

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 - هنرکس (ترجمه)

۷- تکنولوژی جوشکاری - هجت

۸- طبله جوشکاری

۹- راهنمای جوشکاری آلومینیم و پیریت ؛ جوشکاری فولادها با الکتروود رست ؛ تکنولوژی جوشکاری ؛ فرسایش جوشکاری (کتاب)

Welding Journal -

مجله جوشکاری -

مجله مهندسی جوشکاری -

۱۱، ۱۱، ۱۴

« علمه اول »

مقاله‌ها :
زادینه‌ها جوشکاری

اتصالات (joinings) :

در صنعت معماری اتصالات در بر روی شیرین به صورت پیاپی و تکرار شده باشند. اما از اجزای تشکیل شده به هر کدام عبور می‌کنند. مختلف به هم متصل شده اند. اتصالات به از روی ظاهر و مختلف تقسیم بندی کرده اند. یکی از آن‌ها:



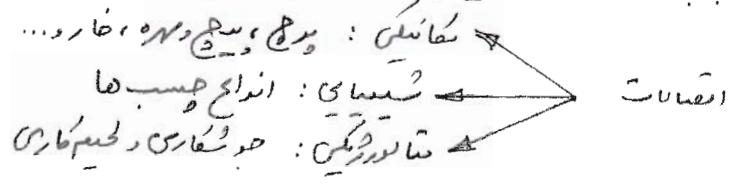
اتصالات وقت : به راحتی جدا می‌شوند مثل : پیچ و مهره ، خار ، Pin ، تپانچه ، ...
 اتصالات نیمه وقت : مثل درنگ‌ها به صورت شیار قوسی که اتصالات دائم باشند و می‌توانند جدا شوند.

آن اعتبار خیر است چاره آنند بسیار مشکل است. در این جا الزام داریم از اتصالات موقت استفاده کنیم و اجزاء جدا از هم باشند تا بتوانیم آن ها را از هم جدا کنیم و از یک جا بیرون بیاوریم. حتی قطعات بدنه کشتی را هم به صورت پیچ و مهره بهم نزنند. یعنی هر اجزای یک موتور را.

اتصالات نیمه موقت: این اتصالات به راحتی از هم جدا میشوند اما الزامی نیست با تدریس زحمتی بتوان آن ها را از هم جدا کرد مثل: خمیر چسب، در صنعت اکثر تریک ها بینیم قطعاتی که با چسب نرم به هم متصل شده اند بر اثر یک کوبیدن جدا میشوند. اما اگر از هم جدا کنیم بدون اینکه قطعه آسیب ببیند. همین طور پیچ و مهره می توانیم با یک مهره زن پیچ را خارج کنیم. خود اجزای آسیب نمی بینند فقط باید پیچ را عوض کنیم. گاهی بعضی از اجزای خود این دسته از اتصالات محسوب میشوند. این چسب ها حمل دارند (هم چسب ها جز این دسته نیستند) بلکه حمل می توانیم و چسب داخل کرده و قطعات را از هم جدا کنیم.

اتصالات دائم: برای جدا کردن این اتصالات باید نیروی یا انرژی در واقع چسب را از بین ببریم. مثلاً اتصالات دائم محسوب می شود. بعضی از چسب ها (چسب های ریزوب یا سخت) می توانند جزو اتصالات دائم باشند. برخی از چسب ها هم می توانند جزو اتصالات دائم باشند. اما بیشتر وقت بحث چسب کاری است.

بنابراین چسب کاری زیر مجموعه ای از joinings است. اتصالات دائم (پایه) و در هم تقسیم بندی می کنند:



البته اینها حالت خاص بینابین و فصل مشترک هم دارند یعنی ما اتصالات مکانیکی چسب کاری هم داریم. مثلاً پیچ و مهره، گس و چسب بر روی لوله سازی العوازل بینشان آمده.

انتخاب نوع اتصالات یکی از بحث های بسیار مهم در طراحی محسوب می شود. مثلاً در مورد اتصال Pt - Cu در مورد مختلف از روش های مختلف استفاده می کنیم چون باید هزینه کاهش پیدا کند، کیفیت مورد نظر تا این شود و سرعت عمل لازم را هم داشته باشد. مثلاً در یک حالت یک جامد Cu ساخته ایم در آن ضایعاتی در آن نوشته یا طوری که Pt ایجاد کنیم و در یک جا بر روی برادر از اتصال در یک قطعه مسی یک نقطه بر چسبیده Pt روی آن ایجاد می کنیم. می بینیم که تا چه حد متفاوت هستند چه از نظر کیفیت و چه از لحاظ تعداد قطعات تولیدی.

در طراحی ها همیشه از چسب کاری استفاده نمی کنیم، بلکه همیشه باید بررسی کنیم که چه نوع اتصالی باید انجام شود.

۱- اتصال: مثل اتصال مواد مختلف که نزدیک هم هستند نیستند؛ اتصال فلز به فلز، فلز به غیر فلز، غیر فلز به غیر فلز به صورت فلز، سرامیک به فلز، فلزات نامتجانس بطور کلی.

معمولاً وقتی که صحبت از جوشکاری می شود تداعی این کار بر بیشتر ذهن من رسد یعنی در قطعه می خوانند به هم متصل شوند.

۲- بازسازی عیوب قطعات ریخته گری یا ماشین کاری شده: قطعات ریخته گری در عین ریخته گری ظاهر دانه بندی عیوبی می شود که بعضاً وقتاً قطعه از قالب خارج می شود و بدست و ظاهر هم وقتاً تا شش کاری می شود یا دست های غیر خوب بر روی آن انجام می شود، معلوم می شود. مثلاً داخل قطعه حباب است یا زوب بطور کامل داخل قطعه را پر کرده.

در مورد قطعاتی که کوچک هستند معمولاً به زور تغییر یا بازسازی آن ها نیستیم، می توانیم آن ها زوب کنیم. اما در مورد قطعات بزرگ این مسئله مطرح است که چگونه کاری کنیم تا قطعه قابل استفاده باشد. در اکثر کارخانه های ریخته گری یک بخش به عنوان بازسازی قطعات وجود دارد. بخشی از آن ها با جوشکاری بازسازی می شوند و برخی هم خرد می شوند و مجدداً زوب می شوند. حتی در قطعات صرفاً با تونکران ترمیم می شوند. ظاهر ممکن است یک قطعه چند تن ریخته گری شود و یک

سوراخ کوچک در آن دیده شود که وقتاً آن درون آن بریزیم و شوهر شویم که یک حرفه - شکل طابری درون آن وجود دارد که چیزی حدود ۳۰ - ۳۵ کیلوگرم زوب نیاز داریم تا آن کار کنیم. این قطعه اگر سالم باشد شاید حدود ۱۲۰۰ تومان ارزش

داشته باشد اما اگر خرد شود کیلویی ۲۰ - ۷۰ تومان بیشتر نمی آید. چون با آن اعتبار خود را در آن قطعه کار کرده است و هر کاری که نوع ریخته گری است که در همان جا زوب را انجام می شود. این تصور هم که بتوانیم بعد از آن نواب

تهیه کنیم و چون صرفه جویی کنیم بعد از آن پذیر نیست چون همان لحظه اولی که زوب را می بریزیم در اعتبار خود می نبرد این که در قطعه جدا می شود و در نهایت یک تکه فلز متعدد شده داخل حرفه وجود دارد و عمل یکبارگی که با آن وجود داشته باشد، وجود ندارد. اما باید فرآیند جوشکاری در بعضی مینی در ساخت قطعه برآورد تغییر می شود و دقیقاً با همان کیفیت اولیه یعنی اگر کار جوشکاری بطور دقیق انجام شود حتی قسمت جوشکاری شده با قسمت های دیگر تفاوت خواهد نداشت.

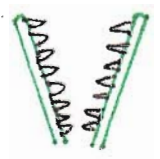
نوع دیگر، قطعات چرخ های موتور یا چرخ های Gear Box که چرخ های کوچکی هستند. ظاهر اوقات در ریخته گری نواب تمام قالب را پر می کنند (اصطلاحاً می نوبند زوب ما صیغه) یعنی زوب قبل از اینکه قالب را کامل پر کنند، منعقد شده است. تست هایی که پرسند مثلاً در ۰.۵cm یا ۱cm را می توانیم با جوشکاری بازسازی کنیم و به همان شکل اولیه سالم درآید یعنی صاحب کار می انجام داده ایم اما عند Joining اتصال نیافته.

در مورد قطعات ماشین کاری شده شان کاری وجود دارد. در صنعت برای تهیه قالب برای Press، یک عدد گذاشته می شود لاس قالب و به شکل خاصی در آن آید، تستی در آن خم می شود یا مثلاً بریده می شود و یک قطعه مثل شکل می نوبند یا Sink تهیه می شود. پرسه قالب سازی هزینه برد وقت گیر است. چون اولاً نوادها را معدوم نیست رعایت ها کار ماشین کاری داشته اند

باید انجام شود تا یک سنه یا بیشتر (زیرماده) تولید شود و قطعه داخل آن ترکه هم در بافت رادار آن هم شکل شود و نظر درآیدیم. خود این عمل قالب سازی تکنیک خاصی دارد اما اگر با ریخته گری قالب سازها را در قالب های لداقت تستی که باید رسم برده یا در تغییر شکل زیاد پاره می شود یا اصطلاحاً چوک می شود. یا سوراخ که باید Punch شود و در بعضی تستها در قالب درستی است که باید ساخته شود. معمولاً قالب سازی تستی که نسبت قالب را با ریخته گری می برد. مثلاً سوراخ

که باید قطران 45 با سرب نسبت ماتریسی بر او اعمال شود قطران شده 45. این قالب با هزینه زیاد در تولید شده و باید بطور متوسط 200 تا 100 هزار قطعه قالب سازی شود این قالبها بعد از مدتی خورد چون سوراخ ها با فرسایش کم کم خود را میسوزانند. نسبت سرب در ماتریس می تواند یک مقدار مشخص نیز بین ما بین کاری کنیم و قطر آن را تقویت نمود و قطری برسانیم، اما نسبت ماتریس که در دست به خوردگی می توانیم دست کنیم یا مقدارش Bush می ترانند و داخل آن قرار می دهند تا با اندازه سوراخ مورد نظر هم منطبق شود و قطران این هستند که وقتی سرب نشاء وارد می کنند که در آن سرب در، نسبت B sh را هم کاری کنند بعد از بریدن بریزند. راه دوم هم سکاری داخل ماتریس است که بعد از جو سکاری مجدداً سخت زدن و ماشین کاری انجام می دهند تا منتهی ماتریس را طوری تنظیم کنند که دقیقاً قطری که می خواهند در آن درج Punch شود ایجاد شود. و یا نسبت کوک در آن که چوبک شده یا آن شده را بر این باز سازی سخت نفی، هم سکاری می کنند، در اینجا نیز می توان زدن چهارب لونیست. پس در این موارد هم عمل هم سکاری را انجام می دهیم بدون اینکه این عمل را با هم می کنیم.

