با پایین آوردن آن این عیب می‌تواند رفع شود. همچنین اگر بتوان زاویه دو قطعه را کمی بازتر گرفت این عیب به وجود نمی‌آید. اگر الکتروود را کمی قطورتر در نظر بگیریم پهنای جوش بیشتر می‌شود که می‌تواند مانعی برای به وجود آمدن این عیب باشد. همچنین می‌توان با داشتن یک حرکت زیگزاگی با کمی مکث مانع به وجود آمدن این عیب شد.

عیوب در جوشکاری:

تا اینجا عیوب ترشح، تخلخل، آخال ها، ذوب ناقص و بریدگی را مورد بررسی قرار دادیم یکی دیگر از عیوبی که در جوش متداول است و گاهی ما را با مشکل روبه‌رو می‌کند ترکیدگی است.

۶ **ترکیدگی یا Cracking:** یکی از بحث‌های بسیار جدی و مهم است که از دسته عیوبی است که برای آن حد مجاز یا معیار پذیرش برای آن در جوشکاری تعریف نشده است. ترکیدگی تنها در بحث جوشکاری نیست حتی در ریخته‌گری و عملیات حرارتی هم دیده می‌شود. یکی از عواملی که می‌تواند باعث شکست شود یکی ناشی از Over Load است یعنی اگر به سازه ای بیشتر از حد مجاز آن نیرو وارد کنیم سازه می‌شکند و تقصیر سازنده نیست در مواردی هم شکست می‌تواند ناشی از ضربه حرارتی یا Thermal Shot باشد یا حتی یکی از عواملی که می‌تواند باعث شکست S.C.C. یا شکست خوردگی دانست در این حالت هم شکست ناشی از جوشکاری نیست اما جوشکاری هم می‌تواند عامل شکست باشد که در این موارد یا الکتروود و فیلز متال درست انتخاب نشده باشد یا شرایط پیش گرم پس گرم کردن و به طور کلی سیکل گرم و سرد شدن درست رعایت نشده یا عیوب دیگری در جوش وجود داشته که باعث شکست شده. یکی دیگر از مسائلی که باعث پیچیده شدن ترکیدگی در جوش می‌شود این است که می‌توانیم ترک‌ها را به دو دسته تقسیم کنیم یکی ترکیدگی گرم یا Hot Cracking که در حین جوشکاری در شرایطی جوش هنوز کاملاً سرد نشده است شکست رخ می‌دهد که عموماً همراه با صدا است یعنی در حین تغییر حالت انجماد این شکست را داریم که به این علت به Solidification Cracking هم معروف است و دیگری ترکیدگی سرد یا Cold Cracking است در این حالت بعد از سرد شدن جوش ۲ ساعت، ۲ روز بعد شکست رخ می‌دهد. باید توجه داشت که شکست از زمانی که جوانه ترک در قطعه ایجاد می‌شود تا زمانی که منجر به شکست می‌شود سرعت رشد ترک یک سرعت یکنواخت و خطی نیست. توجه به این نکته هم ضروری است که تا زمانی می‌توان ترک را متوقف کرد اما اگر از یک حد معینی عبور کند دیگر نمی‌توان آن را تعمیر کرد و ترک رشد می‌کند تا منجر به شکست شود. بنابراین می‌توان شکست را به سه بخش تقسیم کرد اول شروع جوانه ترکیدگی و عموماً به این‌ها ترکهای میکروسکوپی گفته می‌شود یعنی تنها با استفاده از میکروسکوپ می‌توان آنها را دید و ممکن است تعداد زیادی از این ترک‌ها در سیستم موجود باشد اما قطعه سالها در آن شرایط کاری سرویس دهد چون در یک شرایط خاصی این ترک‌ها به هم می‌پیوندند و مرحله دوم که گسترش ترکیدگی است را ایجاد می‌کند که در این مرحله سرعت پیشرفت ترکیدگی بسیار کم است و به شرایط بستگی دارد یعنی اگر در انتهای ترک سوراخی بزنی ترک امکان دارد متوقف شود یا اگر تنش را کم کنیم سرعت رشد ترک کمتر می‌شود اما وقتی به حد معینی می‌رسد وارد مرحله سوم می‌شویم که در این مرحله دیگر سرعت خطی و آرام نیست بلکه با شتاب سرعت تغییر می‌کند در این مرحله سوم است که حتی اگر تنش‌ها را برداریم دیگر ترک متوقف نمی‌شود و ترکیدگی ادامه پیدا می‌کند تا شکست کامل اتفاق افتد. بنابراین از نظر ماهیت عیب این ترک گاهی در حین جوشکاری و گاهی بعد از سرد شدن

۵.۱ (submicroscopic crack) سرعت کمتر رشد
 سرعت بیشتر رشد
 ترک است که می‌توان در (عینین متر بر ثانیه)

جوش اتفاق می‌افتد. ترک می‌تواند در مواضع مختلف جوش اتفاق افتد که آنها را با پیشوندها و پسوندهایی از هم تفکیک می‌کنند برای مثال:

- i. دقیقا در وسط جوش به صورت طولی ترک می‌خورد که تحت عنوان ترکیدگی میانی جوش یا ترکیدگی طولی در جوش یا Center Line Cracking نام می‌برند.
- ii. در این حالت عرضی در جوش ترک می‌خورد که به آن ترکیدگی عرضی در جوش یا Transverse Weld Metal Cracking گویند.
- iii. ترکیدگی دیگر ترکیدگی طولی در منطقه مجاور جوش یا Longitudinal H.A.Z Cracking است.
- iv. ترکیدگی عرضی در منطقه مجاور جوش هم داریم Transverse H.A.Z Cracking یا ترکیدگی عرضی در جوش. خیلی از مواقع دو حالت ۲ و ۴ به هم متصل می‌شود.
- v. این ترکیدگی با ترکیدگی شماره ۳ متفاوت است چون در این حالت کاملا از کنار جوش حرکت ترک ادامه پیدا کرده است و به آن ترکیدگی خط ذوب یا Fusion Line Cracking گویند.
- vi. ایت ترک از گوشه جوش آغاز می‌شود که به آن ترکیدگی گوشه‌ای یا Toe Cracking گویند.
- vii. ترکیدگی ریشه‌ای یا Root Cracking نوع دیگری است که گاهی اوقات به ترک نوع ۱ متصل می‌شود و کاملا جوش را به دو نیم تقسیم می‌کند.
- viii. ترک دیگر در حفره انتهایی جوش است که به آن ترکیدگی حفره انتهایی جوش یا ترکیدگی ستاره‌ای یا Crater Cracking می‌گویند.

Center line -1

Transverse WM -2

Longitudinal HAZ -3

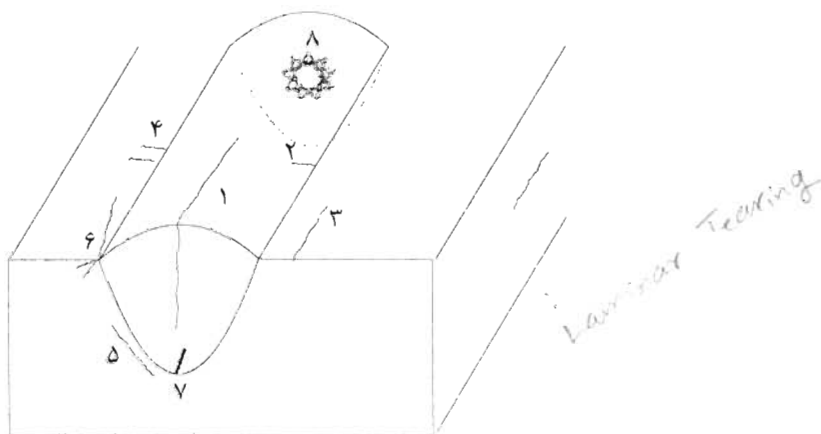
Transverse HAZ -4

Fusion Line -5

Toe -6

Root -7

Crater -8



یک حالت دیگر هم هست که جز ترکیدگی‌ها محسوب نمی‌شود اما باید به آن هم توجه داشت که به آن تورق یا ورقه شدن یا Laminar Tearing می‌گویند که در این حالت در ضخامت ورق این حالت را می‌بینیم. آنچه برای ما در این جا اهمیت دارد این است که کدام یک از این ترکیدگی‌ها ترک سرد و کدام ترک گرم است؟ معمولا ترکیدگی گرم داخل جوش است و ترکیدگی سرد در H.A.Z است البته حالت‌های بینابین هم وجود دارد برای مثال ترک نوع ۱ حتما ترکیدگی گرم است و نوع ۳ حتما ترکیدگی سرد است اما ترک نوع ۶ هم می‌تواند



سرد باشد و هم گرم. یکی دیگر از مشخصات ترک گرم یا ترک سرد مسیری است که ترک طی می کند و مطالعه سطح شکست است. مسیری که ترک گرم دنبال می کند عموماً از مرز دانه های است یا به بیانی کنگره ای است اما ترکیب سرد متفاوت است و یک حالت پله ای یا زیگزاگی را دارد یعنی در یک قسمتی از مرز دانه های عبور می کند و بعد از یک تعدادی از دانه های عبور می کند. سطح شکست را وقتی بررسی می کنیم یکی حالت صخره ای را دارد و یکی کاملاً شکل حفره هایی که روی سطح شکست وجود دارد دیده می شود. یا اسنکه سطح ترکیب گرم عمدتاً اکسیدی است و در مقابل سطح ترکیب سرد براق و شفاف است. این مورد که ترک ما سرد است یا گرم برای ما اهمیت دارد زیرا عوامل و عللی که ترک گرم یا سرد را ایجاد می کند متفاوت است. بعد از این که ماهیت عیب را بررسی کردیم نحوه تشخیص آن را بررسی می کنیم. ترکیب باز از آن دسته از عیوبی است که بسته به حساسیت کار و اهمیت قطعه روش های مختلفی را برای تشخیص آن پیشنهاد می کنند ساده ترین حالتی که می توان با آن عیوب را تشخیص داد V.T است اما در مواردی که قطعه اهمیت بیشتری دارد P.T پیشنهاد می شود که با آن ترک های بسیار ریز را هم می توان تشخیص داد. در باره خیلی از مخازن با توجه به نوع کاری قطعه کار همان تست نشت یابی کفایت می کند. اما در کار های حساس تر دیگر نمی توانیم به این تست های کفایت کنیم برای مثال یک قطعه به ضخامت 4cm را جوش داده ایم و می خواهیم ببینیم در داخل آن هم ترکی وجود نداشته باشد در این حالت است که از تست های غیر مخرب استفاده می کنیم و البته با دقت بیشتری برای مثال تست اولتراسونیک وقتی استفاده می کنیم باید در دو جهت اشعه را بتابانیم که در هیچ یک از دو جهت ترکی وجود نداشته باشد. اما اگر ترکی که می بینیم در مرحله اول باشد یا در شروع مرحله دوم باشد در این حالت دیگر تست های غیر مخرب هم نمی تواند کمک کند بلکه باید از تست های مخرب استفاده کرد مثل تست شارپی.

در ارتباط با عوارض این عیب کاملاً واضح است که قطعه ای که جوش دادیم و این عیب در آن وجود دارد در این حالت دیگر نمی تواند در شرایط تحت تنش های کششی به خوبی جوابگو باشد در این حالت است که ترک در هر جهت و هر قسمتی که باشد تحت تنش که قرار می گیرد و در این محل ها تمرکز تنش ایجاد می شود و در نهایت شکست را به دنبال دارد. ترک در عین حال می تواند خوردگی را هم تشدید کند. به همین صورت روی خواص فیزیکی مثل انتقال حرارت یا هدایت الکتریکی تاثیر منفی دارد.

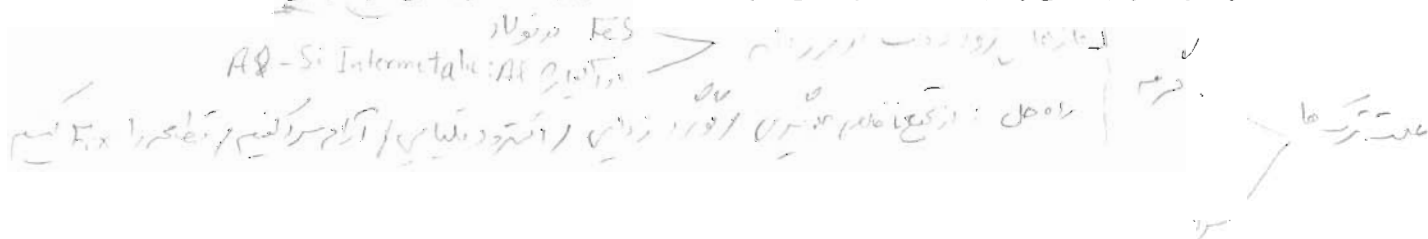
در ارتباط با تعمیر ترکیب باز نکاتی است که عموماً رعایت نمی شود. برای مثال تصور کنید که ترکی به شکل زیر داریم که دهانه آن باز شده و تا حدی هم عمق پیدا کرده است در این حالت برای باز سازی آن یا خود محدوده ترک را جوش می دهند و یا اینکه مقداری ترک را می شکافند و دیواره های آن را سنگ می زنند و بعد به ظاهر دیگر ترکی هم نیست در صورتی که هنوز ریشه ترک وجود دارد و بعد روی این محدوده را جوش می دهند. در این حالت است که اگر ما ترک را باز سازی نکنیم بهتر است زیرا با این روش خود جوشی که می دهیم چون یک بار انقباض و انبساط را ایجاد می کند و هنوز ریشه ترک هم وجود دارد باز باعث اشاعه ترک می شود. اما روش صحیحی که برای باز سازی ترک پیشنهاد می شود این است که اگر ما حتی بخواهیم از انتهای ترک هم جوشکاری را شروع کنیم باز به علت حرارتی که وارد می شود در این حالت ما اشاعه ترک را داریم برای باز سازی ترک اولین کاری که ما باید بکنیم این است که جلوی اشاعه شاخه های ترک را بگیریم برای مثال با زدن یک سوراخ در انتهای ترکیب و بعد ترکیب را با یک زاویه پخ مناسب و تا عمق ترکیب با سنگ زدن بشکافیم و



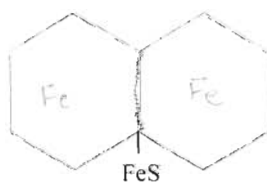
باز در انتهای عمقی که شکافتیم را تست کنیم که اگر ترک باز هم ادامه داشته باز هم شکافتن را عمیق تر کنیم و بعد زمانی که مطمئن شدیم دیگر ترکیدگی وجود ندارد شروع به جوشکاری کنیم. باید توجه داشت که با این استدلال که اگر عمق ترک ما 10cm است و نفوذ جوش ما 4cm نمی توانیم مقدار کمتری ترک را بشکافیم چون در همان پاس اول با گرم شدن و جوشکاری انتهای ترک که باقی گذاشتین اشاعه پیدا می کند و از مقدار نفوذ ما بیشتر می شود. حتی با در نظر گرفتن تمامی این شرایط شکافتن مورد دیگری که پیشنهاد می شود این است که ما در یک مسیر جوشکاری نکنیم و با تغییر مسیر دادن ها مقدار تنش پسماندی که در قطعه داریم را کم کنیم. البته تکنیک های دیگری هم هست برای مثال چیزی که متداول است گفته می شود این است که ترک را می دوزند که برای این کار ترکی که وجود دارد را سوراخ می کنند و در آن پیچ مسی وارد می کنند و آن کار را ادامه می دهند و به این صورت چون جنس پیچ ها هم مسی است در دمای بالای سرویس چون انبساط حرارتی مس بیشتر است در هم فیت می شوند و با هم دوخته می شوند.