3- باز سازی قطعات فرسوده و مستهلک:
یکی از هزینه های بزرگ که در صنعت کسور و با خوردگی قطعات که در صنعت راه سازی، صنعت نفت، خودرو و ملاح و غیره دارند که به دلایل فرسوده می شوند. بحث ما اینست، خوردگی، فرسایش یا لایه شدن است یا قاع ترک های ناشی از خستگی حرارتی یا ناشی از Thermal Shock و ... نکته از قطعات ساده و ایزان هستند که خیلی کم تر باز سازی آن ها نیستیم. آن ها را در عرض اندازیم و یا به عنوان آرافه لایه زدیم، 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 قطعه ای فرسوده می شود، اولاً ممکن است بدون اینکه تعمیر آن هم به اندازه با همیم و اگر هم بخوانیم سکاری در همیم هم چون قطعه سنگین است و کاربرد زیاد هم ندارد هر چند سال یکبار تولید شود. از طرفی هزینه آوردن آن هم زیاد می شود. ممکن است خود قطعه به تنهایی زیاد مهم نباشد اما تعطیل شدن خط تولید بسیار مشکل ساز است. مثلاً خط تولیدی که چندین نفر در آن میانی تولید می کنند بر این حساس است تعطیل خط، هزینه بسیار زیادی را متعلق می شود. از این نوع قطعات در صنعت زیاد داریم که اینها قابل تعمیر و باز سازی هستند. حتی بعضی قطعات هستند که با تقویت در آن ها فرسودگی و همگامی لازم است که با طریق اینها تعمیر شوند. غنک های Continuous Coating را در نظر بگیریم که از یک طرف نوک زتاب را در آن سوراخ طرف دیگر هم در آن شمال میون می آید. این غنک از یک طرف با نوک زتاب سرد کار دارد و از طرف دیگر با مس هم غنک کشنده شکل آبی، یعنی مقاومت به خوردگی به خوردگی سطح است و لایه ای که با جو سکاری روی غنک رسوب داده می شود پس از مدتی ترک می خورد. ترک ها اگر از یک جهت عمیق تر شوند، غنک اثر نمی تواند کار کند. چون زرد لایه ترک ها می رود و منهدم می شود. در اینجا غنک را خارج می کنند روی آن را می ترانند و مجدداً با لایه رسوب می دهند. لایه ای که رسوب می دهند عمدتاً از فولاد 304 و فولاد های مارتنزیسی (stainless steel) 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 زردی خارج شود و به جهت تعمیر برسد.



نورانی که در صنعت معدن، آسیاب های سنگی هستند که ابعاد مختلف دارند. در فنک زاویه دار نسبت به هم هستند که یکی ثابت است و دیگری یک حرکت رفت و برگشتی دارد. در این فنک ها معدن را خارج و جدا کرده و ماسه آن ها را همسوزی کنند. فنک های بزرگتر از این با داخل این شکلون

رنگت می شود این سنگ سکن با هکت رفت بر سس سنگ ها رو فردی کند و با یک عهده سطحی کردن خارج می شود این سنگ ها آنگاه با ابعاد 23 و 27 قمر و وزن چندین هکتند از نوادهای تمام در برابر سایش ساخته می شوند چون طبعی است که سنگ که با یک سنگ کند و سکت می شود رنگ را چهار سایش کند. پس رنگ ها باید داخل سطحی با اولی طرح toughness با با سکت هم خوب بتواند سنگ ها رو فردی کند هم ساییده شوند. اما بعد از کاباره با یک سال بتدریج سطحی سطحی می باید شود و دو سکت رانده مان سنگ سنگ با این می آید. یعنی سنگ به جان اشک تا می سطحی می کند و فردی شود، هر دو با یک مجبوراً با سکت سنگ می برد با با این سایش. از این هکتند که با سنگ های سطحی سطحی می برد پس من اینند که سطحی سطحی می گردن سنگ که رانده مان با این می برد. یعنی مجبوراً عاج ایجاد کند. یک قطعه ای که فرسوده شده و چندین فردی رله را بعد از کوه مسطح کردن مجبوراً تا بل استفاده می شود. هر از کجا تا کجا می آید می سفید است.

4- ایجاد و دفع خاص با و سکت سنگ ها دور نظر:

با قطعات داریم در صنعت که یک سکت از آن سنگ سنگ سطحی یک لب یا یک node کردن باید خولان بعد از تقیه قطعه دامنه باشد در این جا دیگر یک فرسودگی نیست، در فردی فرسودگی سطحی است که یک سطحی از سطحی باید خولان تا با این دامنه باشد به دانه سطحی سکت استفاده یا سکت سنگ. یعنی از هر سطحی رطوبت را خولان با خولان آن لب با نرم سنگ است خلیان از آن تمام شود و یا سنگ است از لحاظ سنگی اجازه چندین کاری ندارد می بقیع.

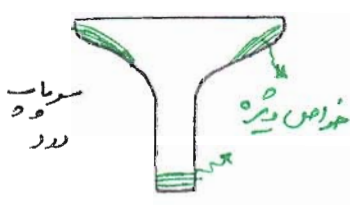
مثلاً یک لیونی که من خولان 500 بریک کاغذ رو برود. ابعاد سنگی اصلی لیونی سنگ است حدود 20x50mm باشد چون در این سنگ باید کاغذ رو لایه لایه، لیون باید بسیار تیز باشد چون این تیز با سنگ بری یا تیز کاغذ رو خراب می کند. علاوه بر تیز بودن باید نرم هم کند شود. از لحاظ ساختار باید در خاصیت سنگی toughness داشته باشد تا با سنگ تیز با سنگ هم زدند کند شود. کند شدن یعنی اشک هم تغییر فرم ندهد هم ساییده شود. مثلاً یک کاغذ رو دست می کشیم روی سطحی سنگ است ساییده شود و یک وقت هم سنگ است لب کاغذ رو تغییر فرم می دهد مثلاً بر می برد. یعنی در سنگ سنگی با این toughness با داشته باشد. چیز دیگری با یک سنگ شود که هر دو تغییر فرم ندهد toughness با داشته باشد. این دو لب با هم تیز تر از برای ایجاد کرد چون معمولاً دست سختی با این بود، تریس هم بالا می رود مثل العاصی، کار سکت سنگی یا قطعات سراسری اما در سکت سنگی سطحی در سطح یا با عملیات حرارتی سختی toughness با با دارند که اینها تریس هستند معمولاً.

جان اگر چو اشمی حل لیونی را از زمین لبه آن با نرم خلیان از آن تمام می شود روم انکه سنگ است سکت سنگی که صفتی وارد می شود سنگی. پس بهترین نقطه لبه آن از یک آنگاه خاص با سنگ تغییر شکل ندهد و ساییده نشود یعنی آن لبه هم لبه تیز تر از آن صفت لیونی و این لبه هم وصل کنیم. وصل کردن تیز با یا سواد از آن وسیع شده است یا با هم صفتی همان که وسیع شده که لیونی احتمال این وجود دارد که در اثر فشار از محل همان سطحی وسیع دیده می کنند. اما می توانیم لبه تیز را با چندین ریف جوش آن لبه نه با یک انبوه بلکه با دریا هم نوع انبوه جوش آن کنیم و بعد با سنگ کردن سکت کنیم قطعه بصورت می باید که در این وقت لب با سکت با تفاوت دارد.

در بعضی کار خفاصت قالب ها می هکتند که کار سکت و فرم را انجام می دهند Base. این قالب ها چون سنگ است. برای ایجاد لیون که کار سکت را انجام می دهند سکت لیونیا تبدیل است: (a) از چدن می ریزند و بعد سکت لیون بعد از سایش کار سکت عملیات سختی سطحی انجام می شود. ساده ترین آن Flame Hard Surfacing و به سکت ترین آن با سواد لیونی که لبه لبه لبه سکت کردن سریع و بعد وسیع سرد کردن (Spray کردن آب یا ریف) سکت می کنند، البته با آگنتی کردن کردن هم در صنایع گرم کردن سنگ است اضافه کنند و ساختارها هم سخت یا ریف می کنند و کار سکت ایجاد می شود و سکت سکت ترین

نرم خوردن را حفظ کند و برآهت عمل برسی انجام می شود. (2) جمله چینی روسی که از قدیم به صورت سنتی انجام می شده
 یعنی تستی که باید عمل برسی انجام دهد خاص می کنند و بعد از نوادهاش H.S.S و ... نوادهاش که مطابق عملیات طاری سختی
 با داراوند به صورت یک تست و ظاهر هم تقه لقمه بودن آن را پر می کنند (سودایق و قنادین شود) بعد اینها برآهت می شوند
 عملیات طاری می شوند و بعد منت می زنند و تغییر می کنند. یعنی یک تقایم این از ضمن دستر له این ترتیب به قالب اصلی
 وصل می کنند و عمل برسی انجام می دهند. در وقت هم که اینها شکست آن قطعه را خارج می کنند، قطعه دیگر همین
 آن می سازند و آن محل را در می دهند. (3) در این روش بعد از مقدار می خالی می کنند و بعد با چوبکهای: یک پاس زیر، یک پاس
 وسط و یک پاس آخر بعد از ایجاد می کنند. از آنکه در فلز می شود Hard Surfacing استفاده می کنند که حدوداً 20 هزار
 تومان هستند. از آنکه در فلز می شود 1000 تومان هستند) با این تست با من آخر را در آن چوبک می دهند و با این آخر خود را می
 که تا من خود را هم ایجاد می کنند.

مفونته دست سوپاپ است مخصوصاً سوپاپ دود. می تولد سوپاپ خود رو با میله تستی و ...
 باشد. تست فلزی سطح شده در شکل باید خواص ویژه ای داشته باشد. خواصی
 که مطابقت است مخصوصاً برای سوپاپ دود: مقاومت به خوردگی (خوردگی را می نامند)
 چگونگی محصل احتراق سوخت و گاز می تولد حاصل می شود و در 5 باشد ...
 مقاومت به ماسین - 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 صفتاً fit شود. یعنی فلزی وجود دارد که با استفاده از چوبکهای آن



تست با خواص مورد نظر را می دهند و با بقیه تست ها تفاوت دارد. از این دست سال ها قبله های فلزی، Mixer ها
 مختلف، فلز ساره از ریخته گری، Mixer فلزی که سوار می شل ش، ماس و بتن حتی فلز با مواد شیمیایی خاص می کنند
 از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل می کنند و یا سیستم های spiral یا چرخونی، لبه های اینها باید شادمت با مترد خواص ویژه ای
 داشته باشد. بادانک فلزی که در ساخت خود رو یکا می روند در حرکت رفت و برگشت ایجاد می کنند (حرکت چرخشی را)
 تبدیل به حرکت رفت و برگشت می کنند) تست های سطح شده دانها تحت فرسودگی است و باید خواص جداگانه
 داشته باشد.

سال در آن در آسپات در کجدها، در کجه های سدها قطعات بسیار خیز و سنگین هستند به سخت نساز بسیار زیاده
 و رنگ دارند. بنابراین هم ابعاد خیز و هم استحکام با با 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 خوردگی شفا خیلی راحت می توانیم تقسیم کنیم که تمام آن را از S.S با زدن خوردگی 300gr 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 بدنه هم نقطه ای این خاطر که یک طرف
 آن با آب سروکار دارد. از طرف دیگر سلی 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 مبنای دهیم مثل لعاب، زنت یا Galvanize یا امثال Electroplate
 کنیم. اما من بینیم که در کجه در آن لحظات از من که باز می شود و یا لحظات آخری که سبه ما شود تحت فشار شدید آب

وسولت بسیار زیاد از روی درجه رادی شود و هیچ قسمتی هم نیست که همراه آب یک مقدارش را ماسه ریزد درست وجود نداشته باشد بدینجا در تمام زنگ یا لایه آب کرم ریزه جو بلور مانیت چون آب خیلی راحت میخورد همند هم بدین ترتیب که ما پرستش داده ایم را میساید در صورتی وجود ندارد. کاری که در اینجا انجام می دهند این است که صفت از زمین فولادها معمولی با فولاد مورد نظر را می سازند و آن صفت های که با Erosion Corrosion همراه است یک سایه S.S. آن قسم که در هر دو قسم بدین ترتیب، بلکه در هر 5 یا 10 میلیمتر روی آن قرار می دهند در نتیجه آن صفت با سایرین زرات شون را ماسه در آب خیلی راحت از بین نمی 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 متفاوت است یک سایه فولاد معمولی یک سایه S.S. یک سایه S.S. یک سایه Ti. تکنیک های گذشته 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 هیچ طریق نتوانیم از دست های دیگر صفتی دهیم، چه شیمیایی چه مکانیکی و چه ساختاری و یکدیگر ملکی.

این تعریف مربوط به جوش با هدف اتصال است. یعنی اگر یک فنون برای آنالیز شیمیایی تهیه کنیم هیچ تفاوتی در صفت با دست های دیگر نداشته باشد. همین طرز اگر یک فنون است که شون همش تهیه کنیم، هیچ تفاوتی در صفت جوش با سایر صفت ها وجود نداشته باشد. این دو خیلی مشکل نیستند. اما همین خاصیت که شکل است و آن است که هیچ تفاوتی در صفت جوش و سایر صفت ها از لحاظ ساختاری و یکدیگر ملکی وجود نداشته باشد. یعنی اگر فنون را زیر نظر میکوب با درست نمایی های مختلف نگاه کنیم جوش ایده آل نباید تفاوت ساختاری داشته باشد.

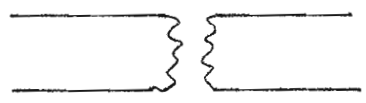
آیا واقعا می توان جوش جوش ایجاد کرد؟ بله تکنیک های وجود دارد برای کاربردهای ویژه. البته خیلی General نیست در صفت اما می توانیم در سطح جوش در هم جوش دهیم که به هیچ طریق نتوان محل جوش را شکست کرد.

در صنعت ما همیشه نیاز داریم 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 هتدر لازم است به این تعریف نزدیک شویم و حقو را برای آن هزینه بپردازیم چه از نظر Procure و چه از نظر دانش فنی. مثلاً یک تاب چهار چوب در، در چهار نقطه جوش داده می شود. این کارها که ما از این جوش داریم این است که این چهار چوب تا زمانی که حمل می شود در ماسه بیج و آجر را در می برد از هم جدا نشود و بعد هم دو تا فولاد در ماسه آن من خود در در ماسه آن قرار می گیرد. در ماسه آن چند محل اتصال چند آن تنگی و نیرو و ولرا در ماسه است اصیت این جوش در همین جداست. یعنی آنالیز شیمیایی مکانیکی که هیچ حتماً از نظر ظاهر هم می توان جوش را شکست داد و در ماسه حال جو بلور سروسین با هم هست. اما در مورد جوشکاری یک مخزن باید در ماسه است جوش بسیار زیاد است و یا مخزن یک گاز سس در یک با سگاه حمایت بسیار بیشتری دارد. نیاز داریم از بهترین آزمایشها جوشکاری، بهترین مواد صفت و بهترین جوشکاری از لحاظ دانش فنی استفاده کنیم و با انواع و اقسام صفت ها خوب و غیر خوب ضرب اطمینان هالا با ما ببریم. پس بسته به ضرورت می توانیم از تعریف خیلی لو ر شویم یا به آن خیلی نزدیک شویم.

شال دیگر آن چند مخزن گاز مایع است: مخزن گازی که در ماسه است یا قطار وجود دارد یا مخزن گازی که در ماسه است و بندر ماسه یا ممبر و وجود دارد و یا کپسول گاز خانگی است.

نوع این مواد مخزن گازهای هگزنه. اما گاز Picnic یا گاز ۱۱ کربنی در اکثر حالتی ممکن است جداگانه در دینزلا باشد، اما کربنی که در دینزلا است در اکثر اوقات با گازهای دیگر مثل ۵۰۰ متره هگزنه ترکیب می کند. کربنی که در دینزلا با گازهای دیگر است (کربن کربن) مشخص است که شش دانچه جابجایی چه فاصه این خواهد بود. در تمام این موارد جابجایی انجام می شود. نوع نوادری که استفاده می شود برای مخازن در تمام این موارد فرق دارد طبقاً جابجایی آن ها در تمام تفاوت خواهد بود.

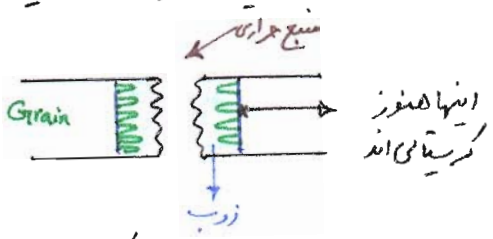
در خواصیم بینیم در عمل با چه مکانیزم هایی می توانیم به تعریف جویس ایده ال نزدیک شویم. ابتدا سواران مطرح می کنیم. چرا وقتی یک قطعه ای تحت نیرویی می کشیم، وقتی در قسمت شکسته شده با فشار کم قرار می دهیم چرا مجدداً اتصال برقرار نمی شود؟ نیرویی که اتصال را برقرار می کند نیرویی جابجایی است که در سطح رگستانی است. البته نام جابجایی که گفتیم کشنده نیرویی که برای جابجایی و شکستن لازم است کمتر از این نیرویی جابجایی است. اما وقتی این دو قطعه را کنار هم قرار می دهیم در حقیقت هم تماس کنیم و در این جابجایی برقرار نمی شود.



چون نام موادی در قسمت های شکسته شده، تا به اندازه مقداری بین دو سطح و بعضاً تا به اندازه ای که در سطح کشش می شود، در جابجایی مانع می شود که این دو قطعه بتوانند به آن فاصله چند A برسند و جابجایی برقرار شود. ممکن است از این نوع یک میلیون اتمی که در سطح هستند، چند تا ده تا آن ها تا ۱۰ تا ۲۰ تا به آن فاصله برسند و جابجایی هم بین آنها برقرار شود اما این نیروی هرگز 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 جابجایی جابجایی این سطح بعد از تغییر کردن کنار هم گذاشته می شوند و وقت آمدن مواد زمان به آن قسمت Diffusion می دهیم و عمل اتصال انجام می شود. در عمل ما دو مکانیزم اصلی داریم:

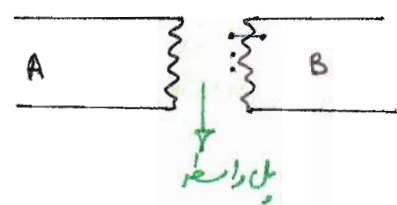
① Fusion Welding (ترکیب جابجایی ذوبی):



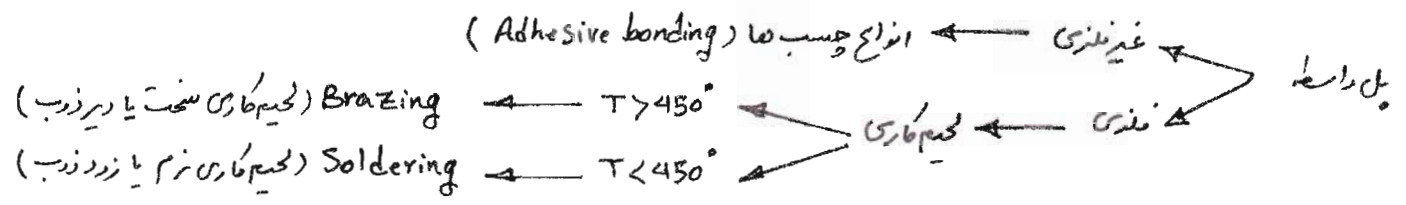
به وسیله یک منبع حرارتی (شعله، قوس، اشعه لیزر...) بخش از سطح را ذوب می کنیم. وقتی این سطح ذوب شد، جابجایی با هم اتفاق می افتد. یعنی اشک در این شکل معنا ندارد بلکه از خصوصیات

معدنی است که شکل آن را به خود می کشند که در آن رخسار می شوند یعنی در این صورت در ذوب صورت می گیرد. اما در این صورت جابجایی صورت می گیرد. چون هوای صورت جابجایی های از ذوب جابجایی می شود. اگر جابجایی، اکسید یا ناخالصی باشد یا در سوزن در اثر حرارت یا ایند صورت ناخالصی در سطح جمع می شوند چون اثر آن کم تر از فز هگزنه. مقدار هم ممکن است در ذوب باقی بماند که تا اثر جابجایی نمی 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 جابجایی می شود در ادامه هدایت. تا اینجاست که درجه حرارت ایجاد می رسد و عمل ایجاد انجام می شود. ایجاد یعنی دوباره نظم رگستانی پیدا کردن. می دانیم در حالت ذوب طبق تعریف سازه رگستانی است که این ها نظم رگستانی ندارند و آن نیرویی جابجایی به صورت قبل وجود ندارد به همین علت است که حتی می توانیم با یک ملاتر بخش اینها را از آن جدا کنیم، فقط یک نیرویی جابجایی یا کشش سطحی داریم. وقتی عمل ایجاد انجام می شود یک سری از آن ها از درون آن ها می آید که هنوز نظم رگستانی ندارند (هنوز جابجایی) شروع می کنند به نظم رگستانی

مکانیزم ساده‌تری در این میان برادری مقدار چسبندگی است. چسبندگی یا کشش سطحی به مفهوم آنست که سطحی خالص در آن مقدار لغزش از آب خارج کنیم و یک مقدار مقاومت در برابر جدا کردن سطح این در وجود دارد. چسبندگی کشش سطحی به این مفهوم در اینجا مطرح است و منظور فقط چسب نیست.