اما علل به وجود آمدن این عیب علل بسیاری بیان شده است که برای آلیاژهای مختلف یا فلزات مختلف مقداری با هم متفاوت است یعنی برخی از علل هست که برای مثال ما تنها در آلیاژهای مس یا فقط در آلیاژهای نیکل دیده می شود. اما به صورت کلی عللی که برای ترکیدگی سرد وجود دارد با عللی که برای ترکیدگی گرم وجود دارد متفاوت است. در ترکیدگی گرم وقتی دیده می شود که مسیر شکست در مرزدانه های است می توان نتیجه گرفت که مرزدانه ها مشکل دارند پس یا ناخالصی هایی یا ترکیبات بین فلزی که در مرز دانه ها در دمای بالا تجمع می کنند که اینها نقطه ذوب پایین تر و استحکام کمتری نسبت به بقیه قسمت ها دارند برای مثال تصور کنید در مرز دانه FeS تشکیل شود در این جا سولفور آهن یک ناخالصی محسوب می شود که نقطه ذوب آن پایین ۱۰۰۰ درجه است یعنی آهن منجمد شده و مقداری FeS به صورت مذاب در مرز دانه باقی مانده است که همین عمل انجماد و سرد شدن و انقباض تنش ایجاد می کند که این تنش می تواند مرز دانه ای که هنوز مذاب است را از هم جدا کند و ترک ایجاد کند. همین حالت را برای آلیاژ آلومینیوم نیز داریم یک ترکیب بین فلزی آلومینیوم سیلیسیوم است که ایجاد می شود و این حالت را ایجاد می کند. بنابراین برای ترکیدگی گرم راه حلی که وجود دارد این است که ما ناخالصی که در مرزدانه تجمع می کند را با تغییر ماهیت دهیم یا کلا حذف کنیم مثلا در ارتباط با فولاد مشکل ما ایجاد FeS است که برای حذف آن می توانیم گوگردزایی کنیم یعنی با الکترودهای قلیایی جوشکاری را انجام دهیم که سرباره قلیایی آن کار گوگردزایی را برای ما انجام دهد و یا این که FeS را به MnS تبدیل کنیم یعنی مقداری Mn پیش بینی کنیم MnS تولید کند نقطه ذوب بالاتری دارد و لزوما حالت تجمع مرزدانه ای را به خود نمی گیرد و مشکل ترکیدگی را برای ما ایجاد نمی کند. یکی از مواردی که پیشنهاد می شود این است که قطعه را آرام تر سرد کنیم یا آن را با گیره ای فیکس کنیم که در این حالت ما به طور کلی نمی توانیم جلوی ایجاد ترک را بگیریم اما می توانیم تا حدی از ترکیدگی جلوگیری کنیم. اما در ارتباط با ترکیدگی سرد در این جا ما

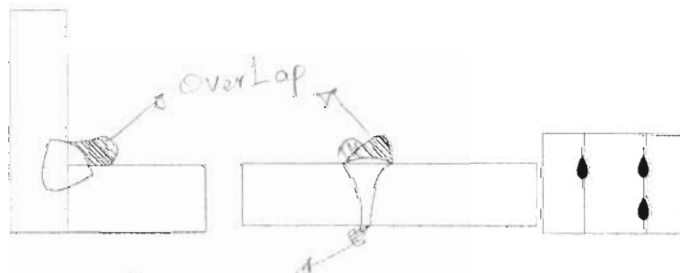


با دماهای پایین سروکار داریم و در آنجا دیگر ترک در دمای پایین رخ می‌دهد یعنی دیگر مشکل ما در مرزدانه‌ها نیست بلکه از درون دانه‌ها شروع می‌شود و ما اشاعه ترک را از درون دانه داریم. در این جا به صورت کلی می‌توان عواملی را که باعث ترک سرد می‌شود را یکی تنش‌ها و مواضع تشدید تنش دیگری ساختار میکروسکوپی ترد و شکننده نظیر مارتنزیت پر کربن در فولادها و در نهایت هیدروژن نام برد. باید توجه داشت که در این جا دیگر منظور ما کل تنش‌ها است برای مثال در ارتباط با فولاد می‌توان به تنش‌های پس‌ماند اولیه، تنش‌های حین سرد شدن و انجماد، تنش‌های تغییر فاز (یعنی تنش‌هایی که به جسم در حین تشکیل و شکل گرفتن مارتنزیت وارد می‌شود) و تنش‌های ضمن سرویس اشاره کرد. مواضع تمرکز تنش هم مشخص است برای مثال یک گوشه تیز داشته باشد یا گرد می‌تواند تاثیر جداگانه‌ای داشته باشد که این بحث طراحی است و حتی در خیلی از موارد حتی در عملیات حرارتی هم گفته می‌شود اگر گوشه کار تیز باشد قطعه می‌شکند و باید حتماً R مشخصی داشته باشد. ساختار میکروسکوپی هم منظور ساختار مارتنزیت است البته باید به این نکته اشاره کرد مارتنزیت کم کربن ترد و شکننده نیست و تنها مارتنزیت پر کربن است که ترد و شکننده است. و آخرین موضوع هیدروژن و تردی هیدروژن است که به طور مختصر می‌توان این گونه بیان کرد که اتم هیدروژن چون بسیار کوچک است می‌تواند نفوذ کند و از منطقه جوش وارد H.A.Z شود و هیدروژنی که جذب منطقه جوش می‌شود به دو صورت بخشی به صورت مولکول H_2 می‌شود و موضوع تخلخل را ایجاد می‌کند و بخشی از هیدروژن که به صورت اتمی است نفوذ می‌کند و در فضاهای باقی مانده در ساختار تجمع می‌کنند و در آنجا به صورت مولکولی تبدیل می‌شوند و فشار بسیار زیادی را به شبکه وارد می‌کنند که همین می‌تواند موجب ترکیدگی و شکست شود. بنابراین پیشنهاد یک سیکل پیش گرم و پس گرم می‌تواند یک راه حل بسیار جدی و مهم باشد چون آرام سرد کردن جوش هم می‌تواند در کمتر کردن تنش‌ها تاثیر داشته باشد و هم می‌تواند تا حدی مانع ایجاد ساختار مارتنزیتی و تنش داخلی شود و همین طور می‌تواند فرصتی برای خروج گاز هیدروژن از داخل شبکه شود. البته باید توجه داشت علاوه بر این که می‌توان سیکل پیش گرم و پس گرم را برای جلوگیری از ترکیدگی سرد مطرح کرد در صورت امکان تغییر جنس قطعه کار مقدار کربن معادل هم بر روی ترکیدگی سرد می‌تواند موثر باشد. در عین حال اگر هرگونه عاملی که هیدروژن را ایجاد می‌کند مثل رطوبت، چربی یا هر چیز دیگر را بر طرف کنیم می‌تواند از ایجاد ترکیدگی سرد جلوگیری کرد.

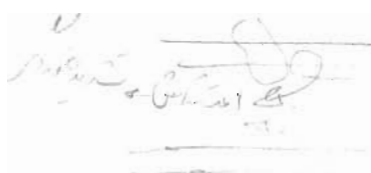
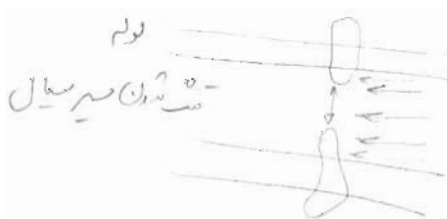


۶- پیچیدگی یا Distortion: چون این مورد به مسئله طراحی مربوط است خیلی در ارتباط با آن بحث نمی‌کنیم تنها این که ما نمونه را صاف کنار هم جوش می‌دهیم ولی بعد از کار می‌بینیم که قطعه ما تاب خورده است.

۷- **ذوب اضافی یا Excessive Fusion و سر رفتن یا Overlap** : این دو نوع عیب را می‌توان در شکل زیر دید. بنابراین ماهیت عیب مشخص است و می‌توان آن را با V.T. تشخیص دارد. البته باید توجه داشت که این عیب تا یک حدی مطلوب و قابل پذیرش است و به تقویت کننده جوش یا Reinforcement of Weld می‌گویند. باز سازی این عیب هم واضح است باید با صرف زمان و هزینه این قسمت های اضافی را برداریم و اگر قطعه حساس است بعد از این که این قسمت ها را برداشتیم چک کنیم که جوانه ترک در آن قسمت ها ایجاد نشده باشد. اما عوارض این عیب یکی زشت کردن ظاهر کار است و هزینه اضافی که یک طرفه موادی شده که دوباره باید هزینه کنیم و آن را برداریم و همین طور وقت اضافی که صرف می‌شود علاوه بر این ها مواضع تمرکز تنشی است که این موارد ایجاد می‌کند و خطرناک است برای مثال گوشه ها یا زوایای تنگی که به وجود می‌آید. عارضه دیگری که با آن روبه‌رو هستیم این است که اگر این حالت را در داخل یک لوله داشته باشیم همین قسمت اضافی می‌تواند باعث تنگ شدن مسیر حرکت سیال و اعمال فشار اضافی شود که همین فشار اضافی می‌تواند خطرناک باشد و همین طور باعث تشدید خوردگی می‌شود. و در نهایت علل به وجود آمدن این عیب یکی آمپر اضافی است یا سرعت جوشکاری کم که همین حالت را ایجاد می‌کند الکتروود مناسب یا تکنیک جوشکاری خود می‌تواند موثر باشد علاوه بر این ها طراحی غلط در پخ سازی هم تاثیر دارد برای مثال اگر درز پخ زیادی از حد باز باشد یا برای پخ پیشانی در نظر گرفته نشده باشد.



Excessive Fusion (مغز آلودگی) (اسم)



فولادهای کم آلیاژی (*Low Alloy Steel*):

این فولادها به غیر از عناصر اصلی Fe, C, Si, Mn و ناخالصی‌های S, P, O, N دارای عناصر آلیاژی محدود مانند $Cr, Ni, Mo, Nb, V, W, Ti, Al, Mn, Cu, \dots$ می‌باشند.

این فولادها را بدین نحو دسته بندی می‌کنیم:

- فولادهای کم آلیاژی با استحکام بالا (ساختمانی استحکام بالا *High Strength Structural Steel*)
- فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده
- فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده بعد از جوشکاری
- فولادها کم آلیاژی کروم - مولی

۱- فولادهای کم آلیاژی با استحکام بالا (ساختمانی استحکام بالا *High Strength Structural Steel*):

این دسته را فولادهای *Fine Grain Steel* (فولادهای دانه ریز) نیز می‌نامند. از نظر آنالیز این فولادها شبیه به فولادهای کم کربن هستند یعنی درصد کربن در این فولادها معمولاً زیر ۰/۲۲٪ است و عناصر آلیاژی به صورت بسیار جزئی در این فولادها وجود دارد که معروفترین آنها عبارتند از Ti, V, Nb که در حدود ۰/۲۵٪ می‌باشند. این عناصر هیچگونه قابلیت سختی (*Harden ability*) به فولاد نمی‌دهند و تنها باعث دانه ریز شدن آن می‌شوند که در نتیجه استحکام آنها بالاتر می‌رود. ساختار میکروسکوپی این فولادها از نظر فازها شبیه به فولادها کم کربن است (فریتی - پرلیتی) اما از نظر دانه بندی بسیار ریزدانه‌تر از آنها می‌باشد. عمده *Micro Alloy Steel*ها در این دسته از فولادها قرار می‌گیرند. این فولادها اکثراً به شکل ورق یا میلگرد عرضه می‌شود و کاربرد آن دقیقاً همانند فولادهای ساختمانی است فقط در مواردی که حساسیت بالاتر است از این فولادها استفاده می‌شود. مانند خطوط انتقال نفت یا گاز که در طول خط از فولادهای ساختمانی معمولی استفاده می‌شود و در ایستگاه‌های تقویت فشار که فشار چندین برابر است از این فولادها استفاده می‌شود.

۲- فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده:

معمولاً درصد کربن در این نوع فولادها نیز کم است اما عناصر آلیاژی در این فولادها به گونه‌ای پیش بینی شده‌اند که قابلیت سختی پذیری بالایی را به این فولادها می‌دهند. حتی بخشی از این فولادها *Air Hardening* نیز هستند یعنی خاصیت سختی پذیری خود را حتی در سرد کردن در هوا نیز حفظ می‌کنند. این فولادها اکثراً به صورت خام و آنیل شده هستند و ما باید بر روی آنها عملیات شکل دادن را اعمال کنیم و سپس عملیات کوئنچ - تمپر کردن را بر روی آنها انجام می‌دهیم. استحکام فولادهای این گروه عموماً بالای $100,000 \text{ psi}$ می‌باشد. در این نوع فولادها به دلیل عملیات کوئنچ - تمپر کردن می‌توانیم سختی حدود $50 RC$ را همزمان با *Toughness* داشته باشیم. پس استحکام، سختی و چقرمگی بالا از مزایای این فولادها می‌باشند. کاربرد این فولادها در ابزار سازی و قالب‌سازی است. ساختار این فولادها عموماً بینابینی ظریف یا مارتنزیت تمپر شده‌ای که کربن آن پایین است می‌باشد.

۳- فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده بعد از جوشکاری:

اولین تفاوت این دسته با دسته قبل در مقدار کربن است. در این فولادها درصد کربن در محدوده ۰/۲۵ تا ۰/۵٪ است. پس این فولادها علاوه بر عناصر آلیاژی که باعث *harden ability* می شود دارای درصد کربن بیشتری هم هستند که خود سبب افزایش استحکام می شود. این دسته از فولادها *Air Hardening* نیز هستند. این دسته از فولادها عموماً از استحکام بالای 100000 psi برخوردار هستند و در عین حال تردتر هستند. پس موارد استفاده آنها در جایی است که بحث ضربه را نداشته باشیم.

۴- فولادهای کم آلیاژی کروم - مولی:

همانطور که از نام این فولادها مشخص است جزء لاینفک آنها دو عنصر کروم و مولیبدن است و تفاوت این دسته با سه دسته قبل در این است که این دو عنصر در این دسته حتماً وجود دارند ولی وجود آنها در دسته های قبل الزامی نیست. درصد این عناصر عبارتند از:

$$\%Cr \approx 0.2 \rightarrow 4.5$$

$$\%Mo \approx 0.1 \rightarrow 1.5$$

این فولادها ضمن اینکه استحکام بالایی دارند بسته به درصد کربن در آنها یک مقدار خاصیت سختی پذیری و مقاومت به سایش هم دارند.

نقش مولیبدن در این نوع فولادها علاوه بر استحکام بخشی مقاومت در برابر خزش را نیز بالا می برد. همچنین با توجه به درصد نسبتاً بالای کروم در این فولادها مقاومت در برابر خوردگی بالایی نیز دارند. این خواص باعث شده است که این فولادها کاربردهای استراتژیک پیدا کنند.