نخستین دلیل از مکانیزم این است که اتم‌هایی هستند که می‌توانند در یک فاصله خیلی کوچکی فشرده شوند و درون شبکه کریستالی قرار بگیرند و یک نیروی جاذبه بین اتم‌ها در B و میل واسطه وجود 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 لزج چسبندگی با شد:

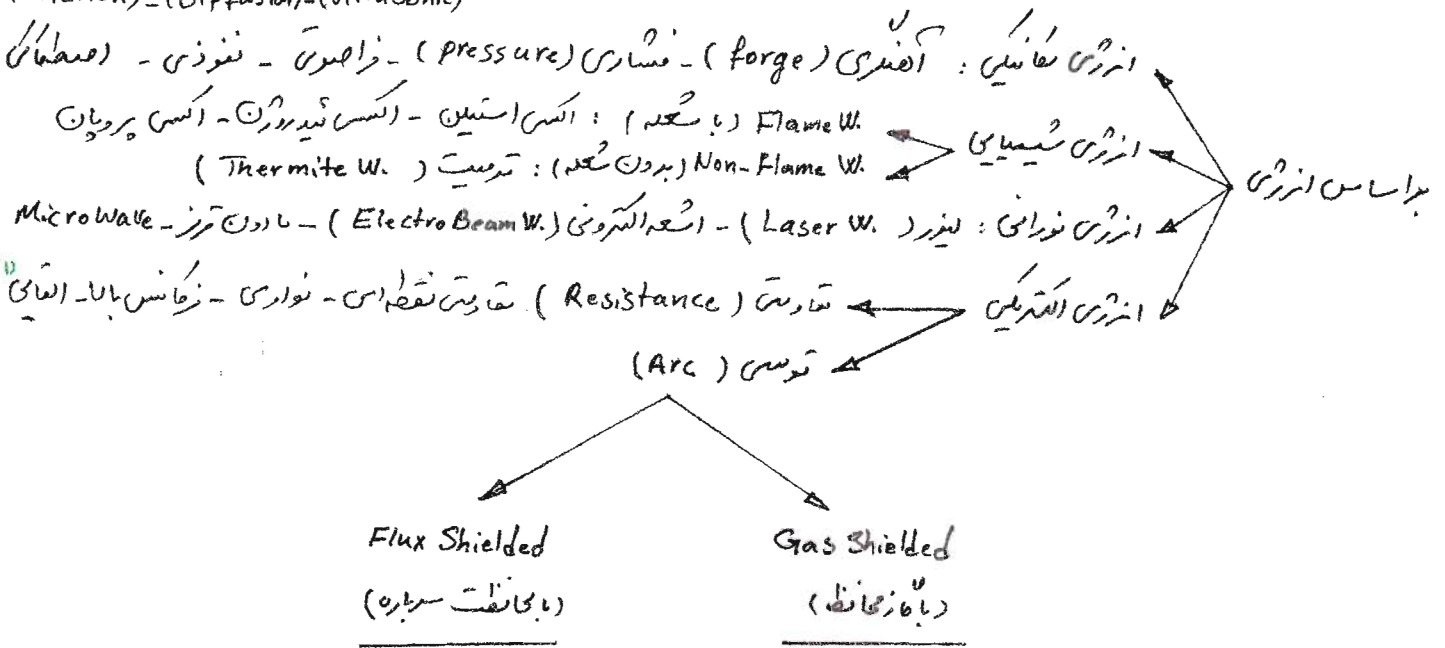


این واسطه فلزی با شد چون فلزات غیر از همه در دمای محیط مذاب نیستند مجبوریم حرارت در قسم تا زوب شوند درون این فصل مشترک توزیع شود و بخش شود به علت تقاطع که بکار می‌بریم به آن لحیم کاری می‌گویند و دسته به آنست که زوب آلیاژ یا فلزها حقیقتاً باشد به آن لحیم کاری نرم یا لحیم کاری سخت می‌گویند. لحیم کاری، جوئیکاری نیست. مکانیزم لحیم کاری به مکانیزم چسب نزدیک است تا جوئیکاری. مثلاً دست در رابطه با چسب به نوع اتصال می‌توانیم تغییر بودن سطوح خیلی مهم است. حتی چسب درست هم می‌تواند با نوع اتصال مناسب شود که عیناً این مسئله در مورد لحیم کاری هم وجود دارد. در کاغذ تراکتور سازی ایران یکی از چیزهایی که جلب توجه می‌کند انواع حسام‌ها هستند که با سطوح کاغذ تغییر شوند در انتها کار هم قطعات را با رستلش یا هم این‌ها به هم چسبانند. در مورد چسب، دست چسب را مثلاً به چسب 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 نقطه چسب با شد، اتصال بهتر انجام می‌گیرد. عین این مسئله در مورد لحیم کاری صادق است.

نورده بندی زایندهاں جو شکاری

زایندهاں جو شکاری راں توان با اساس معیار خاص مختلف به روش خاص مختلف دست بندی کرد. دریک نگاه سواسیم بدویم دو نوع جو شکاری داریم: یکی آن هاں که با ذوب سرد کار دارند و یکی آن هاں که ذوب نمی شوند. از دیدگاههاں دیگر هم سواسیم توان تقسیم بندی کرد: از دیدگاه انرژی - از این نظر که Pillermer یا پرکننده اضافی سواسیم یا خیر - از دید نوع محافظت (گاز یا سرباره) - از دید اینکه جو شکاری دستر باشد، اتماتیک باشد یا نیم اتماتیک. در اینجا یک تقسیم بندی بر اساس انرژی انجام می دهیم:

(Friction) - (Diffusion) - (UltraSonic)



Manual Metal Arc W. (MMA) با الکترود دستر
 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 مصرفی و گاز خنثی
 CO2 Metal Arc W. جو شکاری CO2
 Plasma Arc W. جو شکاری پلازما
 Spark W. جو شکاری صاعقه ای
 Flash W. جو شکاری جرقه ای

عمده جو شکاری هاں Solid State شامل دستر انرژی مکانیکی می شوند
 در نورده انرژی شیمیایی، ما از واکنش هاں شیمیایی حرارت ترا استفاده می کنیم و بر اساس این واکنش با سوزن کار می کنیم
 با سوزن نباید به دو دسته با سوزن و بدون سوزن تقسیم می شود. در سبب با سوزن معمولاً واکنش سوختن یک گاز یا استرک است
 یک حالت بین انرژی شیمیایی و مکانیکی وجود دارد که با آن جو شکاری انفجاری (Explosive W.) می نویسد که البته اصل آن شیمیایی است و بعد تبدیل به انرژی مکانیکی می شود.

(1): 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 لوفند یا Electro Slag W. = E.S.W
- جوشکاری تقاربتی نوعی، در سلیقه هم می لوفند. جوشکاری زیر پودری، قوس مخفی هم می لوفند.

- در جوشکاری اصطلاحی در واقع این است که خواص هم متصل شوند، در اثر اصطکاک انرژی مکانیکی با انرژی حرارتی تبدیل می شود و منطقی است اتصال حالت تغییر می دهد و بعد دو قطعه به هم متصل می شوند. فرآیندهای مختلف برای Friction W. داریم مثلا حالت یک قطعه ثابت است و قطعه دیگری چرخد و بعد از مدت مدیدی در یک جا می ایستد یعنی لوله قطعات چرخد، هر دو قطعه ثابت با هم در یک چرخه در می آیند آن ها چرخد و انرژی مکانیکی (جنبشی) در اثر اصطکاک به حرارت تبدیل شود و در واقع به هم متصل شوند. یا مثلا یک Ring در وسط چرخد در اثر حرارت ناشی از اصطکاک در فشار خود Ring هم گشای از کار می شود.

- یا در مورد فرآیندهای MIG یا فرزند GTAW بازمی توانیم تقسیم بندی های نوعی بر اساس معیارهای مختلف داشته باشیم
- o مین بر اساس دسته بودن، نیم اتوماتیک بودن یا اتوماتیک بودن کامل (دسته 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. "

در استفاده از این فرآیندها استفاده از انرژی الکتریکی است. قبل از اینکه راجع انواع این فرآیندها صحبت کنیم، لطفاً را مطرح کنیم.

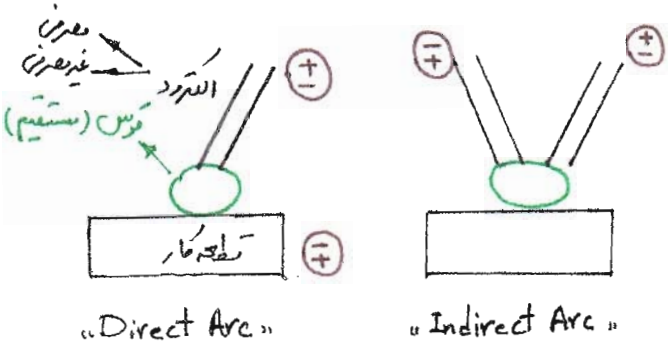
لطفاً در مورد نیز یک قوس:

یک نیز یک قوس یا فیزیک و یا معنای یک بسیار منفصل است که در کتاب های نیز یک مطرح می شود. در اینجا فقط مطالب مرتبط با جوشکاری مطرح می کنیم. 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 بین آن با اسم های دیگران هم می شناسیم
مثلاً پدیده وجود سربت نوعی قوس الکتریکی است که بین دو پایه لبر موجود در آیدر مافه صدا نور آن را می بینیم و گاهی هم حرارت آن که صافه است، یعنی خان شدن بار الکتریکی بین پایه بار دارد است. همین طور جرقه ای که در سیم آتوموبیل زده می شود نوعی قوس موقت است. یا جرقه بین دو سیم در سربت 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 (دو قطب) باید در یک کانال پرینتر شده اتفاق بیفتد یعنی ما باید آنم های داشته باشیم که خوش نباشند و بتوانند الکترود 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. ما عمدتاً در صنایع 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 مضر هم هست. از لحاظ مسائل ایمنی برای چشم و پوست می‌تواند مشکل آفرین باشد.



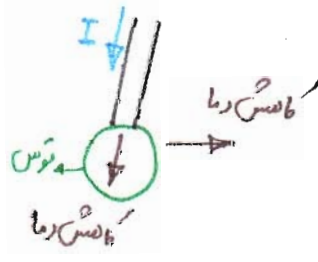
- انواع توس: چند نوع توس در جوشکاری داریم. ابتدا توس بین دو قطعه ایجاد می‌شود که سطح آن‌ها را الکترود و دیگر را قطعه کار می‌نامیم. یک قطب منفی و دیگر قطب مثبت است و بین آن‌ها توس الکتریکی ایجاد می‌شود. به این حالت توس مستقیم و یا Direct Arc می‌گویند.

اما اگر بخواهیم مثلاً جوشکاری را در سرامیک انجام دهیم نمی‌توانیم

به این صورت عمل کنیم چون سرامیک هادی جریان الکتریکی نیست. در این حالت توس را بین دو الکترود ایجاد می‌کنیم و توس ایجاد شده می‌تواند بصورت غیر مستقیم تطبق سرامیک را ذوب کند یا همین‌طور در این حالت Indirect Arc (توس غیر مستقیم) می‌گویند.

همه در 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 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 آرگن یعنی حرارت توس صرفاً قطعه کار را ذوب می‌کند.

- دمای توس: دمای توس الکتریکی قطعاً بالاتر است به همین دلیل است که تمام فلزات زیر توس الکتریکی ذوب می‌شوند و حتی بعضی بخار می‌شوند. اما اینکه دمای 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 دمای توس، عواملی است باعث تغییر دما می‌شوند. این عوامل عبارتند از:



- مکان مورد نظر: اینکه در کجا می‌خواهیم توس کنیم. دما در نقاط مختلف توس متفاوت است.
- دمای توس از محور به پایین کاهش می‌یابد و از محور به کناره کاهش می‌یابد.
- اینکه چگونه دمای توس را اندازه گیری می‌کنند به همان روشی که دمای خود سنج و ستاره طاق را اندازه گیری می‌کنند.

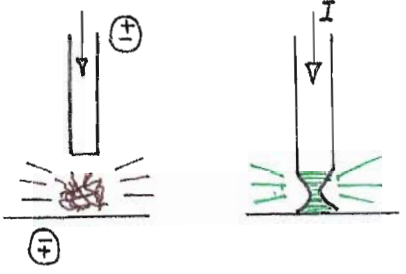
• شدت جریان عبوری: شدت جریان عبوری از الکترود بر دمای توس اثر دارد. شدت جریان علاوه بر دما بر نور توس هم اثر می‌گذارد یعنی باید سینه محافظ بسته به نوع فرکانس جوشکاری توسی در میزان آنتی عبوری تغییر کند تا به چشم آسیب نرساند.

• مالیت مستون یونیزه شده: ترکیبات و مالیت این مستون یونیزه شده بر دمای قوس اثر دارد. چیزی که معلوم است این است که این مستون خد 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 دمای قوس نور است. اگر الکترود پوسش داشته باشد، جنس پوسش نور است
 • مقطع کار
 • جنس گاز محافظ را اثر گاز محافظ استفاده کنیم

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

- 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 نگه می داریم

و البته الکترود به کار می چسبد. در واقع مدار مالیدن الکترود به کار با وجود آدن (جرقه ا قوس صوت) یک مقدار کمی ذوب روی کار بوجود می آید که بصورت یک قطره کوچک است که از یک طرف می فرود آید، الکترود بچسبند یک طرف به کار می چسبد. (به علت خاصیت چسبندگی) وقتی جریان I از این قطره عبور کند، مدت شخیص شده بخاری شود (درست مثل فیوزی که می سوزد) حالا اگر با دست فاصد الکترود را درست 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 آزمایشی کار کنیم، یک فلز میوم نواری (مثل مس) ظرفی می اندازیم که داخلش شخیص شده قرار میسیم (در فاصد 2 یا 3 میلی متر می) و بعد به محض اینکه جریان عبور کند، بدون اینکه الکترود را به کار می مالیم، این فلز میوم زب شده بخاری شود و بخارات فلزی که بوجود آمده، قوس برقرار

می شود.
 • شخیص در آن که در بعضی فرآیندهای جوشکاری استفاده می شود شخیص High Frequency (H.F.) است. در این شخیص هوای گاز می بینیم الکترود در نقطه کار است را یونیزه می کنیم. یعنی اکسیرن و ازت و هورگاز میوم در آنجا وجود دارد اما در دلتاها می 20V و 30V هم الیون نیست. و دلتاها می با دمای چند هزار دلت لازم است. این دلتاها چون خطرات هفتند باید در زمان mSec اعمال شود و بعد گاز یونیزه می شود و جریان برقرار می شود. علت اینکه فاصد دکل دمای برن قوس چند متر است همین شخیص است. یعنی اگر نزدیک باشند جرقه زده می شود. در آنجا برای اینکه انرژی دلتا حرارت تلف نشود، جریان را پایین می آورند و دلتاها می با دمای برن (حدود 40kV) پس باید فاصد قابل هانیا داشته باشد. در ماسین، کوئل و دلتو 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 مشخصات 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 تکلیم 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 نیاز 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 طور نیست، در این نقاط مختلف قوس با هم متفاوت است شکل قوس هم بصورت ناقص شکل است و استوانه نیست.

— پایداری قوس (Arc Unstability - Arc Stability) :

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 جوش 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.



گاهی اوقات حتی لایه در حرکت دادن قوس بر روی یک سطح ناهموار هم می توانیم به پایداری یا ناپایداری قوس پی ببریم. یعنی گاهی در خط مستقیم با سرعت یکجا حرکت می کنیم. اینتقار داریم می بینیم که زیر قوس لایه حرکت زده می شود بصورت شکل (2) باشد.



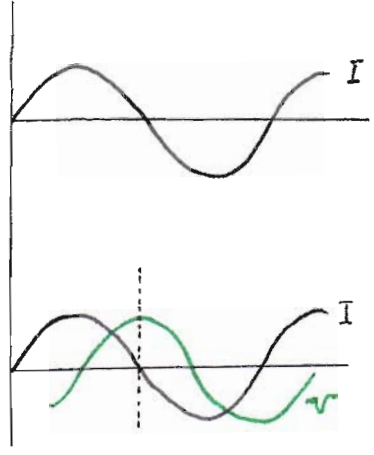
اما اگر می بینیم حرکت بصورت شکل (2) شد یعنی یک جا بودن نزدیک جا با رفته شدید نشان از ناپایداری قوس است یعنی در حالتی که ما دستمان را کاملاً بصورت مستقیم رکنیز حرکت داریم.

از نظر علمی می توانیم در مدار ولت تر و آمپر تر 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 از آن ظاهر جوش غیر یکجا 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 خنجره مذاب می آید در جاهایی که قوس ناپایدار است، با سس با اطراف بیشتر است. حتی در ترکیب و خواص جوش هم می توانه 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

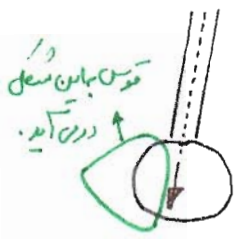
دسته از جریان AC استفاده می کنیم، در جایی که جریان صفری شود، قوس ما خاموش می شود. آیا این خاموش شدن قوس برای ما مشکل ساز است؟ پاسخ این است که خیر، کم اثر دارد. اصلاً مثل ابتدای کار نیست در ابتدای کار که من خود اصرار می کنم، کانال یونیزه شده نداریم به این روشن شدن قوس در آنجا به یک حلقه خفیف با ما نیاز 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 خفیف 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 اکثری کار راحت است. در مورد جریان DC هم Polarity تأثیر ندارد
- نوع گاز محافظ (اگر از گاز محافظ استفاده می کنیم) (مثلاً Ar باشد یا Co₂ یا He)
- نوع پوشش (اگر از اکثر پوشش دار استفاده می کنیم). پوشش اکثر 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 شخصت بسیار از دستگت مختلف فریداری می کنیم باید جوش راحت تری در سیستم داریم جوش سخت تر، عین نوع سیم بچ ها و عوامل داخلی ستاد است باشد.
- وقتی صحبت از سختی در جوش می شود معمولاً بیعت باید از جوش مورد نظر است.

Arc Blow (انحراف یا وزش قوس)

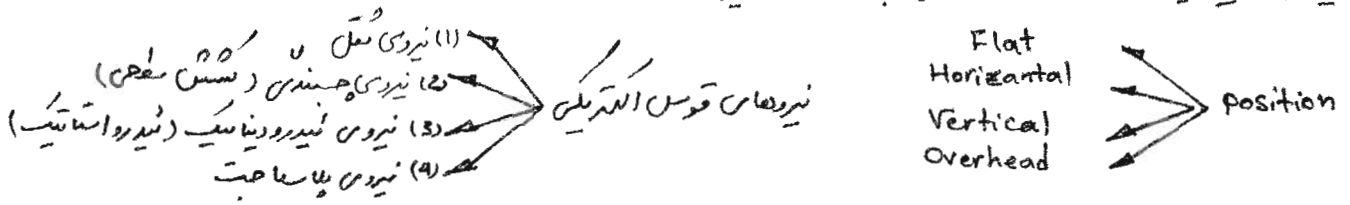
پدیده ای است که اتفاقاً که با جریان DC کار می کنیم، ادامه ای کار و انتها می کار و جایی که به اتصال زمین نزدیک می شویم خاص با این مشکل روبرو هستیم. عین قوسی که محور آن در راستای الکترود است ممکن است در جوار چنین حالتی شود که در شکل نشان داده شده است. مثل سنجده مسکلی که در حالت عادی در راستای سطح قرار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



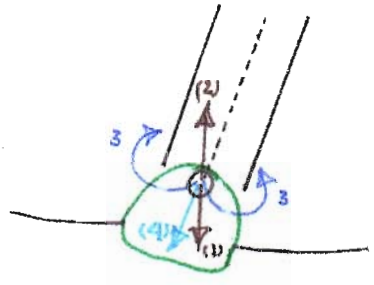
در دوطرف کار می توانیم داشته باشیم اما نواحی قوس را در جابجایی خاص که عبور می کنند جابجایی را می توانیم داشته باشیم و باعث کشیدن قوس به یک طرف می شود.

- نیروهای وارد بر قوس :

نیروی هاین وجود دارند که در انتقال قطرات و مصل در آن به صورتی موازی می توانند موثر باشند. پس از حالت های جابجایی جوی های باران سرد است. ممکن است این سوال مطرح شود که چگونه قطره های مذاب به سمت بالا می روند و در آنجا مویز داده می شوند و از زیرش عرضی مذاب هم تا حدی عبور می کنند پس مصل می شود که نیروهای وجود دارند که باعث می شوند قطرات حتی در جهت نقل حرکت نکنند بلکه حتی خلاف جهت نقل می توانند حرکت کنند. در جوی های باران با 4 وضعیت یا Position اصلی جوی های باران داریم :



در اینجا حالت Flat را رسم می کنیم و نیروهای حالت هاین می بینیم.
 • نیروی چسبندگی یا تشنه مصل سطحی می خوانند قطره را درون الکترو ذره نگاه دارد.
 • سیر این قوس که عبور کند در واقع رو نیروی نقل و چسبندگی با هم تقابل می کنند.
 یعنی وقتی قطره کوچک است نیروی چسبندگی بیشتر است و وقتی از یک حدی بزرگتر می شود، نیروی نقل بیشتر شده و قطره سقوط می کند.
 • اگر سوال شود که با چه ابزاری می آید؟ می توانیم اختلاف فشاری که افتاده در اثر اختلاف دما بوجود می آید که تغییر جام جامی هوا می شود که نتیجه آن نسیم و باد و طوفان است. در قوس اکثر کسین ماله 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 نقل می شود یعنی یک Circulation بوجود می آید. این نیروی نیروی نیروی درینا سیک یا نیروی استاتیکی است که می تواند قطره را بلند در داخل عرضی مذاب بفرستد.



داخل عرضی مذاب هم اختلاف دما وجود دارد. دما در وسط با کناره ها متفاوت است و یک جام جامی یا Circulation داخل خود عرضی مذاب هم داریم. از یک جام جامی منفرجه در جهت های مختلف می بینیم.
 • نیروی پلاسمایی همواره در راستای الکترو است و در الکترو در جهت عرضی مذاب است.
 • ماهیت نیروی پلاسمایی یک مقدار معین نیروی الکترو مغناطیسی است که در موثره های الکترونی وجود دارد اما پس تبدیل انرژی الکترونی به انرژی کاینی است.
 • در اینجا هم مایه جریان الکترونی داریم و یک حوزه مغناطیسی بوجود می آید که نیروی بوجود می آید که همواره می تواند قطره را بلند و بفرستد به داخل عرضی مذاب. این نیرو متناسب است با قطب های جریان. هر چه قطب های جریان بیشتر باشد این نیرو بیشتر است. یعنی با افزایش قطب های جریان، قطرات ریزتر، بزرگتر و بیشتر به سمت عرضی مذاب

پرتاب می شوند.

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

- خیر، زیرا تغییر جهت جریان، میدان مغناطیسی هم عوض می شود و نیروی بلاساعت نباید عوض شود.
درست مثل بنام؛ اگر جهت جریان را عوض کنیم (در شاخه را برعکس به بریز نریسیم) بنام برعکس نخواهد چرخید.

• 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 دستاها را اکثریک با عوض کردن فاز و نول کارشان عوض نمی شود.

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

• گاهی در موتورهای اگر آمپر بالا بپریم می توانیم با انسان اکثر دو به جاسی متوسطی، بر سگاری انجام اعصم.

یعنی نیروی بلاساعت آنقدر زیاد می شود که تمام قطرات که زرب می شوند بیرون پرتاب می کند و درست کاری انجام می شود.