حال به بررسی مسائل جوشکاری این فولادها می پردازیم:

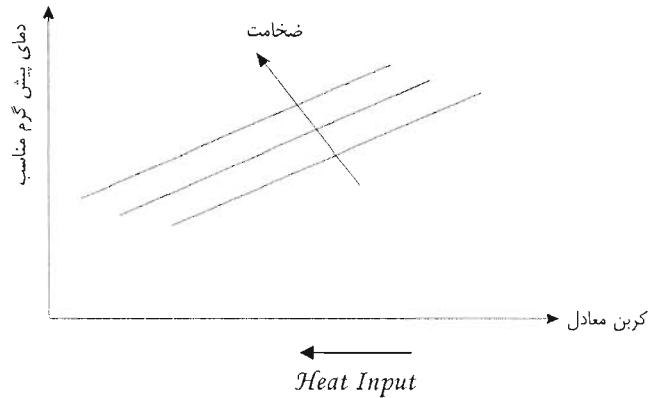
دسته اول یعنی فولادهای ساختمانی استحکام بالا قابلیت جوشکاری بسیار خوبی دارد و با اکثر فرآیندهای جوشکاری می توان آن را جوشکاری کرد اما باید توجه شود که برای جوشکاری آنها باید از الکترودهای با *Grade* بالا استفاده کرد (سری ۷۰، ۸۰ و به ندرت بالاتر از ۸۰). در هنگام جوشکاری این فولادها معمولاً نیازی به پیش یا پس گرم نیست مگر اینکه در جایی ضخامت بیش از حد داشته باشیم یا دما زیر صفر باشد که باید به بالای صفر برسد. اگر بخواهیم این فولادها را با الکتروود دستی جوشکاری کنیم ترجیحاً از الکترودهای قلیایی و خشک استفاده کنیم بهتر است زیرا هم *Grade* این الکتروودها بالاتر است و هم اینکه خطر *Hydrogen Embrittlement* در مورد این فولادها بسیار زیاد است.

دسته دوم یا فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده قابلیت جوشکاری خوبی دارند و می توان با رعایت چند نکته کوچک جوش بسیار خوبی را به دست آورد. از جمله مواردی که در جوشکاری این فولادها باید مد نظر داشت این است که این دسته از فولادها را می توان قبل یا بعد از عملیات حرارتی جوشکاری کرد. بدین معنا که اگر جوشکاری در حین فرآیند ساخت در حال انجام است بهتر است که تمامی این کارها از قبیل جوشکاری، ماشین کاری و ... را در همان حالت آئیل انجام دهیم و در پایان قطعه را عملیات حرارتی کوئنچ - تمپر کنیم تا کل قطعه و مواضع جوش به صورت یکنواخت عملیات حرارتی شود.

اما اگر این جوشکاری در حالتی است که قطعه ضمن سرویس باید جوشکاری شود می توان قطعه را در همان حالت کوئنچ - تمپر جوشکاری کرد و نیازی به برگرداندن آن نیست و همچنین اگر این فولادها را با فرآیندهای معمولی مانند الکتروود دستی جوشکاری کنیم حتی پس از جوشکاری نیز نیازی به کوئنچ - تمپر کردن آن ها وجود ندارد. به بیانی دیگر شرایط سرد شدن جوش (جوشکاری ها معمولی و نه با *Heat Input* ها بالا) به گونه ایست که دیگر نیازی به کوئنچ کردن پس از جوشکاری نیست و خواصی نزدیک به خواص فلز پایه به وجود می آورد. در مورد *Filler Metal* هم می توان از *F.M.* هایی استفاده کرد که ترکیب آنها نزدیک به ترکیب فلز پایه باشد. همچنین ترجیحاً باید الکتروود، الکتروود قلیایی، خشک و تازه باشد و اگر بخواهیم جوشکاری زیر پودری انجام دهیم باید پودر جوش قلیایی باشد زیرا درست است که عناصر آلیاژی از نظر کمیت در این فولادها زیاد نیستند ولی این عناصر برای این فولادها نقش حیاتی دارند و اگر به عنوان مثال در اثر بی دقتی مقداری از کروم یا وانادیوم آن بسوزد دیگر برای جوش نمی توان خواصی را که انتظار داریم به دست آوریم. زیرا برای این فولادها نیز خطر ترکیدگی و تردی هیدروژن نیز وجود دارد. در مورد پیش و یا پس گرم کردن این فولادها تنها ذکر این نکته کافی است که اگر دما پایین صفر بود خطر شبنم زدن و تردی هیدروژن در فولاد وجود دارد که نیاز به پیش گرم و پس گرم کردن دارد. البته برای جوشکاری این فولادها از فرآیندهای جوشکاری با الکتروود دستی و *TIG/MIG* استفاده می شود زیرا در این دو فرآیند و به خصوص فرآیند دوم می توان کنترل بیشتری بر روی ترکیب جوش و آلودگی های داخل جوش داشت زیرا هر چه فولاد استحکام بالاتری داشته باشد در برابر برخی *Defect* ها حساسیت بیشتری دارد و یا به عبارت دیگر حد پذیرش عیوب (مانند ناخالصی ها، ناخالصی های محبوس شده، *Porosity*، *Under Cut* و ...) برای آن کمتر است. نکته دیگر در جوشکاری این فولادها این است که در این گروه فولادهایی قرار دارد که استحکام آنها بیشتر از *120000 psi* است و در مورد این فولادها در رابطه با جوشکاری با الکتروود دستی به مشکل بر می خوریم زیرا بهترین الکتروود دستی که می توانیم استفاده کنیم تا فلز جوشی با استحکام *120000 psi* به ما می دهد که در این موارد باید فرآیند مورد استفاده را تغییر دهیم.

دسته سوم، فولادهای کم آلیاژی کوئنچ - تمپر شده بعد از جوشکاری:

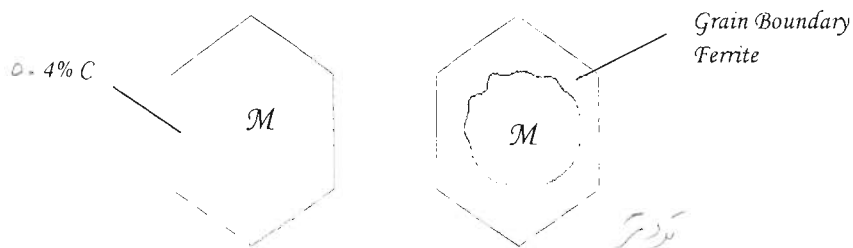
این فولادها قابلیت جوش پذیری خوبی ندارند و اگر برخی مسائل متالورژیکی را رعایت نکنیم با مشکل ترکیدگی در جوش و کنار جوش به طور جدی مواجه هستیم. درصد کربن فولاد نسبتاً بالاست و همچنین مقدار عناصر آلیاژی و این خود احتمال ترکیدگی را بسیار بالا می برد به خصوص اگر بخواهیم این فولادها را به صورت کوئنچ - تمپر شده جوشکاری کنیم زیرا به علت بالا بودن سختی این فولادها با مشکل ترکیدگی جوش در این حالت مواجه هستیم و اگر بخواهیم این قطعات را حتی در ضمن سرویس جوشکاری کنیم باید ابتدا آنها را آنیل کنیم یعنی از حالت کوئنچ - تمپر برگردانیم و پس از جوشکاری باید مجدداً عملیات کوئنچ - تمپر کردن را انجام دهیم تا مجدداً به سختی اولیه برسیم. این فولادها با توجه به مقدار کربنی که دارند حتماً نیاز به پیش و پس گرم کردن دارند و حتی دمای بین پاس های جوشکاری نیز باید به دقت رعایت شود. میزان پیش گرم کردن بر اساس کربن معادل، ضخامت و *Heat Input* تعیین می شود. دمای پیش گرم کردن با مقدار کربن معادل رابطه مستقیم دارد که نمودار آن به صورت زیر است:



در صورتی که بیش از اندازه قطعه را پیش گرم کنیم اولاً با مشکل بزرگ و خشن شدن دانه‌ها روبه‌رو هستیم که تأثیر منفی بر روی سختی مارتنزیت حاصل دارد. ثانیاً جوشکاری در این حالت سخت‌تر می‌شود. ثالثاً هزینه این کار بیشتر است و مقرون به صرفه نیست. حال دو حالت را در نظر بگیرید:

✓ حالت اول: آستنیتی داریم که 0.4% کربن دارد و سرعت سرد طوری باشد که تمام آن به مارتنزیت تبدیل شود.
 ✓ حالت دوم: همان حالت فوق را در نظر بگیرید ولی سرد کردن طوری باشد که ابتدا یک مقدار فریت به وجود بیاید (Grain Boundary Ferrite) و بعد آستنیت باقیمانده تبدیل به مارتنزیت شود.

حالت دوم تردتر است زیرا آستنیت باقیمانده در این حالت درصد کربن بیشتری دارد و در نتیجه مارتنزیت نهایی تردتر است. پس هر چه پیش گرم کردن بیشتر باشد سرد شدن هم کندتر انجام می‌شود و در نتیجه امکان به وجود آمدن G.B.F. بیشتر می‌شود که می‌تواند این مشکل را ایجاد کند.



مسئله دیگر مسأله *Filler Metal* است که باید سعی شود مقدار کربن آن تا حد ممکن کم باشد و در عوض عناصر آلیاژی آن بیشتر باشد به این دلیل که بتواند کربن فلز جوش را کمتر و با اضافه کردن عناصر آلیاژی دیگر تردی و شکنندگی فلز جوش را کم کند. دقت شود که با کم کردن کربن در این فولاد می‌توان تا حدودی به فولادهای دسته قبل نزدیک شد. پس با توجه به توضیحات فوق باید در مورد چرب بودن الکتروود و پوشش آن بسیار دقت کرد زیرا این دسته بسیار نسبت به درصد کربن حساس هستند. همچنین باید دقت زیادی در مورد رطوبت محیط و الکتروود داشت زیرا این دسته از فولادها نسبت به دیگر فولادها از حساسیت بالاتری نسبت به تردی هیدروژن برخوردارند.

دسته چهارم: فولادهای کم آلیاژی کروم – مولی:

همانطور که گفته شد کروم و مولیبدن جزء لاینفک این فولادها هستند و مقدار کربن آنها می‌تواند کم یا زیاد باشد. این فولادها مقاومت در برابر سایش و سختی پذیری خوبی دارند و این به دلیل وجود عناصر کاربیدزایی چون کروم و مولیبدن است که کاربرد آنها بسیار سخت‌تر از کاربرد کربن است. بنابراین در جایی که تنها استحکام و چقرمگی خوبی می‌خواهیم و نیازی به سختی بالا نیست می‌توانیم درصد کمی از کربن را داشته باشیم و در اصل *Weld Ability* این فولادها تابع درصد کربن آنهاست و به طور کلی می‌توان گفت قابلیت جوش‌پذیری این فولادها در حد متوسط است.

چون در این فولادها مقدار کروم معمولاً در حد ۳ – ۴٪ است، احتمال سوختن کروم در آنها زیاد است و بنابراین بحث پیش و پس گرم کردن در این فولادها نیز مطرح است که مقدار آن تابع کربن معادل و ضخامت قطعه است. از نظر الکتروود *Filler Metal* باید الکتروودی را انتخاب کنیم که کربن کمتر و کروم بیشتری داشته باشد. به عنوان مثال برای فولاد زیر باید یک الکتروود با مشخصات نوشته شده انتخاب شود که اگر احتمالاً مقداری از کروم سوخت بتواند آن را جبران کند.

فولاد: 0.3% C 2.5% Cr 0.5% Mo
Filler Metal: 0.2% C 3.5% Cr 0.7% Mo

نکته بعدی در مورد مقاومت در برابر خوردگی این فولاد است که این مقاومت فولاد مدیون وجود کروم آن است پس اگر در حین جوشکاری مقداری از کروم آن بسوزد از مقاومت خوردگی آن نیز کاسته می‌شود. حال دو فولاد را در نظر بگیرید که از نظر آنالیز کاملاً یکسان باشند اما یکی *Cast* باشد و دیگری *Wrought*. مقاومت در برابر خوردگی فولاد *Cast* کمتر است و چون جوش به صورت *Cast* است و فلز پایه *Wrought*، برای ما مطلوب است که مقاومت در برابر خوردگی فلز جوش را افزایش دهیم. البته در برخی موارد خاص ممکن است برای جوشکاری این فولادها از الکترودهای آستنیتی با درصد کروم و نیکل بالا نیز استفاده شود.

فولادهای آلیاژی (*Alloy Steel*):

این فولادها همانند فولادهای کم آلیاژی شامل عناصر *Fe, C, Si, Mn* این می‌باشد و از نظر مقدار عناصر آلیاژی دیگر محدودیتی ندارد و گاهی اوقات امکان دارد مقدار کل عناصر آلیاژی از خود آهن بیشتر باشد. البته اگر به عنوان مثال درصد نیکل ۳۰ یا بالاتر شود دیگر به آن فولاد نمی‌گوییم و آن را جزء آلیاژهای پایه نیکل حساب می‌کنیم همچنین است برای کبالت ۷٪ به بالا. این فولادها خود به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:

- فولادهای آلیاژی کروم‌دار (4% - 26% Cr)
- فولادهای آلیاژی کروم – نیکل‌دار
- فولادهای آلیاژی پر منگنز

دسته اول: فولادهای آلیاژی کروم دار:

این دسته از فولادها با توجه به محدوده گسترده‌ای که از Cr دارند خود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- فولادهای آلیاژی کروم – مولی: Cr 11 % - 4.5 % به همراه Mo 3 % - 1.5 %
- فولادهای آلیاژی زنگ‌زن مارتنزیتی: Mo 3 % - 1.5 %
- فولادهای زنگ‌زن فریتی: $18 - 16$ % و گاهی اوقات تا Cr 26%

دسته دوم: فولادهای آلیاژی کروم – نیکل دار:

این فولادها بین ۱۱ تا ۲۵٪ کروم و بین ۲۰٪ - ۶ نیکل دارند. این دسته را تحت عنوان فولادهای زنگ‌زن آستنیتی نیز نام می‌برند که جذب آهنربا هم نمی‌شوند.

در همه این دسته ها اگر بخواهیم خواص مکانیکی را جمع بندی کنیم می توان گفت تمامی این فولادها دارای استحکام سایشی خوبی هستند و دو دسته فولاد های آلیاژی کروم مولی و زنگ نزن مارتنزیتی خاصیت سختی پذیری هم دارند که دو گروه دیگر ندارند. نکته دیگر که در ارتباط با خواص مکانیکی فولادهای آلیاژی کروم نیکل دار باید بیان کرد تافنس یا چرکمگی بسیار بالای این دسته از آلیاژها در دماهای زیر صفر است. درحقیقت این دسته از فولادها در دو شرایط یکی در زمانی که نیاز به مقاومت خوردگی بالا است و یکی در شرایطی که نیاز به تافنس بالا در دمای زیر صفر است استفاده می کنند. مثلا کپسول های حمل ازت مایع که دارای درجه حرارت -170 درجه است و نباید در اثر ضربه مخزن سوراخ شود از این دسته آلیاژها استفاده می کنند.