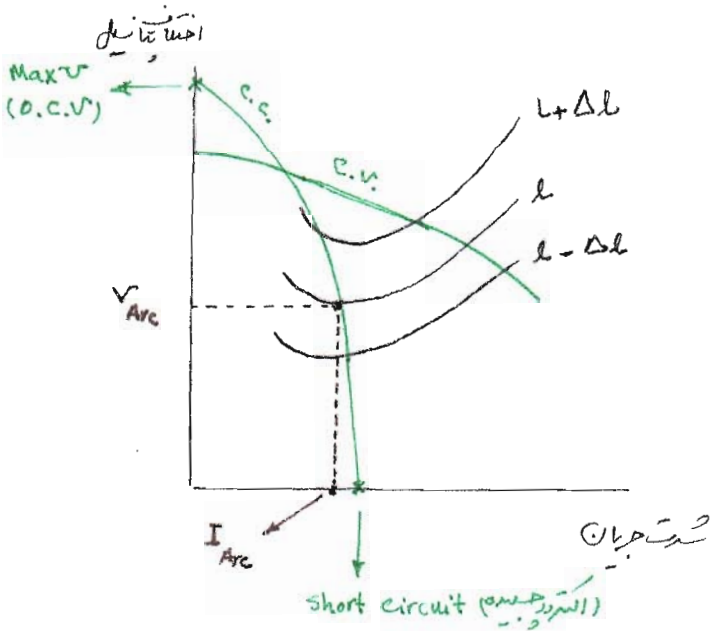
• در موتورهای با اسر، نیروی بلاساعت است که نفس اصلی را بازمی می کند، این نیرو باید نیروی قفل را جریان کند و نیروی چسبندگی را هم خنثی کند و قطره را بفرستد بالا و از طرفی باید تا حدودی عوض چه مذاب را هم نندارد. موتورهای که مبتدی باشد ممکن است بتواند قطرات را با بالا فرستد اما عوض چه مذاب را آنقدر نند می دارد که عوض چه مذاب شروع می کند به جدا کردن در نریس.

• در موتورهای قائم هم ممکن است زرب از جلو بریزد یا از پشت بریزد و بعد از مدتی تقریباً می توانیم باز او به دست مناسب کاری کنیم که از جلو بریزد نه از پشت. در واقع در اینجا هم ما داریم بردارهای 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 جویش بدهیم و ارتفاع قطرات را هم تنظیم کنیم.

- با این توضیحات می توانیم ببینیم اگر آمپر را بیشتر کنیم عمق جویش ما بیشتر می شود زیرا قطرات با شتاب بیشتری به سمت عوض چه مذاب پرتاب می شوند. اگر آمپر را خیلی پایین بپریم حرفاً 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 با طول $(l + \Delta l)$ و $(l - \Delta l)$ رسم کرده ایم.
این تغییرات در طول مستوی قوس به این صورت است
که ابتدا افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
رسد.

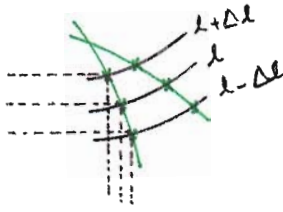
تغییرات افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
رسم کنیم، برای طول قوس = l رابطه این صورت
گراف نشان داده شده به دست می آید. این رابطه را برای
قوس با طول $(l + \Delta l)$ و $(l - \Delta l)$ رسم کرده ایم.
این تغییرات در طول مستوی قوس به این صورت است
که ابتدا افتاد تا قبل از آنکه به شدت جریان قوس
رسد.

حالت دوم حالتی است که تغییرات شدت جریان قوس
به آن Flat Volt Ampere می گویند. از رابطه در حالت اول
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 آمپر 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 بیست و دو ولتاژ در دست داریم اما هنوز جریان برقرار نشده که آن (O.C.V) یا مدار باز
می گویند. یعنی در دستگاه جوش است. معمولاً دستگاهی که O.C.V با آن در دست داریم آن تر هستند.
چون خواص بهترین از نظر روشن کردن قوس و پایداری قوس دارند.

در یک نقطه بیست و دو ولتاژ در دست داریم و شدت جریان ما هم فراتر یعنی لحظه ای که
ما هنوز قوس را روشن نکرده ایم بیست و دو ولتاژ در دست داریم اما هنوز جریان برقرار نشده که آن (O.C.V) یا مدار باز
می گویند. یعنی در دستگاه جوش است. معمولاً دستگاهی که O.C.V با آن در دست داریم آن تر هستند.
چون خواص بهترین از نظر روشن کردن قوس و پایداری قوس دارند.

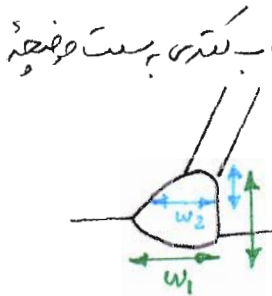
در وقت که قوس روشن است ما در O.C.V تقسیم می کنیم. S.C. به معنی جایی که منحنی ما منحنی طول قوس را قطع می کند،
شدت جریان قوس I_{Arc} و ولتاژ قوس (V_{Arc}) را می توانیم ببینیم. یعنی I_{Arc} همیشه کمتر از شدت جریان S.C.
است و ولتاژ قوس هم همیشه کمتر از ولتاژ ما که می بینیم است که در دستگاه جوش می بینیم. بطور معمول در دستگاه
با الکترو 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 وقتی که قوس روشن است، ولتاژ معمولاً چیزی بین 18 تا 25 ولت است.
در مورد جریان هم، وقتی که الکترو در کار می باشد معمولاً الکترو در سطح شعله وارد می شود و امکان
سوزن دستگاه وجود دارد و باید سریع الکترو را از کار برداریم چون بیست و دو ولتاژ در دست داریم که

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

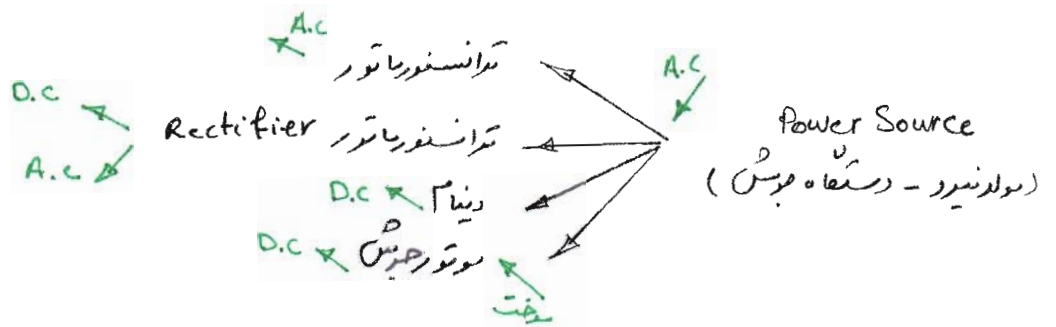


نسبت جریان کم است و در Flat ها تغییرات نسبت جریان بیشتر است. سن با دقت فرآیند جوشکاری هم با کم و زیاد کردن طول قوس می توانیم این تغییرات را درون جریان و دلتا مقدار هم. البته نمودارها در جریان دلتا و جلیقه با بسته جراثیم و سلفه جوش است که در طرازی ما می توانیم آمپر ثابت یا دلتا ثابت داشته باشیم. کاربرد کاربرد خاص خود را دارد.

فاصله دست را از الکترود زیاد کنیم پهنای جوش و نفوذ عمق (عمق) جوش چه تغییری می کند؟ با اضافه شدن طول قوس، آرمی کم می شود، نیروی بلاسما کمتر می شود یعنی قطرات با شتاب کمتری پست و صفحه مذاب پهنای بیشتری شوند در نتیجه عمق زوب (نفوذ جوش) کمتر می شود.



با اضافه شدن طول قوس، پهنای جوش بیشتر می شود، چون دلتا بیشتر می شود. در شکل نشان داده شده، اگر طول قوس را کم کنیم نسبت از جوشی که با فرض همگی مطلب در نشان است کمتر می شود و در نتیجه پهنای جوش از بالا به پایین در دست می آید. پس نباید تصور کنیم با اضافه شدن پهنای جوش، نفوذ جوش هم بیشتر می شود.



سوالی که در اینجا مطرح است این است که چرا مستقیماً از برق شهر برای ایجاد اختلاف پتانسیل استفاده نمی کنیم؟ از نظر ایمنی توصیه بارها در کمترین پهنای جوش، آرمی کم داشته باشیم، طول قوس بیشتر می شود. سلفه جوش طول قوس 3 میلی متر می شود در هر سلفه با کمتر 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 راستایی که ما می خواهیم). به همین علت ما معمولاً از برق شهر به طور مستقیم استفاده نمی کنیم. به همین دلیل هم از Power Source استفاده می کنیم که دلتا 220 ولت شهر را به 25 ولت که معمولاً می خواهیم تبدیل کند. علاوه بر اینها ممکن است در جاهایی هم ابتدا دسترس به برق شهر نداریم یا می خواهیم به طریقی برق تولید کنیم. ساده ترین دستگاهی که با این هدف طراحی شده توانسنفر متور است. مشخصات گفته شده دارد در دسترس می آید و ما می توانیم بارها در دسترس داریم. برای این معیارها 220V یا 380V است و آمپر 10 تا 20 آمپر است.

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

از طرف دیگر به صورت فزونی یا کتاری در حدود 25-30 ولت دارد و کپی 150-300 دارد. البته نوع جریان در ترانسفورماتور تغییر نمی‌کند. یعنی در ورودی A.C است و در 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 آنتن دارند. هستند یعنی همزمان چند خروجی 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 وقت‌ها در کنار این جریان انجام می‌دهند و ولت یکسو کننده جریان متغایب را هم جریان مکنواخت تبدیل می‌کند. خود هم می‌تواند با این جریان D.C است. اما بعضی از آن‌ها را بطور ساده می‌گویند که با چرخاندن یک کلید تحت Rectifier آن‌ها می‌تواند به صورت یک ترانس ساده تبدیل می‌شود.

- Generator: نوع دیگر از Power S. است که در آن سیم پیچ‌ها خطوط مغناطیسی را قطع می‌کنند و جریان آنتن می‌تواند بوجود می‌آورد. چرخاندن آن محور 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 محور می‌چرخد و انرژی مکانیکی به الکتریکی تبدیل می‌شود اساس کار در نیروگاه‌ها هم همین است یعنی چرخاندن محور می‌تواند با یک یا با موتورهای مختلف یا ... در چرخه‌های هم 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 بار می‌چرخاندن جنبه لایه موتور الکتریکی استفاده می‌شود. یعنی جریان در ورودی به صورت A.C دارد و 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 می‌تواند به صورت جریان D.C است یعنی دیگر نمی‌تواند به D.C باشد و هم A.C. یعنی دینام (Converter) جریان برق شهر را به جریان مکنواخت تبدیل می‌کند.

به ترانسفورماتورها هم اکترا می‌تواند موتور جوش می‌گویند. 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 جنبه یا اکترا می‌کند که 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 فولتیم سیم‌ها آن‌ها را مثل فنل را در دست داریم اما در موتور جوش سیم پیچ ما Collector ها خود می‌تواند به اندازه خروجی مستقیماً ولتاژ مورد نیاز جوشکاری را به ما می‌دهد و میزان آمپر را هم می‌توانیم با تغییر در میزان ولتاژ یا میزان مصرف تغییر می‌دهیم. 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 استیازات 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 درون یک ولت می‌توانیم بعداً داشته باشیم. همین طور در درون موتور جوش هم نیست بلکه سوخت است.