۳. فولاد های آلیاژی پر منگنز یا منگنز بالا یا Had Field

اما در ارتباط با مسئله جوشکاری این ۴ دسته از فولاد های آلیاژی: یکی از مواردی که در ارتباط با جوشکاری این دسته از فولاد های آلیاژی باید توجه داشته باشیم اجتناب از اکسید شدن کروم است و باید تمامی شرایط را به گونه ای تنظیم کنیم تا کمترین مقدار کروم اکسید شود یا بسوزد. دلیل این مسئله این است که در این دسته از فولاد های آلیاژی کروم بسیار اکتیو است و به راحتی با اکسیژن واکنش می دهد و حتی لازم نیست که اکسیژن را مستقیما از هوا بگیرد بلکه می تواند بسیاری از اکسیدها را احیا کند مثلا به راحتی می تواند SiO_2 ، FeO ، MnO و حتی یک اکسیژن CO_2 را احیا کند پس بنابراین اگر جوشکاری با الکتروود دستی انجام می دهیم در الکتروودی که برای جوشکاری فولادهای نیکل دار استفاده می شود عموما از پوشش های قلیایی استفاده شده است که بیشتر اکسیدهای پایداری مثل CaO ، MgO ، TiO_2 و Al_2O_3 در آن وجود داشته باشد که کروم نتواند آنها را احیا کند. یا اگر بر روی فولاد های آلیاژی کروم دار می خواهیم جوشکاری زیر پودری انجام دهیم باید فلاکس ما دارای بازبسته بالا باشد مثلا اگر بازبسته ما $0.8-1.2$ باشد یعنی بخشی از فلاکس ما شامل اکسیدهایی است که کروم می تواند با آنها واکنش دهد. برای مثال اگر ما مفتولی استفاده کنیم که در آن کروم باشد و قطعه کار ما هم کروم داشته باشد اما فلاکسی که استفاده کردیم حالت خنثی داشته است بعد از جوشکاری وقتی فلز جوش را آنالیز کردیم درصد کروم آن از درصد کروم آنها کمتر است یعنی مقداری کروم از کروم با اکسیدهایی که در پودر جوش ما بوده است واکنش داده است. یعنی حتما لازم است از پودر جوش هایی استفاده کنیم که بازبسته $2-2.7$ داشته باشد. اگر فرآیندی که با آن جوشکاری می کنیم فرآیند محافظ با گاز است در TIG که صد در صد گاز محافظ ما گاز خنثی است اما در MIG که می توانیم از گاز CO_2 یا مخلوط گاز های استفاده کنیم برای جوشکاری فولادهای آلیاژی کروم دار حتما باید از گازهای خنثی استفاده کنیم و نمی توانیم مثل فولاد های کم آلیاژی کروم دار از گاز مخلوط استفاده کنیم. در ارتباط با همین مسئله اگر جوشکاری با الکتروود دستی یا زیر پودری و حتی فرایندهای محافظت با گاز انجام می دهیم باید توجه بسیار زیادی به مسئله محافظت از حوضچه جوش داشته باشیم یعنی برای مثال طول قوس در جوشکاری با الکتروود دستی از حدی بیشتر نباشد یا حرکت موجی و زیگزازی زیاد نداشته باشیم چون همین می تواند عاملی برای ورود هوا به داخل حوضچه مذاب شود. در حالت محافظت با گاز محافظ فشار، دبی گاز محافظ، قطر دهانه نازل، فاصله دهانه نازل تا حوضچه جوش تمامی اینها باید کاملا کنترل شده باشد. حتی در جوشکاری آلیاژی که درصد کروم آنها خیلی بالا است توصیه می شود که از Backing Gas استفاده شود Backing Gas یعنی اگر یک لوله را

← Flux

X

جوشکاری فولادهای آلیاژی:

فولادهای آلیاژی بر ۳ نوع هستند:

۱. فولادهای آلیاژی کروم دار که این قسمت خود دارای ۳ نوع متفاوت است:

(A) فولادهای آلیاژی کروم مولی: بین ۴-۱۱٪ کروم و مقداری مولیبدن دارد. فولادهای کروم مولی در ادامه فولادهای کم آلیاژی کروم مولی است یعنی هم استحکام دارد هم خاصیت سختی پذیری و مقاومت خوردگی خوبی را هم دارند و مهمترین خاصیتی که دارند مقاومت خزشی است که این دسته را برای سرویس در دمای بالا بسیار مناسب می کند و این دسته در دمای بالا بسیار خنثوب جواب می دهند به همین علت است که در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و حتی صنایع نظامی از این دسته از فولادهای خیلی استفاده می شود.

(B) فولادهای آلیاژی زنگ نزن مارتنزیتی: ۱۱-۱۶٪ کروم دارد و شرایط مارتنزیتی پایدار است یعنی تحت هر شرایطی سرد کنیم مارتنزیت ایجاد می شود. این دسته از فولادها مقاومت خوردگی و سایشی بسیار خوبی دارند به همین علت است که در قطعاتی که ما شرایط کاری erosion corrosion داریم اولین دسته آلیاژی که پیشنهاد می شود این دسته است یا حتی جاهایی که سایش همراه با حرارت است هم این دسته از آلیاژها بسیار خوب جواب می دهند در حالی که دیگر فولادهای پر کربن در این شرایط مناسب نیستند چون احتمال زنگ زدن آنها است اما این آلیاژها پوسته محافظ کرومی را دارند. به دلیل این خاصیت این گروه از فولادها در بسیاری از قسمت های نیروگاهی از این آلیاژها استفاده می کنند یا برای مثال غلتک های ریختگی مداوم فولاد مبارکه قسمت روی آن از این آلیاژ است که از یک طرف مذاب بر روی آن حرکت می کند و از طرفی دائما خنک می شود این مقاومت را داشته باشد.

(C) فولادهای آلیاژی زنگ نزن فریتی: ۱۶-۲۶٪ کروم دارد این دسته دیگر مشابه دو حالت قبلی نیست و حتی قابلیت سختی پذیری هم ندارد و زمینه کاملاً فریتی پایدار است. کروم از یک حدی که بالاتر می رود دیگر فولاد قابلیت سختی پذیری خود را از دست می دهد و ساختار فریتی پایدار می شود. یک نوع این دسته در بازار تحت عنوان فولاد نسوز است که در دیواره کوره ها کاربرد دارد. نسوز بودن باعث می شود که برای مثال برش کاری این فولاد توسط شعله را خیلی سخت می کند چون لایه یا پوسته اکسید کروم مانع آن می شود. این دسته از فولادها فولادهای بگیر هستند. فولادهایی که دارای کروم بالا هستند دارای مقاومت خوردگی است اما مقاومت آنها در همه شرایط اسیدی یا قلیایی نیست بلکه در یک شرایط مقاومت خیلی بالایی دارند و در برخی از شرایط مقاومت آنها خیلی بالا نیست. تفاوت این گروه ها با گروه بعدی در این است که دسته بعدی مقاومت خوردگی را در همه شرایط به خوبی دارد اما این دسته تنها در برخی از شرایط مقاومت بالایی دارند.

۲. فولادهای آلیاژی کروم نیکل دار یا زنگ نزن آستنیتی یا فولادهای زنگ نزن نگیر. اینها دارای معمولاً ۱۱-۲۵٪ کروم و ۶-۲۰٪ نیکل است. این دسته از مقاومت خوردگی بسیار بالایی برخوردار هستند و در همه شرایط می تواند به خوبی جوابگو باشد.

جوشکاری می‌کنیم علاوه بر این که از بیرون گز محافظت عمل محافظت را انجام می‌دهد از داخل هم ما گاز محافظ بدمیم تا از داخل هم عمل محافظت انجام شود یا اگر بر روی یک قطعه تحت عمل جوشکاری را انجام می‌دهیم یک ناودانی یا یک نصف لوله را برداریم به پشت کار متصل کنیم و از داخل آن گاز محافظ عبور دهیم این کار را برای پاس اول عموماً توصیه می‌شود. یکی دیگر از مواردی که در جوشکاری فولادهای پر آلیاژی کروم دار پیشنهاد می‌شود این است که جوشکاری را در محیط‌های باز و در جریان هوا انجام نشود. (یکی از مواردی که باید در جوشکاری باید توجه کنیم بحث ایمنی جوشکار است باید توجه داشت که بخارات کروم و نیکل که امکان دارد در اثر جوشکاری ایجاد شود برای تنفس خطرناک است برای همین برخی جوشکارها این اشتباه را می‌کنند که جوشکاری کروم و نیکل را در محیط باز انجام می‌دهند برای ایمنی این موارد جوشکاری عموماً از دستگاه‌های مکنده ای استفاده می‌کنند که این بخارات گاز پرا می‌کشد و از محیط جوشکار خارج می‌کنند که باز در حالی که از این نوع دستگاه‌ها استفاده می‌کنیم باید به دبی خروجی گاز محافظ هم توجه کنیم)



در صد کروم از این جهت برای ما اهمیت دارد که هم بر روی خواص مکانیکی هم بر روی مقاومت خوردگی و هم بر روی خاصیت سختی پذیری (از یک حدی که بیشتر باشد این خاصیت به شدت تقویت می‌شود و از یک حدی که بیشتر شود تاثیر عکس می‌گذارد) تاثیر بسیاری دارد و این که کروم پایدار کننده فریت است و نیکل پایدار کننده آستنیت که در این جا تعادل بین تشکیل آستنیت و فریت بسیار اهمیت دارد و حتی کرومی که می‌سوزد و اکسید کروم را ایجاد می‌کند خود دارای اهمیت است و چون یک اکسید دیر گداز است که هم می‌تواند مانع اتصال و هم ضعف خواص مکانیکی شود. پس اولین نکته و مهمترین نکته در جوشکاری فولادهای پر آلیاژی کروم دار توجه به کروم است که به نسبت درصد کرومی که دارد این مسئله اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. دومین نکته ای که به صورت مشترک بین فولادهای آلیاژی کروم دار می‌توانیم به بیانی مسئله پیش گرم و پس گرم کردن است. در ارتباط با فولادهای آلیاژی زنگ نزن آستنیتی اکثر نیاز به پیش گرم یا پس گرم نیست چون فاز آستنیت ما پایدار است و تبدیل به فاز دیگری نمی‌شود و اکثراً مقدار کربن ما خیلی پایین است. برای مثال در این دسته از فولادها ما فولاد 304 ، 304Lc و 304xLc داریم که در درصد کربن با هم متفاوت هستند $304 \approx 0.1\%C, 304Lc \approx 0.06\%C, 304xLc \approx 0.03\%C$ کربن به 0.12-0.15 می‌رسد ما آن را پر کربن می‌گوییم. بنابراین فولادهای آلیاژی زنگ نزن آستنیتی نیاز به پیش گرم و پس گرم کردن ندارد و حتی در بعضی از موارد توصیه می‌شود که از خیلی آرام سرد شدن آن هم جلو گیری کنید زیرا باز خیلی آرام سرد شدن هم برای ما مشکل ایجاد می‌کند برای مثال اولین مشکلی که با آن روبه‌رو می‌شویم بحث رشد دانه‌ها است که در این حالت دانه‌های آستنیتی ما خیلی درشت می‌شود که باعث کاهش خواص مکانیکی ما می‌شود. علاوه بر این مشکل دیگری می‌تواند ایجاد شود جدا شدن فاز دوم است. بنابراین برای برطرف کردن این مشکلات پیشنهاد می‌شود که از مبرد یا پست بند های مسی استفاده کنیم یا از فرآیندهایی استفاده کنیم که Heat Input کمی دارند (به عنوان مثال برای کم کردن Heat Input هر چند

قطعه ضخیم باشد به جای این که از الکتروود ۴ استفاده کنیم از الکتروود ۲-۲٫۵ استفاده کنیم و دو پاس جوشکاری کنیم). فولادهای آلیاژی زنگ نزن فریتی هم تا اندازه ای به همین صورت است و رشد دانه ها می تواند رخ دهد در این حالت هم فاز فریت ما فاز پایدار است پس نیازی به این نیست که نگران سریع سرد شدن باشیم بلکه خیلی آرام سرد شدن می تواند همان مشکلات را برای ما ایجاد کند. اما فولادهای آلیاژی زنگ نزن مارتنزیتی دیگر این گونه نیستند. این فولاد ها به سختی جوشکاری می شوند و مسئله پیش گرم و پس گرم کردن بسیار اهمیت دارد و باید دقیقا کنترل شده باشد. فولاد های زنگ نزن مارتنزیتی را باید پیش گرم بکنیم و همین طور عملیات حرارتی تمپر کردن یا پس گرم کردن را باید قبل از این که به طور کامل سرد شود انجام دهیم. بنابراین این دسته فولاد ها را پیش گرم می کنیم بعد بر روی آنها عمل جوشکاری را انجام دادیم سرد می کنیم و می رسانییم تا زیر دما M_f و بعد عملیات حرارتی تمپر کردن را بر روی آن انجام می دهیم و در نهایت یک ساختار مارتنزیتی تمپر شده را در قطعه بدست می آوریم. البته باید به این نکته توجه کنیم که اگر پیش گرم را بالای MS قرار دهیم و بعد از سرد شدن و رسیدن به یکنواختی دما، بیایم تمپر کردن را انجام دهیم در حقیقت ما پیش از آنکه مارتنزیتی ایجاد شود آن را تمپر کرده ایم که در این حالت هیچ فایده این ندارد و به همین ترتیب اگر دمای تمپر کردن را پایین هم بگیریم باز فایده ای ندارد اگر در شرایطی دیگر بگذاریم نمونه ما کاملا سرد شود و بعد از مدتی بخواهیم آن را تمپر کنیم باز هم فایده ای ندارد چون امکان دارد در قطعه ترکیدگی ایجاد شده باشد و همین عمل تمپر کردن نه تنها به آن کمکی نمی کند بلکه سرد و گرم شدن می تواند باعث پیشروی ترک هم شود. بنابراین برای فولاد های زنگ نزن مارتنزیتی را باید با دقت زیاد با توجه به کربن و کروم آن و همین طور ضخامت و $Heat Input$ آن درجه حرارت پیش گرم را مناسب انتخاب کرد در این دسته از فولادها حتی بعد از عملیات تمپر کردن می توانیم عملیات رها شدن هیدروژن را هم انجام دهیم. در ارتباط با این دسته از فولاد ها باید به دقت به مسئله رطوبت، چربی و هیدروژن توجه کنیم یعنی به خشک بودن الکتروود، تمیز بودن کار و مفتول و همین طور تمیز بودن گاز محافظ دقت داشته باشیم تا عیب به حداقل برسد. اما در ارتباط با فولادهای آلیاژی کروم مولی، برای این دسته از فولادهای آلیاژی پیش گرم کردن اهمیت دارد اما نه خیلی و در اکثر موارد توصیه می شود که پیش گرم کردن صورت گیرد که درجه حرارت پیش گرم هم به درصد کروم و کربن آن بستگی دارد.

نکته دیگری که به صورت مشترک می توانیم در ارتباط با فولادهای زنگ نزن بیان کنیم بحث خواص فیزیکی آنها است به خصوص هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی. فولادهای زنگ نزن کروم نیکل دار عموما دارای مقاومت الکتریکی بالاتری نسبت به فولاد های معمولی است و ضریب هدایت الکتریکی آنها کمتر از فولاد های معمولی است. همین مسئله می تواند در جوشکاری با الکتروود دستی اگر ما با همان آمپری که برای فولاد معمولی استفاده می کردیم بخواهیم جوشکاری کنیم می بینیم که الکتروود ما هنوز به نصف نرسیده گذاشته شده است این به آن علت است که مقاومت الکتریکی بالاتری دارد پس باید آمپر را 10-15% پایین تر از آمپری که برای الکتروود هم سایز در جوشکاری فولاد معمولی انتخاب کرده بودیم تنظیم کنیم. دقیقا به همین علت است که عموم الکتروودهای فولادهای زنگ نزن را در اندازه های 25cm تولید می کنند. همین نکته باعث می شود که اگر بر روی فولادهای زنگ نزن جوشکاری مقاومتی انجام می دهیم باز هم آمپر را پایین تر تنظیم کنیم یا زمان را کمتر بگیریم. به همین ترتیب هدایت حرارتی هم در این دسته از فولاد ها پایین تر است و باعث می شود که حرارت کمتر به اطراف پراکنده شود یا به بیانی $Heat Sink Effect$ کمتر است دقیقا بر عکس مس و آلومینیوم. با

توجه به این مورد می‌توانیم Heat Input را کمتر انتخاب کنیم یا اگر آمپر را کم در نظر گرفتیم و Heat Input کم شد نگران کم شدن آن نباشیم. یکی از مشکلات این دسته از فولادها که به دلیل همین مورد انتقال حرارتی رخ می‌دهد مسئله پیچیدگی است که رخ می‌دهد. نکته دیگر در ارتباط با جوشکاری فولادهای زنگ نزن این است که اگر بخواهیم از فرآیند اکسی استیلن استفاده کنیم حتما نیاز به روانساز داریم چون اکسید کرومی که بر روی سطح وجود دارد یا حین جوشکاری تولید می‌شود دارای درجه حرارت ذوب بالایی است و ما حتما نیاز به روانساز داریم تا به تواند نقطه ذوب آن را کاهش دهد. البته نکته ای که وجود دارد در استفاده از این روانسازها این است که حتما بقایای آن را از روی سطح جوش پاک کنیم چرا که بقایای آن می‌تواند باعث جذب رطوبت و خوردگی در سطح می‌شود این مسئله تا آنجایی اهمیت دارد که در موارد حساس حتی پیشنهاد می‌شود که یک عملیات شستشو هم بر روی قطعه بعد از جوشکاری انجام شود. نکته دیگری که باید به آن توجه کرد این است که حتی برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن باید از سنگ یا برس مخصوص استفاده کرد.