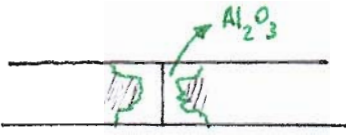
جریان مستقیم Straight current
تغییر قطب Reverse Polarity

منابع Power Source ها: منبع توان محوره همان منبعی است که در مدار تغذیه می کشد یعنی ترانس ساره از قسم از آن
 و موتور جوش نیزه توان تراست. معیار تغذیه که برای خرید دستگاه باید در نظر بگیریم استهلاک و نگهداری
 دستگاه یا Maintenance است. ترانسفورماتورها تعداد کمتری دارند، قیمت بد از آن ها که اگر کنیم همواره
 سریع بیخ آن ها می سوزد که می توانیم تعویض کنیم. اما در مورد موتور جوش دوست من یک موتور اعتباری، شمع و بستون
 زغال، باتری، و ادوات مورد... دارد که استهلاک و تعمیرات آن بیشتر است. از نقطه نظر دیگر میزان مصرف انرژی
 معیار دیگری است و یا راندمان انرژی است. تلفات انرژی در ترانسفورماتور بیشتر مربوط به جریان نول است که
 در قسمت اتصالات 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
 راندمان در Rectifier حدود 90% است و عملاً باید برای آن سیستم خنک کننده در نظر گرفته شود. یعنی چه ما جوشکار
 بکنیم چه نکنیم (چه قوس روشن باشد چه خاموش) قسمت Fan تا زمانی که استخفا، برقی متصل است، کار می کند.
 در دنیا هم تلفات انرژی داریم. در موتورهای اقیانوس هم کمترین راندمان انرژی 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 راندمان 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 :

- ولتاژ در قوس یکبار از استیازات جریان D.C است. فرد تعویض قطب با قطب ناپایداری قوس می شود. فرد این پایداری
 سبب می شود که ما راحت تر بتوانیم جوشکاری کنیم. جابجایی که لازم باشد با اکثر دها بر یک جریان هم با این تجربه می کنیم با
 جریان D.C راحت تر می کنیم. جابجایی که در این تجربه هم طریقی قوس را کوتاه می کند داریم (اصطلاحاً خنک کار کردن است که جابجایی
 که جریان پایداری باشد، طریقی قوس را کوتاه می کنیم که امکان ورود هوا و ناخالصی کمتر شود) با جریان D.C راحت تر می کنیم
- شروع قوس با جریان D.C راحت تر است.
- در جوشکاری با اکثر دها استیازات جریان D.C کار کنیم، محدودیت اکثر دها نداریم. اما عکس آن درست نیست. البته ما هم
 در پیشرفت اکثر دها می توانیم استفاده کنیم که با جریان A.C هم می توانیم کار کنیم. اما ما هم در بعضی اکثر دها تقدر می قوس
 با جریان A.C ناپایداری است و اکثر دها هم می توانند 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
 یا (DCEN) کار کنیم که آن ها Straight Polarity و Reverse Polarity نام دارند (قطب مثبت و قطب منفی)
 سواس که مطرح می شود این است که آیا می توانیم در دها اکثر دها قطب مثبت یا قطب منفی؟ افتدات زیادی
 می توانند مورد استفاده باشد: معمولاً در قطب مثبت جوار بیشتر است (همه اکثر دها با قطب مثبت کار) چون حرکت
 اکثر دها در قطب مثبت منفی به طرف قطب مثبت است و بر فرد اکثر دها قطب مثبت باعث بوجود آمدن جوار
 در آن می شود. البته شاید در جوشکاری با اکثر دها هم می توانیم استفاده کنیم همانند ما در جوشکاری با اکثر دها می توانیم
 بسیار حاصل است و باعث ذوب اکثر دها می شود.
- در مجموع هم منابع بین Power Source ها و هم منابع نوع جریان AC و DC است که تعیین کننده نوع دستگاه جوش است.

Arc Cleaning (قدرت تیزکنندگی تویس) :



پدیده ای است که هنگام استفاده از DCEP باسه اتفاق می افتد

یعنی وقتی که الکترود به قطب مثبت متصل است: پوسته گامی اکسیدی روی سطح جوش که تا قبل از جوش مانع عمل اتصال می شوند فرود آمده

و به کنار زدن می شوند و در فرزنداب می توانند در تمام اوضاع برقرار شود. این پدیده در مورد الکترودهای

نوعی خاص هم نیست اما در مورد Al و Zn این پدیده بسیار Ar با اکثر دقتی جنسی اخصیت دارد. مثلاً در قطب Al

در تمام اوضاع و هر سطحی انجام می دهد. به هر دلیل یک پوسته اکسید آلومینوم تشکیل است روی سطح کار موجود است

که باعث شود که Al های زرد شده نتوانند در داخل تمام اوضاع شوند. یعنی ظاهر زرد رنگ شده در هر سطحی

صورت گرفته اما بعد از پایان کار پسینیم در قطب مثبت از تمام اوضاع می شوند. دقیقاً به تهاه می کنیم بر بینیم چون Al_2O_3

در یک اوضاع مانع عمل اتصال شده. اما در DCEP است، با تمام 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

اکثرین گام قطب مثبت است که باعث شکسته شدن پوسته می شود.

از طرف دیگر وقتی حرکت قطرات مذاب با حرکت اکثرین ها در یک جهت باشد، انتقال قطرات آراسته و نرم تر انجام می شود

یعنی از نظر Metal Transfer تمام درجه ای 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 بسیار جریان A.C وجود دارد، آن این است که پدیده انحراف تویس 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 غناطیس ایجاد شود اما در جریان

A.C چون دائماً قطب ها عوض می شوند حوزه غناطیس نمی تواند به صورت یک نیروی جذب کننده در یک جهت بیشتر باشد

و باعث انحراف تویس شود.

با توجه به این مقایسه ما می بینیم که در کارگاهها می بینیم جوشکاری که با اکثر در سطحی در تمام اوضاع انجام می شود، در تمام

جوش یک تراش ساده است. چون اکثر در تمام اوضاع و در تمام اوضاع و در تمام اوضاع و در تمام اوضاع و در تمام اوضاع

اما پسین کارگاه اکثر تویس پیدا کنند و می خواهند در تمام اوضاع کار کنند در قطب کارگاه از همان تراش استفاده

می کنند اما در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع

اما در تمام اوضاع جوشی در تمام اوضاع استفاده نمی کنند. در کارگاهها تراشکاری معمولاً در تمام اوضاع استفاده می کنند چون در مورد

چون در تمام اوضاع تراش نزن دیده شده که تراش نمی توان استفاده کرد چون جبهه اکثر در تمام اوضاع و جوشی در تمام اوضاع

می افتد و بر اساس تمام از تراش (جریان A.C) استفاده نمی کنند در تمام اوضاع D.C استفاده می کنند و یا از Rect یا از تمام

استفاده کنند. اما کارگاه در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع

نکته دیگر این است که در تمام اوضاع جوشی در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع

یعنی تراشها ممکن است در تمام اوضاع بعد از تراش تمام شده باشند. بعضی تراشها در تمام اوضاع در تمام اوضاع

نمایند دارند در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع

در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع در تمام اوضاع

نویزدهای جوشکاری توسط با الکترو دستی (SMAW و MMAW)

در اصطلاح عامیانه، آن جوشی برقی که هم می‌تواند (در صنعت) به‌دفعه فراوان جوشکاری بی‌سیمه نه‌مانند، به جوشکاری با الکترو دستی جوش برقی می‌گویند. به جوشکاری (کسی استیلین جوشکاری گازی می‌گویند) در صنعتی که فراوانیهای زیادی داریم که از آن برای جوشکاری جوشکاری استفاده می‌کنند و همین طوری برای جوشکاری گازی هم به عنوان گازی مانند هم به عنوان Fuel Gas در دست نیست که از این اقسام استفاده کنیم.

این فرآیند (جوشکاری با الکترو دستی) نیز می‌تواند این نوع 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 در جاهای مختلف صنعت است. این فرآیند هنوز هم حتی در کشورهای پیشرفته صنعتی انجام می‌شود و الکترو دستی آن در حجم وسیع انجام می‌شود. البته در موارد زیادی این فرآیند با جوشکاری زیر پوشش و جوشکاری CO₂ جایگزین شده است. در گذشته جوشکاری با سیم لحاف انجام می‌شد اما یک فرد سوئدی متوجه شد که اگر این سیم را درون آفتک مذاب ببریم یک نام آکسید در سیم ایجاد شود. جوشکاری را بهتر با کیفیت بهتر انجام می‌شود. به همین دلیل بحث پرشس الکترو دستی مطرح شد و ترکیبات پرشس.

حکماً ما در مورد این فرآیند در مورد روبروست: تجهیزات - مواد مصرفی (الکترو دستی) - نکات فنی - مزایا و محدودیت‌ها
 1- 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 دستگاه را می‌توانیم با سیم که جریان 50^A بخواند (برای الکترو دستی) و یا بولارد همین داریم که فرکانس‌ها را با 300 یا 350 استفاده می‌شود.

نکته دیگری که در اینجا مطرح است Duty cycle (سایکل تداوم) است. ظاهر به‌صورت خرید دستگاه جوشی در این فرآیند و کار با سیم در مورد استفاده بهینه از دستگاه (عمر بیشتر و استهلاک کمتر و استفاده در دست‌انداز) این سیم را می‌توانیم از نظر دوام 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 عیناً معمولاً حدود 12 تا 15 دقیقه است. اگر در این دستگاه جوش این جدول باشد، سلفی است مالک جوشکاری هم را می‌توانیم وسیع به با الکترو دستی بعد

D.C%	A.
30	350
60	300
100	250

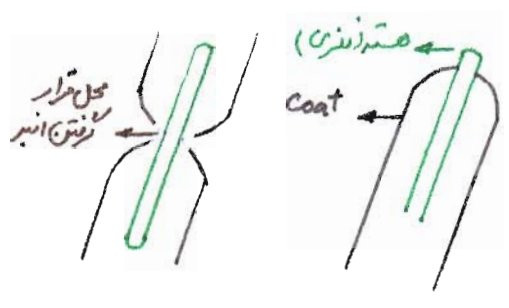
$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{تجمیع زمان جوشکاری}}{\text{زمان عین}} \times 100$$

و بعد از یک ساعت می‌توانیم از دستگاه در این 15 دقیقه کار با دستگاه 15 دقیقه توست روشن بوده است. در حدی که باید سلفی 15 دقیقه جوشکاری روشن بوده باشد و بقیه زمان صرف خنک‌شدن دستگاه می‌شود و دستگاه استراحت کند. دستگاهی که D.C 100% دارد هم باز هم باید در یک زمان کار می‌کند و خنک‌شدن می‌شود تا به دستگاه فشار نیاید.

- سائل الکتریکی: وسایل از قبیل کامل، لوله، اسپر، برس، پیستول، ساکت، ... نیز اهمیت دارند. سلفی در مورد ساکت که می‌تواند تا راست و چپ می‌تواند برای جوشکاری هم در دست راست می‌گیرد باید توجه کنیم: همیشه این که استفاده می‌شود، نوزادان (در حجم تار) بر اساس نوع الکترو دستی، نیز آن آید و نوع فرآیند تغییر می‌کند که معمولاً به صورت نفره

بمان شود، منفه ۳، منفه ۱۱ و ۱۲ که می توان در این نور عبوری، پیر بندارد. بعضی از آن ها پوشش از طلا یا نقره است و در این حالت آن ها پیر کذب و محسوس اعظم نور را بازتاب می دهند تا از آسیب رساندن خود پیر بکنند.