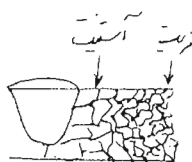
اما در ارتباط با Filler Metal یا الکتروود یا مفتول یا سیم جوش، در ارتباط با فولاد های کروم مولی بایست همان توصیه هایی که در ارتباط با فولاد های کم آلیاژی کروم مولی داشتیم را در نظر داشته باشیم و برای فلز پر کننده از فلز پر کننده مشابه با کربن کمتر و کروم بیشتر استفاده کنیم یا این که از فلز پر کننده آستنیتی کروم نیکل بالا استفاده کنیم هر چند در این جا پایه فلز پر کننده ما آستنیتی است و با زمینه متفاوت است برای مثال فلز پایه ما نیکل ندارد یا اگر داشته باشد بسیار جزی است در صورتی که فلز پر کننده ما حتی تا 20% هم امکان دارد نیکل داشته باشد. استفاده از این نوع الکتروود محدودیت هایی را هم به دنبال دارد برای مثال استفاده از این نوع الکتروود به ما اطمینان بیشتر از بابت ترکیدگی می‌دهد اما در مقابل دیگر تساوی ضریب انبساطی و جریان گالوانیکی و حتی تطابق رنگ را نداریم. در فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی هم می‌توان از ترکیبی مشابه استفاده کنیم و هم از ترکیب فلز پر کننده آستنیتی کروم نیکل بالا که در این جا خیلی با هم تفاوت نمی‌کند تنها این که اگر نیاز به مقاومت سایشی بالایی داریم باید از ترکیب مشابه استفاده کنیم در غیر این صورت می‌توانیم از فلز پر کننده آستنیتی کروم نیکل بالا استفاده کنیم که باز به ما اطمینان از جهت تردی و ترکیدگی می‌دهد. فولادهای زنگ نزن فریتی و آستنیتی را عمدتاً با ترکیب فلز پر کننده مشابه جوشکاری می‌شود حتی الکتروود هایی با همان اسم‌های فولاد وجود دارد که دارای ترکیب مشابه است. بنابراین در ارتباط با فلز پر کننده در صورتی که بخواهیم دو قطعه هم جنس را جوشکاری کنیم با مشکلی روبه‌رو نیستیم اما اگر بخواهیم دو فلز غیر هم جنس را جوشکاری کنیم پیچیدگی هایی دارد که باید به آن توجه کنیم.

اما مسئله Carbide Precipitation و فاز δ ، در فولادهای زنگ نزن به ویژه آستنیتی و تا حدودی فریتی یکی از مشکلاتی که با آن سروکار داریم کاهش مقاومت خوردگی در H.A.Z است این مسئله بسیار مهم است چون فولادهای زنگ نزن را در عموماً در جاهایی استفاده می‌کنیم که مسئله خوردگی بسیار اهمیت دارد. کاهش مقاومت خوردگی در فولادهای زنگ نزن به سه علت می‌تواند باشد. اول مورد چیزی است که در قبل بیان شد اینکه بقایای سرباره را درست پاک نکرده باشیم و این بقایا رطوبت جذب کنند و با ایجاد اسید کلریدریک یا اسیدهای هالوژنی شده و خوردگی را ایجاد کند. دومین حالت در شرایطی است که ما فلز پر کننده را درست انتخاب نکرده باشیم یا در حین جوشکاری بخشی از کروم سوخته در این حالت در درصد کروم بین فلز پایه و فلز جوش اختلاف است، طبیعی است که اگر در صد کروم فلز جوش کمتر باشد خوردگی در فلز جوش راحت‌تر رخ

می‌دهد و مورد دیگری در H.A.Z. رخ می‌دهد این است که عموماً ما در اطراف جوش در فاز زمینه آستنیت با مقداری فریت را داریم در یک محدوده‌هایی از حرارتی حدود 650-800 اگر توقف داشته باشیم و سریع عبور نکنیم کربن نفوذ می‌کند به سمت مرز دانه‌های و کرومی که میل ترکیبی زیادی بریا ترکیب با کربن دارد به سمت مرز دانه‌های کشیده می‌شود و در مرز دانه‌ها کاربید کروم بوجود می‌آید و همین ترکیب باعث کاهش مقاومت خوردگی در مرز دانه‌های می‌شود و خوردگی مرزدانه‌ای را داریم که خود این مسئله را به دو صورت بیان می‌کنند یکی این که وجود کاربید کروم در مرز دانه‌ها و تنش‌هایی که در مرز دانه‌ها بوجود می‌آید باعث تشدید خوردگی می‌شود و یکی دیگر این که فقر کروم در مناطق اطراف باعث تشدید خوردگی می‌شود و همین مسئله و وجود ضعف خوردگی و تنش‌های ضمن سرویس و تمرکز تنشی که در این قسمت‌ها ایجاد می‌شود باعث می‌شود که در همین مناطق شکست همراه با خوردگی با Stress Corrosion Cracking هم داشته باشیم.



اما مواردی که باید رعایت کنیم تا این اتفاق ایجاد نشود یکی این است که نوع فولادی که انتخاب می‌کنیم و قرار است عملیات جوشکاری بر روی آن انجام شود یا درصد کربن آن پایین باشد که کربنی نباشد که به مرزدانه‌ها نفوذ کند و یکی دیگر این که از فولادهایی استفاده کنیم که پایدار شده یا Stabilize باشد که در این دسته از فولادها درصد کربن و کروم آن یکی است با این توافقت که مقدار کمی تیتانیوم یا استرانسیوم یا نایروبیوم در حد 0.05-0.15% اضافه شده است و همین عناصر باعث می‌شود که دیگر امکان رسوب کاربید کروم وجود نداشته باشد. این پدیده را به راحتی می‌توان دید وقتی نمونه را متالوگرافی کنیم دیده می‌شود که زمینه آستنیتی است و مقدار کمی فریت هم در زمینه وجود دارد با دور شدن از منطقه جوش به منطقه ای میرسیم که انگار مرزدانه‌ها را پر رنگ کرده اند که نشان دهنده‌ی این است که کاربید کروم ایجاد شده و رسوب کرده است. راه دیگری که وجود دارد این است که از فرایندهایی استفاده کنیم که تمرکز حرارت زیادی داشته باشد و در این محدوده‌های حرارتی توقف نداشته باشیم. البته این حالت اگر رخ دهد با یک عملیات حرارتی حل سازی می‌توان آن را از بین برد اما چون برای رسیدن به این حالت نیاز به درجه حرارت خیلی بالایی نزدیک به 1500 درجه است به این دمای بالا بردن و سریع سرد کردن آن کار ساده‌ای نیست و ممکن است که با این کار ما با رشد دانه روبه‌رو شویم و دوباره برای ما مشکل ایجاد می‌کند.



مشکل دیگری که عموماً در جوشکاری این فولادها رخ می‌دهد تشکیل فاز δ است. فاز δ از تبدیل فاز آستنیت و فریت به زمینه α فریت و δ فریت فاز سیگما که از کاربرد و فریت تشکیل شده است بوجود می‌آید. که این فاز جدید هم باعث کاهش خواص مکانیکی و تردی و همین‌طور کاهش مقاومت خوردگی می‌شود.

اما در ارتباط با جوشکاری دو جنس متفاوت، فلز پرکننده ای که برای آن انتخاب می‌کنیم و یا هنگامی که می‌خواهیم عملیات سختی سطحی را انجام دهیم برای مثال ما یک فولاد کم آلیاژی را داریم که می‌خواهیم بر روی آن یم لایه سطحی از فولادهای زنگ نزن رسوب دهیم که مقاومت به خوردگی را بالا ببریم. در این موارد یا ما ترکیب فلز پایه و ترکیب فلز جوش مورد نیاز را داریم و نوع فلز پرکننده برای ما سوال است تا این ترکیب را داشته باشیم یا این که می‌خواهیم بدانیم با این نوع فلز پرکننده و فلز پایه در نهایت فلز جوش ما دارای چه ترکیب و ساختار و حتی چه خواصی است؟ یکی از راه‌هایی که می‌توانیم استفاده کنیم استفاده از Dilution یا درجه رقت (نسبتی که فلز پایه و فلز پرکننده با هم آمیخته می‌شود و ترکیب فلز جوش را می‌سازد) است. برای مثال اگر $D=60\%$ باشد یعنی 60% فلز قطعه کار ذوب شده است و 40% فلز پرکننده. باید توجه داشت که اگر چندین پاس بر روی هم جوشکاری کنیم Dilution تغییر می‌کند. از این راه می‌توانیم ترکیب فلز پرکننده را انتخاب کنیم یا با دانستن فلز پرکننده ترکیب نهایی فلز جوش را.

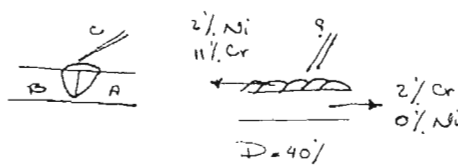
برای مثال تصور کنید یک فلز پایه یا $205\% Cr$ و $1\% Ni$ داریم و می‌خواهیم با فلزی جوشکاری کنیم که $16\% Cr$ و $8\% Ni$ دارد می‌خواهیم جوشکاری کنیم و $D=40\%$ است در این حالت ترکیب نهایی فلز جوش را می‌توانیم بدست آوریم:

$$0.4 \times 2.5 + 0.6 \times 16 = 10.6 \Rightarrow \%Cr = 10.6$$

البته این در شرایطی است که ما بازیابی را 100% بگیریم که اگر کمتر هم باشد و بخشی از آن بسوزد آن را هم می‌توانیم در نظر بگیریم. به همین ترتیب می‌توانیم درصد نیکل و سایر عناصر را نیز بدست آوریم و آنالیز فلز جوش را پیش از جوشکاری بدانیم و اگر با این ترکیب نیاز سرویس ما را جوابگو است که است یا نه و آیا نیاز به تغییری در آن است یا خیر.

متالورژی جوشکاری فولادهای آلیاژی:

در این مورد بحث شد که با انجام محاسبات ساده و استفاده از میزان رقت می‌توانیم پیشاپیش ترکیب شیمیایی فلز جوش را بدست آوریم و یا این که با دانستن این که چه ترکیبی را از فلز جوش می‌خواهیم نوع سیم جوش را تعیین کنیم. این را هم در مورد جوشکاری دو قطعه هم جنس می‌توانیم داشته باشیم هم در ارتباط با جوشکاری دو قطعه غیر هم جنس و یا حتی در مورد قطعاتی که نیاز به سختی سطحی دارند و بر روی آنها سیم جوش را رسوب می‌دهیم. برای مثال می‌خواهیم با الکتروود مجهولی بر روی فلزی با ترکیب ۲٪Cr و ۰٪Ni لایه ای رسوب دهیم که ترکیب ۱۱٪Cr و ۲٪Ni داشته باشد برای مثال میزان Dilution را ۴۰٪ می‌گیریم یعنی ۴۰٪ قطعه کار ذوب می‌شود و ۶۰٪ سیم جوش ذوب می‌شود بنابراین داریم:

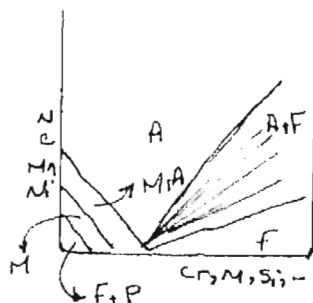


$$0.4 \times 2 + 0.6 \times x = 11 \Rightarrow x = \frac{10.2}{0.6} \Rightarrow \%Cr = 17$$

$$0.4 \times 0 + 0.6 \times y = 2 \Rightarrow y = \frac{2}{0.6} \Rightarrow \%Ni = 3.33$$

ما با کمک همین نوع محاسبه و استفاده از نمودار شیفلر می‌توانیم علاوه بر ترکیب ساختار فلز جوش را هم بدست آوریم. در این نمودار ما در یک طرف نمودار عناصر پایدار کننده آستنیت مثل Ni, Mn, C, N و ... را هر کدام با ضربی داریم و در طرف دیگر هم عناصر آلیاژی دیگر را داریم به همین ترتیب بر روی این نمودار مناطقی مشخص شده است که ساختار را در این محدوده های آلیاژی نشان می‌دهد که ساختار ما مارتنزیتی، فریتی، آستنیتی و یا حتی چند درصد از هر کدام است. البته باید توجه داشت که در این نمودار سرعت سرد شدن را سرعت معمول سرد شدن با الکتروود دستی در نظر گرفته شده است. در این نمودار هر یک از فولاد های آلیاژی که بررسی کردیم مثل فولادهای آلیاژی کروم نیکل دار یا زنگ نزن مارتنزیتی یا بقیه آنها هر کدام در محدوده ای از این نمودار قرار می‌گیرند یعنی هر یک از فولاد های بر خود در روی نمودار جایگاهی دارند. بنابراین ما با همان محاسبات ترکیب را بدست می‌آوریم و بعد با کمک نمودار شیفلر و پیدا کردن جایگاه آن می‌توانیم نوع ساختار را هم بدست آوریم و بنا بر ساختاری که بدست می‌آوریم می‌توانیم تمهیدات مورد نظر را انجام دهیم. برای مثال از روی نمودار می‌توانیم ببینیم که اگر درصد C, Mn, Si کمی داشته باشیم فولاد در منطقه فریتی پرلیتی قرار می‌گیرد یعنی فولاد های ساده معمولی اما اگر فولاد ما عناصر آلیاژی نداشت و تنها درصد کربن آن بالا بود از این منطقه خارج می‌شود و وارد منطقه مارتنزیت می‌شود و به همین ترتیب برای کروم در جایی که کروم ما کم است فولاد ما ساختار مارتنزیتی دارد و با افزایش کروم ما ساختار فریتی بدست می‌آوریم و در صورتی که ما همراه با کروم نیکل داشتیم در محدوده آستنیت قرار می‌گیریم. علاوه بر همه این ها بر روی نمودار مناطقی مشخص شده است که در آن محدوده ها خطر ترکیدگی سرد یا گرم را داریم و می‌توانیم با بدست آوردن آنالیز فلز جوش ببینیم

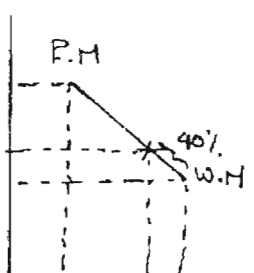
که آیا با این عیب ما روبه‌رو هستیم یا نه و عملیاتی را در نظر بگیریم که این خطر را برای ما کاهش دهد یا اینکه به نوعی ترکیب فلز جوش را اگر در توان ما هست تغییر دهیم.



برای مثال می‌خواهیم بر روی قطعه کاری با آنالیز معلوم لایه ای رسوب دهیم که مقاومت به سایش و خوردگی در دمای بالا را داشته باشد با دانستن همین اطلاعات می‌توانیم الکترودی را که باید انتخاب کنیم چون از روی این خواص می‌توانیم بفهمیم که نیاز به ساختار مارتنزتی در فولادهای زنگ نزن داریم پس می‌توان آنالیز فلز جوش را بدست آورد و با توجه به Dilution می‌توانیم نوع الکتروود را نیز بدست آوریم. حال اگر مسئله کمی پیچیده تر باشد برای مثال یک فولاد پایه ساده کربنی (St52) داریم که بر روی آن یک لایه رسوب فولادهای زنگ نزن ۳۱۶ داده ایم حالا به هر علتی بخشی از این قطعه‌ی ما خورده شده است یا کنده شده است و می‌خواهیم این قسمت را بازسازی کنیم بنابراین در این حالت برای پاس اول ما نیاز به الکترودی داریم که در نهایت به ما ساختار فولاد ساده کربنی را بدهد و برای پاس های نهایی نیاز به الکترودی که ساختار فولادهای زنگ نزن ۳۱۶ را برای ما ایجاد کند اما مشکل در این جا پاس های میانی است که هم باید تا حدودی خواص فولاد ساده کربنی را داشته باشد و هم تا حدودی خواص فولادهای زنگ نزن را داشته باشد یعنی باید ترکیبی بیناین را برای این پاس از فلز جوش در نظر بگیریم. یا به عنوان مثالی دیگر ما خواصی که ما نیاز داریم ترکیبی که بدست آمد الکترودی با آن آلیاژ وجود ندارد بنابراین باید یک پاس اضافه در نظر می‌گیریم که در پاس دوم به آن ترکیب مورد نظر برسیم تنها نکته ای که باید به آن توجه کنیم این است که اگر Dilution ما 40% است برای پاس اول 40% از قطعه کار ذوب می‌شود برای پاس بعدی 40% از پاس اولی ذوب می‌شود که 40% از آن ترکیب مورد نظر یعنی در پاس دوم ما 16% از قطعه کار ذوب می‌شود یعنی برای پاس دوم Dilution 16% است و با توجه به این مورد می‌توانیم آنالیز پاس دوم را بدست آوریم.



البته به نوع دیگری هم می‌توانیم این محاسبات را با استفاده از نمودار شیفلر و قانون اهرم ها انجام دهیم و ترکیب یا آنالیز فلز جوش را بدست آوریم. برای این کار ترکیب فلز پایه را بر روی نمودار شیفلر بدست می‌آوریم و بعد ترکیب فیلر متال را هم بر روی نمودار مشخص می‌کنیم در این حالت این دو نقطه را به هم وصل می‌کنیم و با توجه به Dilution مثلا 40% از ترکیب فلز پایه 40% عبور می‌کنیم و ترکیب فلز جوش ما بدست می‌آید.



Hadfield

دسته دیگر فولادهای آلیاژی فولاد های منگیزی یا آستنیت منگیزی است که در اصطلاح به این دسته از فولادهای فولادهای hadfield هم گفته می‌شود. باید به این نکته توجه کرد که هم منگنز و هم کربن مثل نیکل پایدار کننده آستنیت است پس ساختار میکروسکوپی که بدست می‌آوریم در ای دسته از فولاد ها ساختار آستنیتی است. در این فولاد ها ترکیب شیمیایی تقریبا بین 1-1.3% C و بین 9-13% Mn دارد که عناصر اصلی این دسته از آلیاژها است. اما به طور کلی وقتی ساختار ریخته‌گری شده این فولاد را نگاه می‌کنیم زمینه آستنیتی است که مقداری کاربید منگنز در آن پراکنده شده است اما اگر این فولاد ها را کوئنچ کنیم در این حالت زمینه ۱۰۰٪ آستنیت است و دیگر کاربید منگنز فرصت نمی‌کند که تشکیل شود. نکته ای که باید به آن توجه کنیم این است که اگر بعد از کوئنچ کردن این فولاد ها آن را در دمای 400-450 درجه نگه داریم و بعد آران سرد کنیم یعنی تمپر کنیم در ساختار زمینه آستنیتی دیده می‌شود اما حتی بیشتر از قبل ما کاربید ها سوزنی شکل منگنز را داریم که همین مسئله باعث افزایش تردی و شکنندگی می‌شود. اما این فولاد از نظر خواص به دلیل این که هم منگنز و هم کربن دارد و هر دو این عناصر استحکام بخش هستند این دسته از فولاد ها استحکام بسیار بالایی دارند. این فولاد با این که زمینه آستنیتی دارد اما استحکام بالای سایشی و سختی دارد البته در حالتی که نمونه را کوئنچ می‌کنیم با این که دیگر ساختار کاربید دیده نمی‌شود اما استحکام بالاتری نسبت به حالت ریخته‌گری دارد. علاوه بر این خواص این دسته از فولاد ها بعد از کوئنچ کردن تافس بالایی هم دارند. اما این فولاد وقتی پیش گرم می‌شود مثال بعد از کوئنچ کردن آن را تمپر می‌کنیم دیده می‌شود که این فولاد به شدت ترد می‌شود که این به علت کاربید های منگنز است که بوجود می‌آید. نکته دیگری که در ارتباط با این دسته از فولادها جالب است این است که این دسته دارای زمینه آستنیتی است اما در حین کار سرد تغییر فاز می‌دهند یعنی در حین کار مکانیکی سرد در این دسته از فولادها مارتنزیت بوجود می‌آید که در اثر بوجود آمدن این مارتنزیت ها

سختی نمونه ما به شدت افزایش پیدا می‌کند و البته تافنس خود را از دست می‌دهد و ترد می‌شود و باز نکته جالب این است که اگر لایه رویی این فولادها در اثر کار سخت مارتنزتی و ترد شود این تردی خود را به لایه‌هایی زیری نمی‌دهد و لایه‌های زیری همچنان تافنس خود را حفظ می‌کند. اما از نظر کاربرد این دسته از فولادها، عموماً این دسته از فولادها کاربرد زیادی در زمینه سیمان و زمینه‌های مربوط به بهره‌برداری معادن و ریز و آسب کردن و حتی جاده‌سازی و موارد مشابه استفاده می‌شود.

اما در ارتباط با جوشکاری این دسته از فولادها: این فولادها قابلیت جوش پذیری خیلی خوبی ندارند و در جوشکاری با مشکل ترکیب‌دهی به شدت روبه‌رو هستیم و راه‌حلهایی که برای جلوگیری از ترکیب‌دهی در فولادهای دیگر استفاده می‌کردیم با این فولادها کاملاً متفاوت است. اگر بخواهیم بر روی این دسته از فولادها چه در حالت ریخته‌گری و چه در حالت کونچ شده جوشکاری کنیم به علت گرم و سرد شدن مناطق اطراف جوش ما تشکیل فاز مارتنزیتی کاربرد مگنیز را داریم و در نتیجه ما با تردی روبه‌رو هستیم. بنابراین ما باید برای جوشکاری سعی کنیم تا جایی که امکان دارد مناطق مجاور جوش کمتری مقدار کمتری گرم شوند و زمان توقف کمتری هم در این دما داشته باشند تا پدیده ترد شدن کمتر رخ دهد. به بیانی می‌توانیم این‌گونه بیان کنیم که باید از فرآیندهایی استفاده کنیم که تمرکز حرارت بالاتری داشته باشند تا حرارت کمتری به مناطق اطراف پراکنده شود. علاوه بر این برای جوشکاری این دسته از فولادها هیچ‌گونه پیش‌گرم‌کردنی توصیه نمی‌شود و باید کاملاً به صورت سرد عملیات جوشکاری را انجام دهیم. برای مثال اگر با الکتروود دستی جوشکاری انجام می‌دهیم باید الکتروود را باریک و آمپر را کم در نظر بگیریم و به صورت منقطع جوشکاری کنیم و سعی کنیم که مناطق اطراف جوش سرد باشند و حتی پیشنهاد می‌شود که از دستمال خیس در پشت کار استفاده کنیم که توقف کمتری در دماهای بالا داشته باشیم. باید توجه داشت که چون عموماً قطعات ضخیم است و ما می‌خواهیم سریع سرد شود در این حالت با توجه به این که آمپر را هم کم گرفتیم این احتمال پیش می‌آید که ما نفوذ ناقص داشته باشیم که عموماً برای این که این مورد را بر طرف کنیم ترجیحاً از چند پاس استفاده می‌کنیم البته با فواصل زمانی که خیلی حرارت به اطراف پراکنده نشود. مسئله دیگری که در این جا مطرح می‌شود این است که سریع سرد کردن باعث می‌شود که تنش‌های پسماند در قطعه ایجاد شود و باقی بماند آیا در این حالت ما اجازه این را داریم که بعد از عملیات جوشکاری قطعه را تنش‌گیری کنیم که در این جا جواب منفی است ما حق هیچ نوع عملیات حرارتی را بعد از جوشکاری نداریم فقط برای از بین بردن این تنش‌ها باید از عملیات‌های مکانیکی مثل کوبش استفاده کنیم. بحث دیگری که مطرح می‌شود فیلر متال است، عموماً چون قطعاتی که ما داریم دارای ابعاد بزرگی هستند کمتر از فرآیندهایی مثل لیزر استفاده می‌شود و هموماً قطعات این‌چنینی یا از الکتروود دستی استفاده می‌کنند و یا از TIG. برای این فرآیندها عموماً فیلر متالی که استفاده می‌کنیم دو دسته هستند یا با همان ترکیب مشابه هست که طبق استاندارد AWS با نام E Fe-Mn بیان می‌شود که دارای کربن 0.8-0.9% است و مگنیز 10% که تقریباً در همان رنج است و البته مقداری کروم و مولیبدن و عناصر دیگر هم دارد (البته باید توجه داشت که از همین الکتروود برای عملیات سختی سطحی هم استفاده می‌شود). الکتروود دیگری که برای جوشکاری این دسته از فولادها استفاده می‌شود الکتروودهای استنیتی کروم نیکل بالا است که حدوداً 25% Cr و 20% Ni دارد. البته این الکتروود در فلز جوش ساختار استنیت بوجود می‌آورد در عین حال چون مقداری از کروم آن با کربن کاربرد کروم ایجاد می‌کند می‌تواند باعث سختی در فلز جوش هم شود اما به علت وجود نیکل نسبت به دسته قبلی الکتروودها از استحکام

سایشی و سختی کمتری برخوردار است. علاوه بر این مسائل یکی از مسائلی که در ارتباط با این دسته از فولادها با آن برخورد داریم قطعاتی است که نیاز به تعمیر دارد. در این موارد عموماً لایه رویی یک لایه مارتنزیتی و ترد است که حتی ترک هایی هم در آن وجود دارد چون لایه زیری زمینه آستنیتی داشته است ترک ها عمقی نشده اند در این حالت برای جوشکاری و تعمیر این قطعات باید حتماً لایه رویی را برداریم زیرا اگر بر روی این لایه عملیات جوشکاری را انجام دهیم باعث گسترش ترک می شود بنابراین باید حتماً این لایه را برداریم تا به لایه آستنیتی بدون ترک برسیم و بعد بر روی آن جوشکاری کنیم. بعضی موارد هست که ما برای مثال می خواهیم این فولاد را به فولاد دیگری متصل کنیم که سریع سرد شدن برای آن مضر است در این حالت می توانیم در یک طرف سیستم مبرد قرار دهیم و در طرف دیگر پیش گرم را استفاده کنیم که البته در چنین شرایطی طراحی برای ما بسیار اهمیت دارد و چرا که اگر طراحی مناسب نباشد ما در یک طرف که پیش گرم کردیم ذوب بیشتری داریم و در طرف می توان ذوب کمتری داریم.

متالورژی جوشکاری چدن ها :

چدن از نظر آنالیز را می توانیم به نوعی یک فولاد کثیف بیان کنیم که مقدار زیادی ناخالصی دارد. به نوعی دیگر آنچه که از کوره بلند به دست می آید و به عنوان آهن ریخته گری گفته می شود تقریباً همان آنالیز چدن را دارد که بعداً تحت عملیاتی ناخالصی های آن را می سوزانند و فولاد به دست می آید. در آنالیز چدن ها از 2.2-3.8% کربن دارد که نهایتاً می تواند به 4% برسد و اگر بیش از این درصد کربن اضافه کنیم بقیه کربن یا در سطح رسوب می کند یا می سوزد. سیلیسیوم هم در چدن های معمولی در حدود 0.5-3.5% و در برخی چدن های خاص مثل چدن های نسوز یا آلیاژی حتی تا 8% هم سیلیسیوم می تواند وجود داشته باشد. درصد منگنز هم بین 0.1-1.5% بیشتر نیست. مقداری گوگرد، فسفر، اکسیژن و ازت هم در آنالیز چدن ها وجود دارد البته این مقدار از مقداری که در فولاد ها بود بیشتر است. البته در مورد چدن ها هم چدن های آلیاژی داریم که عناصری مثل کروم، نیکل، مس، آلومینیوم و ... در آن وجود دارد. بحث دیگری که در ارتباط با چدن ها مطرح می شود این است که کربنی که در این چدن ها وجود دارد به چه شکلی است که همین مورد تعیین کننده انواع و خواص چدن ها است. کربن در چدن ها به ۴ نوع دیده می شود یک مقدار بسیار کمی از کربن به صورت محلول جامد است که چون مقدار آن خیلی کم است می توانیم از آن صرفه نظر کنیم. بخش عمده کربن می تواند به صورت آزاد باشد یا به صورت ترکیبی باشد که ترکیبی بیشتر کاربرد را در بر می گیرد. بنابراین کربن آزاد را در چدن ها به صورت گرافیت در نظر می گیریم و کربن ترکیبی را به صورت کاربرد. بخش باقی مانده کربن هم که باز مقدار زیادی نیست به صورت ناپایدار در ساختار به صورت مارتنزیت تشکیل می شود که این مارتنزیت ناپایدار است و اگر تحت شرایطی حرارت ببیند از ساختار مارتنزیت خارج می شود و فریت و کربن ایجاد می شود. در مورد چدن ها هم همانند فولاد ها که ما عناصر پایدار کننده فریت و آستنیت داشتیم در این جا هم عناصر گرافیتزا و کاربردزا داریم برای مثال می تواند عناصری مثل کربن و سیلیسیوم را به عنوان عناصر گرافیتزا و عناصری مثل منگنز، کروم و بیسموت را به عنوان عناصر کاربردزا نام برد. در این حالت طبق این انواع کربن به چدن هایی که در آنها کربن به صورت آزاد (گرافیت) وجود ندارد چدن های سفید گفته می شود و چدنی که در آن کربن آزاد وجود نداشته باشد اما اگر به آن زمان دهیم امکان دارد که کربن به صورت آزاد در آن ایجاد شود به آن دسته چدن ها، چدن Child گفته می شود یعنی در این نوع چدن ها ساختار اولیه کاملاً مثل چدن های سفید است و تمام کربن به صورت ترکیبی (سمنتیت

اولیه و ثانویه) ایجاد شده است. تفاوت این نوع چدن‌ها با چدن‌های سفید در این است که اگر چدن Child را در دمای 400-500 درجه نگه داریم و سرد کنیم مقداری از کربن آن به صورت گرافیت آزاد می‌شود و حتی ممکن است به طور کامل تمام کربن ما به صورت گرافیت آزاد شود. اما چدن‌هایی که کربن آزاد یا گرافیت دارند خود این گرافیت می‌تواند به صورت‌هایی باشد که خود تقسیم بندی برای چدن‌ها درست می‌کند. اگر گرافیتی که آزاد شده است به صورت نوری یا ورقه ای باشد در این حالت چدن را چدن خاکستری گویند. اگر به صورت برفکی شکل باشد به آن چدن مالیل گویند و اگر به صورت کروی باشد به آن چدن ندولار یا SG گویند. باید توجه داشت که دو نوع چدن ندولار مالیل هر دو خاصیت چکش خواری دارند و حتی در کارگاه های سنتی تحت عنوان چدن قیچی یا نشکن معروف هستند. البته باید توجه داشت که هریک از این ها خود می‌تواند انواعی داشته باشد برای مثال برای چدن خاکستری ما چدن نوع ۱ و ۲ و ... داریم یا اینکه برای چدن برفی شکل یا کروی این که تا چه حد گرافیت ما منسجم باشد یا از هم پراکنده و توخالی باشد خود انواعی را ایجاد می‌کند که این ها خود می‌تواند خواصی را برای چدن ایجاد کند. معیار دیگری که با آن می‌توان چدن‌ها را تقسیم بندی کرد زمینه چدن‌ها است برای مثال چدن خاکستری گرافیت نوع A با زمینه فریتی یا زمینه فریتی پرلیتی و یا چدن SG با زمینه آستنیتی که دارای خواصی مشابه با فولادهای فورج باشد و به همین ترتیب برای سایر چدن‌ها هم داریم. بنابراین با توجه به دو معیار که گرافیت ما به چه صورتی است و زمینه آن چه نوعی است می‌توانیم خواص متفاوتی را برای چدن‌ها در داشته باشیم. در چدن‌ها بر اساس تعادل بین عناصر گرافیت‌زا و کاربیدزا و هم چنین نحو سرد شدن ما انواع چدن را داریم. برای همین نکته سرد شدن یک آزمایشی است به اسم آزمایش گوه که در آن را با چدن ریخته‌گری می‌کردند و نتیجه این بود که در نوک گوه چدن سفید بود همین طور که بالا می‌رف درصد چدن خاکستری آن اضافه می‌شود که توجه این عمل این است که در نوک گوه چدن سریع سرد شده است و تمام کربن به صورت ترکیبی در آمده اما در بالا نمونه آرام تر سرد شده و کربن فرصت این را داشته است که به صورت آزاد جدا شود. اما در ارتباط با خواص چدن‌ها، چدن‌ها در مقایسه با فولاد های دارای برخی خواص است که به شدت به فولاد ها نزدیک است و حتی در مواردی جایگزینی این دو را هم داریم. اما به طور کلی چدن‌ها دارای خاصیت Cast ability یا قابلیت ریخته‌گری شدن است که این خاصیت خود به چند علت است اول این که چدن‌ها نسبت به فولاد های دارای درجه حرارت ذوب پایین تری است همین نقطه ذوب پایین کمک می‌کند تا با کوره‌هایی معمولی که با انرژی سوخت کار می‌کنند هم بتوانیم چدن را ذوب کنیم در صورتی که برای فولادها ما نیاز به کوره های القایی یا کوره های قوسی با درجه حرارت های بالاتر داریم علاوه بر این مورد به ما کمک می‌کند که ما دیگر با مشکل ماسه و ماسه سوزی هم روبه‌رو نباشیم. عامل دیگری باعث Cast ability می‌شود سیالیت چدن است چدن نسبت به فولاد دارای سیالیت بهتری است و روانتر می‌تواند قالب را پر کند. و عامل دیگر که در این زمینه اهمیت دارد بحث انقباض بعد از انجماد است که باز هم نسبت به فولادها خیلی کمتر است که این مورد خود باعث می‌شود که محاسبات راهگاهی و تغذیه ساده‌تر شود. البته این کم بودن درصد انقباضی هم به آن علت است که گرافیتی که آزاد می‌شود مقداری افزایش حجم دارد و این مسئله مقداری از انقباض را جبران می‌کند. خاصیت دیگری که برای چدن‌ها می‌توانیم نام ببریم Machine ability یا قابلیت ماشین کاری است. این قابلیت ماشین کاری خود به آن علت است که ذرات گرافیت تا حدی کاری روغن کاری را انجام می‌دهد و به علاوه تیکه های ماشین کاری هم به گونه ای نیست که دور ماشین ابزار بیچد و مشکل ایجاد

کند بلکه به صورت تیکه تیکه و خرد است و در نهایت ما سطح تمیزی را با ماشین کاری می‌توانیم بدست آوریم. خاصیت دیگری چدن‌ها خاصیت جذب ارتعاش یا صدا خفه‌کن است یعنی وقتی به چدن ضربه می‌زنیم این ارتعاشات پیش می‌رود تا رسیدن به گرافیت که حالت پوک دارد و در آنجا دفع می‌شود از همین خاصیت استفاده می‌شود تا در بدنه ماشین یا بعضی ابزارهای بزرگ از صدای زیاد جلوگیری کند حتی بین چدن خاکستری و چدن ندولار چدن خاکستری بهتر صدا را جذب می‌کند زیرا سطح وسیع تری دارد و احتمال جذب این ارتعاشات در آن بیشتر است. از خواص دیگری که برای چدن‌ها می‌توان نام برد خاصیت خود روغن کاری است که خیلی بوش‌ها را از چدن‌ها درست می‌کنیم چرا که هم خود گرافیت اصطکاک را پایین می‌آورد و هم این که اگر روغنی به آن اضافه کنیم در گرافیت نفوذ می‌کند و به این راحتی خشک نمی‌شود. خاصیت دیگری که برای چدن‌ها می‌توانیم نام ببریم تا حدودی مقاومت خوردگی است برای مثال اگر لوله چدنی را با لوله فولادی مقایسه کنیم لوله چدنی مقاومت بهتری دارد.

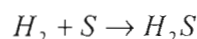
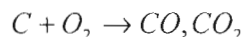
در مقابل دو محدودیت جدی برای چدن‌ها وجود دارد یکی بحث Form ability است همان‌طور که می‌دانیم چدن را تنها با روش ریخته‌گری یا ماشین کاری می‌توانیم بدست آوریم. برای مثال برای چدن سفید ما فرم پذیری حتی کمتر از 1% را داریم برای چدن خاکستری با توجه به زمینه امکان دارد تا 6-7% هم فرم‌پذیری را داشته باشیم اما برای چدن‌ها ندولار و مالیل بهترین حالتی که وجود دارد این است که تا 15% فرم‌پذیری را دارد. به همین علت است که کاربرد این قطعات چدنی هم بیشتر محدود می‌شود به جاهایی که نمونه ما تحت تنش‌های کششی نباشد و بیشتر در تحت تنش‌های فشاری قرار گیرد. محدودیتی دیگری که برای چدن‌ها می‌توان نام برد Weld ability پایین آنها است به این مفهوم حتی برخی چدن‌ها هستند که ما بر روی آنها اصلا نمی‌توانیم جوشکاری کنیم برخی دیگر هم تنها تحت شرایطی می‌توانیم آنها را جوشکاری کنیم. برای مثال بهتر است که چدن‌های سفید و آلیاژی را اصلا جوشکاری نکنیم چرا که این قدر ترد هستند که در حین جوشکاری با مسئله ترکیدگی به شدت روبه‌رو هستیم اما چدن‌های خاکستری یا ندولار و مالیل باز بهتر است البته باز بستگی به این دارد که در صد کربن و گوگرد آنها چه مقدار است یا این که زمینه آنها چه نوعی است متفاوت است. بنابراین حتما نیاز به شرایطی را خاصی برای جوشکاری چدن‌ها است.

اما مورد دیگری که اهمیت دارد این است که در حدود 70-80% جوشکاری چدن‌ها برای تعمیر عیوب ریخته‌گری است و درصد باقی مانده در ارتباط با سختی سطحی و اتصالات است.

متالورژی جوشکاری چدن‌ها:

• مشکلات جوشکاری چدن‌ها: یک سری مشکلات در جوشکاری چدن‌ها مربوط به W.M است و یک سری از مشکلات مربوط به H.A.Z. است. مشکلات مربوط به فلز جوش را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد یکی تخلخل است و یکی سخت شدن یا الماسه شدن و حتی گاهی ترکیدگی. اما در H.A.Z. عمدتاً مشکل همان سخت شدن یا الماسه شدن و ترکیدگی است. البته گاهی در اثر استفاده از ماسه غیر مرغوب در ریخته‌گری استفاده می‌کنیم سطح قطعه چدنی با ماسه سوزی روبه‌رو هستیم که باعث می‌شود در روی سطح به علت تشکیل سیلیکات سختی بالایی داشته باشیم که در این حالت کاربید سیلیسیومی که در سطح وجود دارد مانع جوشکاری بر روی سطح می‌شود که این مسئله جدا از سختی است که در اثر جوشکاری ایجاد می‌شود.

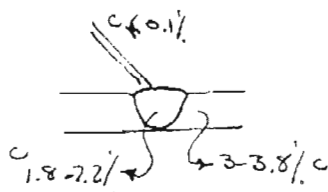
تخلخل در فلز جوش در چدن‌ها: اکثر چدن‌هایی که ما بر روی آنها جوشکاری انجام می‌دهیم دارای کربن آزاد یا گرافیت هستند. از طرفی خود گرافیت پوک و تو خالی است و خیلی منسجم و فشرده نیست و از طرف دیگر چربی و رطوبتی که در روی سطح است می‌تواند جذب گرافیت شود و بین کربن و اکسیژن داخل خود چدن یا اکسیژنی که از هوا وارد می‌شود و یا حتی از اکسیژنی که از اکسیدهای ناپایدار راه می‌شود (مثل اکسید سیلیسیوم) واکنش صورت گیرد و CO₂ یا CO آزاد شود که هر دو فاز گازی است که اگر از داخل مذاب رها نشود می‌تواند در داخل چدن‌ها تولید تخلخل کند. البته باید توجه داشت که اکسیژن از چربی یا رطوبت هم می‌تواند بوجود آید چرا که چربی که بر روی چدن قرار دارد به راحتی که از روی فولاد یا آلومینیوم پاک می‌شود پاک نمی‌شود. علاوه بر این چربی یا رطوبت برای ما مشکل H₂ را هم می‌تواند ایجاد کند به دو دلیل اول اینکه خود H₂ در چدن ایجاد تخلخل کند و هم این که با گوگردی که در چدن‌ها عموماً وجود دارد واکنش دهد و تولید H₂S کند که همین گاز هم می‌تواند خود ایجاد تخلخل کند.



اما راه کارهایی که برای بر طرف کردن این مورد مطرح می‌شود اول این است که اگر قطعه چدنی ما ضمن سرویس مشکلی پیدا کرده و می‌خواهیم بر روی آن جوشکاری انجام دهیم حتماً مراحل پاک سازی و تمیز کردن را بر روی آن انجام دهیم. البته در این جا چون پاک سازی دیگر به راحتی قبل نیست عموماً گرافیت‌زدایی از سطح برای این قسمت مطرح می‌شود. راه‌های گرافیت‌زدایی عبارت است از سوزاندن، شیمیایی و الکترولیز مذاب. البته این کار برای پوشش دادن یا لعاب دادن و حتی لحیم کاری هم پیشنهاد می‌شود چرا که گرافیتی که ذاتاً چرب است خود می‌تواند مشکل ایجاد کند. به طور خلاصه برای سوزاندن می‌توانیم از شعله کم احیایی استفاده کنیم تا گرافیت‌زایی سطح انجام شود و یا این که در محلول های شیمیایی آن را قرار دهیم که باز سطح گرافیت‌زایی می‌شود و به همین ترتیب الکترولیز که از هزینه بیشتری برخوردار است. راه حل دیگری که وجود دارد شرایط محافظت است که اکسیژن از هوا وارد مذاب جوش نشود. در این حالت اگر با فرایند اکسی استیلن جوشکاری می‌کنیم بهتر است که شعله را کمی احیایی بگیریم، شعله احیایی برای فولادها ما را با این احتمال روبه‌رو می‌کند که کربن جذب قطعه کار شود اما در چدن که درصد کربن آن بالا است دیگر این احتمال را نداریم در عین حال شرایط جلوگیری از سوختن کربن را ایجاد می‌کند. یا اگر از فرایند جوشکاری الکتروود دستی استفاده

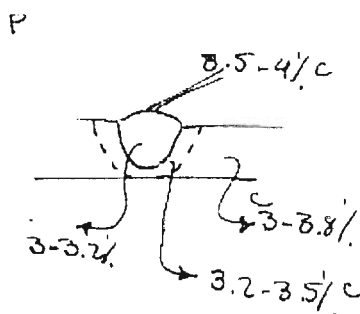
می‌کنیم این مورد را در پوشش الکتروود پیش بینی می‌کنند که مقداری کربن در آن وجود داشته باشد که این کربنی که در پوشش الکتروود است در هنگام تشکیل قوس می‌سوزد و یک محیط احیایی هم در اطراف قوس ایجاد می‌کند که این محیط احیایی خود امکان ورود اکسیژن به داخل قوس را کمتر می‌کند. برای همین است که بیان می‌شود حتی المقدور در محیط باز بر روی چدن‌ها جوشکاری نشود و یا طول قوس برای جوشکاری بر روی چدن‌ها زیاد نباشد. یا به همین ترتیب برای جوشکاری‌های با محافظت گاز بیان می‌شود که فشار گاز حتما کنترل شده باشد. مورد دیگری که برای ما ایجاد اکسیژن می‌کرد به غیر از اکسیژن هوا و رطوبت و چربی، اکسیژن اکسیدهای ناپایدار است بنابراین علاوه بر موارد بالا باید به این نکته هم توجه کنیم که اگر در محدوده ای که می‌خواهیم جوشکاری کنیم آخال‌هایی وجود دارد آنها را هم بر طرف کنیم. پس بنابراین لازم است مرحله آماده سازی را با دقت انجام دهیم تا در مناطقی که می‌خواهیم جوشکاری کنیم و حتی پشت آن آخال وجود نداشته باشد. نکته دیگری که در جوشکاری چدن‌ها باشد آن رعایت کنیم این است که سعی کنیم که حوضچه جوش ما چه از نظر سطح و چه از نظر عمق خیلی بزرگ نباشد. چراکه اگر سطح حوضچه جوش کا بزرگ باشد احتمال اینکه ما نتوانیم محافظت را به خوبی انجام دهیم و اکسیژن وارد حوضچه جوش شود بیشتر می‌شود در عین حال اگر عمق ما زیاد باشد امکان این به وجود می‌آید که گازهایی که می‌خواهند آزاد شوند نتوانند و در میانه راه محبوس شوند که تخلخل ایجاد می‌کند. البته با توجه به این نکته که ما در جوشکاری چدن‌ها بیشتر بحث تعمیرات را داریم نه اتصال از بابت نفوذ کم هم نگرانی نداریم و می‌توانیم جوشی با حجم کم و عمق کم را انتخاب کنیم هر چند اگر هم مورد اتصال بود می‌توانستیم از پیخ سازی کمک بگیریم البته این نکته هم در پیخ سازی چدن‌ها باید توجه شود که نیاز به پیخ سازی با دهانه بازتری است. البته گاهی در حین جوشکاری متوجه می‌شویم که حباب‌های گاز نتوانسته رها شود در این حالت می‌توانیم بر روی قسمتی که جوش داده ایم را سنگ بزنیم تا جایی که بین حباب‌های گاز را رها کنیم و بعد دوباره پاس بعدی را انجام دهیم. البته باید توجه داشت که نوع سرویس قطعه هم برای این که تا چه حد بر روی این مورد حساسیت دهیم اهمیت دارد.

اما عیب بعدی که در چدن‌های گفته شد سخت شده یا الماسه شدن یا ترکیدگی است که دلیل آن را به این صورت می‌توان توضیح داد. برای مثال فرض کنید بر روی یک قطعه چدنی با $3-3.8\%$ کربن با یک الکتروود معمولی مس‌وار یا E6013 که برای جوشکاری فولادهای ساده ساختمانی است و کربن آن زیر 0.1% است جوشکاری کنیم در این حالت با فرض اینکه اگر $D=40-60\%$ باشد ترکیبی که ما در فلز جوش داریم تقریباً بین $1.8-2.2\%$ کربن می‌شود و با توجه به این که فلز جوش معمولاً سریع‌تر هم سرد می‌شود مسلماً ساختاری که در این منطقه داریم چدن سفید با لدبوریت‌های اولیه و ثانویه است و حتی با ساختار مارتنزتی. در این حالت با این ترکیب و ساختار کاملاً طبیعی است که ما سختی بالایی داریم همراه با تردی بالا و در عین حال تنش‌های ضمن جوشکاری هم می‌تواند عامل ترکیدگی شود.



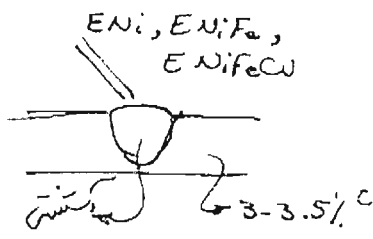
در مقابل راه هایی که برای بر طرف کردن این مورد، اول این که ما می توانیم بر روی ترکیب فلز جوش از روی انتخاب فلز پر کننده مناسب، میزان رقت و کنترل سیکل گرم و سرد شدن تغییر دهیم. برای مثال در ارتباط با فلز پرکننده، ما به عنوان فلز پر کننده می توانیم از فلز پرکننده پایه آهنی ساده استفاده کنیم اگر D را بتوانیم پایین نگه داریم یعنی چیزی در حدود کمتر از 10% و در عین حال اگر می خواهیم از فلز پرکننده پایه آهنی ساده استفاده کنیم باید بتوانیم سرعت سرد شدن را هم کنترل کنیم. باید توجه داشت که برای کم کردن D تا این اندازه مسلما ما نمی توانیم از فرایندی مثل الکتروود دستی یا زیر پودری استفاده کنیم تنها فرایند هایی که ما می توانیم همچین D را ایجاد کنیم TIG و اکسی استیلن است. در این شرایطی که ما میزان رقت را تا 10% کاهش داده ایم درصد فلز جوش ما تقریبا همان 4-4.5% کربن می شود و اگر مقداری بر روی سرعت سرد شدن هم کنترل داشته باشیم دیگر مشکل سخت شدن را نداریم چون دیگر ساختار سمیتیت ایجاد نمی شود و بیشتر ساختار فریتی پرلیتی و نهایتا مقدار کمی مارتنزیت بدست آوریم. بنابراین با استفاده از فرایندهای خاصی که می تواند D کمی داشته باشد می توانیم از فلز پرکننده پایه آهنی ساده استفاده کنیم. حالت دیگری که برای فلز پرکننده می توانیم استفاده کنیم فلز پرکننده پایه چدنی است. در این حالت دیگر D برای ما اهمیت ندارد تنها کنترل سرعت سرد شدن است که برای ما اهمیت دارد. البته باید توجه داشت که در این فلز پرکننده ما عناصر گرافیتزا زیاد و کاربیدزا کم است که معمولا الکتروود های چدنی هم توسط ریخته گری تولید می شود که تعیین این عناصر در آن کار سختی نیست. در این جا اگر از فلز پرکننده چدنی استفاده کنیم در حدود 3.5-4% کربن در الکتروود داریم و حتی اگر مقداری هم کربن بسوزد باز هم فلز جوش ما ترکیب چدنی دارد و با هر درصدی باز ترکیب ما تقریبا بین 3.2-3.5% می شود که باز باید به سرعت سرد شدن توجه داشت که ساختار ما چدنی باشد. تنها مسئله ای که مطرح می شود این است که اگر از الکتروود پایه چدنی استفاده کنیم دیگر نمی توانیم از جوشکاری با الکتروود دستی یا جوشکاری زیر پودری یا جوشکاری CO₂ استفاده کنیم در این حالت بیشتر از جوشکاری اکسی استیلن با شعله احیایی استفاده می کنند و حتی گاهی به آن مقداری روانساز هم اضافه می کنند تا احتمال سوختن کربن و سیلیسیوم آن کمتر شود. یک روش غیر متداول دیگر این است که از پایه قوس را بر روی الکتروود کربنی تشکیل دهیم و بعد الکتروود چدنی را وارد مذاب کنیم در این جا D هم اهمیتی ندارد پس می توانیم با کمی کنترل سرعت سرد شدن در این مورد هم ساختار مناسبی را ایجاد کنیم. حالت دیگری که بر روی برخی از پروژه ها انجام می شود این است که برای این که بتوان الکتروود چدنی را به صورت مفتول درست کرد آن را به صورت Cores Wire درست کردیم یعنی در داخل یک تسمه فولادی که فرم دادیم و لوله ایجاد کرده ایم مقداری مواد فروسیلیس و گوگرد و ... اضافه کرده ایم که ترکیب چدن را داشته باشد. اما روش متداول این است که از جوشکاری اکسی استیلن استفاده کنیم با شعله کمی احیایی و مفتول چدنی و همین طور در حین جوش ابتدا مقداری اطراف جوش را حرارت دهیم و حتی در آخر هم شعله را کمی بر روی کار نگاه داریم تا شرایط سرد شدن کنترل شود.

سهال در بر سرد کردن است با این روش
 صورت در دسترس



حال دیگری که برای فلز پرکننده استفاده می‌کنند این است که از فلز پرکننده پایه نیکلی استفاده کند. وقتی از فلز پرکننده پایه نیکلی استفاده می‌کنیم در این حالت الکتروود ما ENi، ENiFe، و ENiFeCu است. در این جا چدن با 3-3.5% کربن را در قطعه کار داریم و با هر D وقتی بر روی آن با این الکتروود ها جوشکاری کنیم نیکل در حدود 10% وارد فلز جوش می‌شود. همان طور که می‌دانیم نیکل پایدار کننده فاز آستنیت است و تا دمای محیط آستنیت را پایدار می‌کند و همین طور از اطراف هم این منطقه را گسترش می‌دهد و حلالیت کربن هم زیاد می‌شود و دیگر نگرانی از بابت درصد بالای کربن نداریم و از طرف دیگر تحول یوتکتیک هم نداریم که نگران آن باشیم پس یک زمینه آستنیتی بدست می‌آوریم با ترکیبات FeNi و حتی کمی گرافیت آزاد. بنابراین با استفاده از این دسته الکتروود ها و بوجود آمدن این ساختار دیگر ما مشکل سخت شدن را از فلز جوش نداریم. در این حالت دیگر ما نیاز به کنترل سرعت سرد شدن هم نیستیم اما باید توجه داشت که سرعت سرد شدن بر روی تنش های پسماند داخل جوش و منطقه H.A.Z. تاثیر دارد. در این جا هم می‌توانیم از الکتروودهای پوشش دار استفاده کنیم و هم از الکتروود های کلاف شده برای فرآیند هایی مثل MIG و هم می‌توانیم به صورت مفتول داشته باشیم برای فرایندهایی مثل TIG و اکسی استیلن. بنابراین تمامی مشکلات ما را الکتروود پایه نیکلی بر طرف می‌کند اما در عین حال محدودیت هایی هم دارد. یکی از محدودیت هایی که این الکتروود ها دارد این است که این الکتروودها گران است نسبت به قیمت خود قطعه چدنی نمی‌ارزد. محدودیت دیگری که این الکتروودها دارند این است که تطابق رنگ ندارند و که در برخی قسمت ها می‌تواند اهمیت داشته باشد. محدودیت دیگری که دارد این است که ما گاهی بر روی قطعه چدنی عملیات Flame Hard Surfacing انجام می‌دهیم اگر بر روی سطح چدن حرارت ایجاد کنیم و بعد از منطقه آستنیت سریع سرد کنیم سطح چدن در حد 0.5mm چدن child ایجاد شود و زیر آن چدن نرم است که اگر بر روی قسمتی ما با این الکتروود جوشکاری کرده باشیم و ساختار آستنیتی را به وجود آورده باشیم دیگر نمی‌توانیم با این عملیات حرارتی سطح آن را سخت کنیم و دوباره در سطح همان ساختار آستنیتی را داریم. مشکل دیگری در اثر جوشکاری با این الکتروود داریم این است که ساختار کاملاً متفاوت است و حتی گاهی که محیط سرویس ما خورنده است چون کاملاً این دو قسمت با هم متفاوت است یکی با نیکل خیلی بالا و یکی با نیکل پایین احتمال ایجاد پیل گالوانیک و خوردگی را زیاد می‌کند. و در نهایت آخرین مشکلی که با آن روبه‌رو هستیم در استفاده از این الکتروود اختلاف در ضریب انبساط حرارتی است که باز هم به علت اختلاف این دو ماده است که در برخی از قسمت های خودرو که اختلاف حرارتی بالایی را تحمل می‌کند این مورد می‌تواند مشکل ایجاد کند. البته برخی مفتول های دیگر مثل مفتول های برنجی یا مسی

یا نقره ای هم وجود دارد که کاربرد های محدودی دارد که این مشکل سخت شدن را کاهش می دهد اما باز همین اختلاف در جنس را داریم که باعث محدود شدن کاربرد آنها می شود.



و اما مشکل H.A.Z.، این که چرا این مشکل به وجود می آید: برای مثال یک چدنی که بین 3-3.8% کربن دارد را در یک زمان کوتاهی به منطقه آستنیت بر ده ایم و بعد سریع سرد کرده ایم درست مثل نوک آزمایش گوه در H.A.Z. به علت سریع شدن کربن فرصت نکرده به صورت گرافیت آزاد شود و به صورت ناپایدار به صورت سمیتیت ثانویه یا مارتنزیت در ساختار قرار گرفته است که همه این ها باعث تردی H.A.Z. می شود. در انی جا مشکل خیلی جدی تر از فلز جوش است چون در قسمت فلز جوش ما می توانیم با فلزپرکننده و سیکل گرم و سرد شدن و کنترل میزان رقت بر روی خواص این قسمت مانور دهیم و آن را برطرف کنیم اما در این جا فقط سیکل گرم و سرد شدن است که ما می توانیم تغییر دهیم و آنالیز H.A.Z. را نمی توانیم تغییر دهیم مگر این که از ابتدا چدنی را ریخته گری کنیم که با مشکل H.A.Z. کمتر روبه رو باشیم.

برای رفع این مشکل دو تکنیک در جوشکاری مطرح است یکی جوش سرد بر روی چدن و یکی جوش گرم بر روی چدن است. هدف از جوش سرد این است که منطقه H.A.Z. را کم کنیم و همین طور توقف در منطقه آستنیت را کم کنیم. وقتی یک چدن یا فولاد پر کربن را در منطقه آستنیت می بریم و مقداری کربن داخل آستنیت حل می شود که این کربن یا از گرافیت آزاد می آید و یا از کربن ترکیبی. حال اگر ما هم زمینه فریتی با گرافیت داشته باشیم و هم زمینه پرلیتی از زمینه پرلیتی راحت تر و در زمان کمتری کربن جذب آستنیت می شود و آستنیت را اشباع می کند این به آن علت است کربن از نوار های پرلیت سریع تر می توانند خود را به آستنیت برسانند چون در هر دو مورد بحث ما نفوذ است و در پرلیت در کناره های نوار های پرلیت فرتی وجود دارد که آستنیت شده و می خواهد از کربن اشباع شود پس مسافت کمتری باید طی کند و زمان کمتری می برد. بنابراین در جوش سرد زمینه می تواند موثر باشد. برای جوشکاری سرد ما حتما باید از الکترو د نیکیلی استفاده کنیم بدون این که آن را پیش گرم کنیم و با الکترو د نازک و آمپر های پایین کار می کنیم و همچنین باید تکه تکه جوشکاری صورت گیرد و همواره سعی می کنیم که اطراف جوش سرد باشد و مناطق کمتری به درجه حرارت آستنیت برسد و آن قسمت هایی که به دمای آستنیت رسیده کمتر در این دما باشند تا فرصت نکند آستنیت از کربن جذب کند. اگر ما به منطقه آستنیت برویم و قبل از این که آستنیت کربن جذب کند برگردیم دیگر نگرانی از ترد نداریم بلکه در حالتی با تردی روبه رو هستیم که آستنیت ما کربن اشباع شود. اما در جوش گرم هدف این است که سعی کنیم منطقه H.A.Z. را همانند حالتی که در ریخته گری سرد می شود سرد کنیم یعنی اگر بتوانیم شرایطی برای سرد

شدن ایجاد کنیم که در ابتدا در ریخته‌گری سرد شد در این حالت دیگر تفاوت ساختار را با بقیه قسمت‌ها نداریم. اینجا دیگر این مطرح نیست که چه زمانی در منطقه آستنیت بماند و آستنیت اشباع شود یا خیر چرا که ما سعی می‌کنیم همانند حالت اولیه سرد کنیم که تفاوتی در ساختار نباشد. در این حالت برتری نسبت به جوش سرد آن است که می‌توانیم هر یک از انواع فلزپرکننده استفاده کنیم مهم این است که ما قطعه را بین 100-500 درجه پیش گرم می‌کنیم و بعد از این که بر روی آن جوشکاری کردیم آن را در شرایطی قرار می‌دهیم که هرچه آرام تر سرد شود. یکی از حالت‌هایی که در کارگاه‌های سنتی استفاده می‌شود هم به نوعی همین صورت است که قطعات کوچک را بر روی اجاق یا حرارت قرار می‌دادند و به تدریج که گرم می‌شود بر روی همان حالت جوشکاری را انجام می‌دهند و بعد دوباره مدتی در همان شرایط بر روی حرارت باقی می‌گذارند و بعد آرام سرد می‌کنند که در این حالت تنش‌ها هم بیشتر فرصت می‌کنند که رها شوند و احتمال ترکیدگی ما بیشتر هم می‌شود. در خیلی از مواقع دیده می‌شود حتی در این شرایط هم مقدار کمی ما کاربرد داریم که برای این مورد پیشنهاد می‌شود یک عملیات آنیل دوباره بر روی آن انجام شود. تنها مشکلی که جوش گرم دارد این است که ما برای قطعات بزرگ و پیچیده کار ساده‌ای نیست و یا این که تصور کنید ما یک لوله اکسترود را می‌خواهیم جوشکاری کنیم در این جا حتی پیش گرم کردن برای 100 درجه هم امکان پذیر نیست چون جوشکار باید داخل آن جوشکاری کند و به علاوه نمی‌توانیم این نوع جوشکاری را به صورت موضعی انجام دهیم چون اگر بخواهیم موضعی آنها را گرم کنیم چدن‌ها نمی‌توانند این اختلاف حرارتی و تنش ناشی از آن را تحمل کنند و در جای دیگری ترک می‌خورد و شکست از جای دیگر شروع می‌شود. در عین حال باید توجه داشت که نمی‌توانیم قطعه چدنی یک باره گرم کنیم بلکه باید آرام آرام گرم کنیم.

فرایند‌هایی که برای جوشکاری چدن متداول است یکی جوشکاری با الکتروود دستی و یکی جوشکاری اکسی استیلن است که در صنعت عمدتاً از این دو استفاده می‌شود. عملیات TIG و MIG هم هست البته محدود تر و بیشتر برای جاهایی که می‌خواهیم عملیات سختی سطحی را انجام دهیم استفاده می‌شود و عمدتاً با گاز آرگون. فرایند جوش زیر پودری هم انجام می‌شود اما خیلی کم و بیشتر برای اتصال.