[2] الکترود :



- قطب الکترود در صورتی بود که می تواند باشد. از در محسوس هسته و پوشش (Coat) تشکیل شده که هسته معمولاً فلزین است و پوشش با نظری رسد که از مواد سرامیکی ساخته شده باشد. در هر دو مورد یک سختی لذ از الکترود بدون پوشش است چون پوشش الکترود عموماً جریان الکتریکی است و برای وارد کردن اینجاست باید این منطقه و پیر داشته باشد.

۸۴، ۱۱، ۲۵

« حلبه پنجم »

نحوه ساخت الکترود :

بطور کلی از ضد محسوس تشکیل شده. این Mix کردن مواد اولیه پوشش الکترود. در این صورت Mix که مواد اولیه آن در نقطه Mix انجام می دهند. در محسوس دیگر گشتن سیم است یعنی سختی با قطر ۶ تا ۸ که می خورد و کشند به قطر ۳ برای الکترود می رسانند. در محسوس سیم، Extrude یا Press انجام می دهند. در سیستم بلینچارد در این سیستم سیم در این سیستم حلزونی. قبل از فرغ نوشت مواد خمیر داخل سینی قرار می گیرند و تحت فشار از آن عبور می کنند و خارج می شود. و بعد Bake هسته الکترود :

• هسته از اجزای فلزی مقطعی سرد دارد چون در این ندارد مقطع ۴ لوس یا ۶ لوس داشته باشد.

• در ۹۵٪ مواد این هسته توپر است یعنی دقیقاً همان سیم یا فلزی که می کشیم در مواد خمیر خاص هسته در وسط یک Tube است و در وسط آن سوراخهایی بین می کشند و در این در واقع Coated Wire است. در ظاهر هم پیر نیست یعنی هسته از مقطع هم بزرگ تر ظاهرش هم نیست سوراخها به وسیله سوزنی داخل آن را خالی کنیم آنوقت سوراخها می کشیم که سیم بزرگ تر نیست و Tube است. این الکترودها کاربردهای ویژه ای هم دارند مثلاً در زاینده ها Hard Surfacing در سوب دارن و این ها هم سخت کاربرد دارد.

• هسته معمولاً بصورت فلزی است که قطر ۲ یا ۵ (یا 5.5) میلی متر دارد. معمولاً وقتی صحبت از Size الکترود می شود منظور Size هسته الکترود است. طول الکترود هم چیزی بین ۲۵ تا ۶۵ سانتی متر است. معمولاً الکترودها با یک طولشان کوتاه تر است و الکترودها هم طولی تر هستند. علت آن هم مربوط به تفاوت الکتریکی الکترود است. از نظر ترکیب شیمیایی هسته الکترود در دو دسته خود را (فلزی) و غیره که تعیین بند می شود.

• ۱۰ یا ۱۵٪ الکترودها می تولید می کنند غیره آهن دارند. فلز غیره آهنی یکی از این موارد است: Al، و اینها هم آن - Cu، آهنها هم آن - Ni و اینها هم آن. پس الکترود در این موارد که هسته آن با آهن یا Mg باشد.

• الکترودها هسته آهنی → فولادها هم آهنی (Alloy Steel) : مثل فولادها فولادها هم زینت آن که ۱۰ تا ۱۵٪ هسته آهنی ها. فولاد ساده کم کربن تعیین (تعیین از اجزای فلزی) : مثلاً فولادها هم با این کمتر از ۰.۲٪ Mn < ۰.۵٪ Si ≈ ۰.۲٪

نوادها هم کمترین میزان لغزش و پاره شدن می توان عمل کشش را بر روی آن ها انجام داد و در کارخانه های لقم و سیم کلاف سیم به قطر 6 راجی خواهند بود 2 میلی متر برسانند و بعد Anear کشند بر اثر عملیات کشش و در آن انجام می دهند.

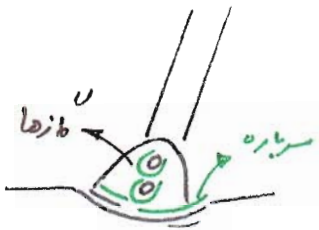
در مورد نوادها هم کم آلیاژ Low Alloy Steels داریم آیا کاربرد دارند یا غیر باید بگویم، ساده ترین است که عناصر آلیاژی این نوادها را در پروسه اکسید و پایداری یعنی دائماً همین هسته را تغییر نمی دهند. چون نوادها هم آلیاژها هم طاققت و کشنده هستند و کشش آن ها دشوار است. پس راحت تر است که چند درصد Mo, Cr, \dots را به جای آنکه در سیم بکار ببرند در پروسه پایداری و نهایتاً لغزش مورد نظر بدون عناصر را داشته باشند.

نتیجه ای که می توانیم بگیریم این است که اگر یک اکسید را بخواهیم از روی آن کنیم، نمی توانیم از روی آنالیز هسته آن بگویم اکسید چقدر است یا نه بلکه باید چگونگی آن اکسید و چگونگی کشش را در نظر بگیریم تا بعد از آن اکسید در خود است یا نه. در مورد خواص مکانیکی لقم نمی توانیم فقط راحت آنرا بکشیم و بکشیم بلکه باید خود چگونگی را داشته باشیم.

ترکیب سیمانی لغزش نقطه واسه Base Metal نیست، بلکه هسته اکسید در پروسه اکسید و شرایط چگونگی تعیین کننده است.

پروسه اکسید:

در ابتدا نقش پروسه اکسید:



محافظت خود چگونگی از اکسید: وقتی لغزش در سیم شود در آنسختترین شرایط که در آن لغزش می دهد تا خدمات است و در نتیجه باید به بعضی لغزش را از اکسید دور نگه داریم. محافظت نه تنها در مورد خود چگونگی بلکه حتی برای نقره ای که در حال انتقال است باید انجام بگیرد. یک نام از پروسه اکسید و سوراخ بر روی این نقره ای

مقاله می گیرد. این محافظت لقم می تواند بصورت سیم از سوراخ انجام شود و کشش لقم می تواند محافظت توسط نازها تولید می انجام شود که این نازها اکسید و از دست را در زخم می دارند. در بعضی از آنکه در نازها سوراخ دیده می شود در بعضی نازها باید ابروی قوس: در حال ترکیب پروسه اکسید در بعضی بین شده که خیلی راحت پودر می شوند، راحت پودر می شوند به آرام بودن قوس کمک می کند. نقش پروسه را در پایداری قوس می توانیم با یک آزمایش ساده لقم کنید. اگر یک اکسید را برداریم و کشش از پروسه آن را با چکش از بین ببریم و شروع به چکش کردن کنیم، اگر چه خود را بر دست می نهد و شکر کش کنیم، رتبه کشش پایداری قوس پروسه را می بینیم یعنی وقتی به کشش می رسم که پروسه ندارد با چکش کردن لغزش دست یا اکسید به هر چه چسب یا قوس قطع می شود و خیلی با مهارت و استقامت می توانیم قسمت بدون پروسه را در لقم و بعد به کشش آن قسمت وارد کردیم مجدداً چگونگی را از بین می برد.

همین وظیفه را بعضی اکسیدها هم بر عهده می آورند یعنی در آنجا که در لقم می کشیم سوراخ را در آنجا که در لقم می کشیم درون اکسید.

لغزش ناز (چیز ناخالص ها): پروسه اکسید در پشته نقش محافظ ناز را دارد بلکه می تواند برخی از ناخالص ها مثل کربن، فسفر و برخی از ترکیبات ناخالصه را در نازها ببرد و بکشد. به همین علت است که $Slag$ ناخالصی نام چگونگی لقم می کشند. این نقش از نظر هندسی چگونگی لغزش زیاد را دارد که ما می توانیم یک اکسید را داشته باشیم که چگونگی لغزش با فواصل مطلوب داشته باشد.

کنترل سرعت سرد شدن: همان سوراخ ای که درون چگونگی ایجاد می شود کمک می کند که چگونگی آرامتر سرد شود. در سوراخ این سوراخ حجمی است و درجا لقم می کشد اما به تدریج وقتی چگونگی را با چگونگی قطع شده با ناز

تغایر کمترین منبسطی که این جوش آراسته سردی شود. البته جوشی سریعتر سرد شود یا آراسته کدام بهتر است را بعد از آن خواهد فهمید که مصلحت این است خواهی جوشی که سریعتر سرد شود متفاوت خواهد بود.

ه کنترل ترکیب شیمیایی جوش: در عین آنکه برخی ناخالصیها توسط پوسنی اکتیو و از جوش جدا می شود، در بعضی برخی از ترکیبات مهم از طریق پوسنی به جوش افزوده می شوند. Nb (Niobium), Co , Ni , Mo , Ti , V , W , Zr , Nb (Niobium), ...

فردام از این عناصر می توانند تا اثرات مختلفی در ویترام های تعدادی نیز جوشی و فازه ها را بوجود آورده اند آن را می توانند باید این را هم بنویسیم وقتی ما این عناصر را از طریق پوسنی 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 افزوده کنیم. مثلاً ممکن است بوسیله با زیاد می که کمتر از Ni است (از طریق پوسنی اکتیو در آهن می شود) چون احتمال اکسید شدن Co بیشتر است. اما Co با زیاد می بیشتر از Mg دارد چون Mg علاوه بر اکسید شدن ممکن است مقدار این هم بخار شود.

در تفاوت عمده سه سرپاره در فواید سازی و سرباره جوش وجود دارد: 1- در فواید سازی که از سرباره استفاده می کنیم یک پایدار می توانیم برای آن مهم نیست اما در جوشکاری پایدار می توانیم باید تا این سرد 2- در فواید سازی سرباره در حالت مذاب از فواید جدا می شود اما در جوشکاری باید صبر کنیم تا سرباره سرد شود بعد سرباره را جدا کنیم. در بعضی اکتیو در آهن بعضی جوشکاری سرباره اگر آرام شروع به جدا شدن از سطح کار می کند اما بعضی اکتیو در آهن باید به کمک برس و جوش سرباره را جدا کنیم که این سرباره می تواند در فواید نیز سرباره در خصوص اینها تفاوت فزاینده ای در جوشکاری آن با جوشی ه برخی مواقع فواید ریزی از پوسنی اکتیو در آهن ظاهر می رود، مثلاً سرباره می تواند سرباره پوسنی کم باشد یا اکتیو در آهن می خواهد که خاصیت جذب بر روی آن کمتر باشد...

مواد که در پوسنی اکتیو در جوشکاری برده می شود: موادی که اینها یک منبسطی بصورت General است به همین علت است که در همه مکانها منبسطی جوش در همه موارد مختلف در اکتیو در آهن مختلف متفاوت است. از طرف دیگر بعضی اطلاعات در مورد مواد بصورت کلی در اینجا وجود دارد اما موادی هستند که بصورت جزئی افزوده می شوند و تا سرباره جدا می شود تا فواید معمولی اطلاعات مربوط به آن ها معمولاً موجود است در جوشکاری منتظر می شود در اینها جهت نادرین اطلاعات ذکر است.

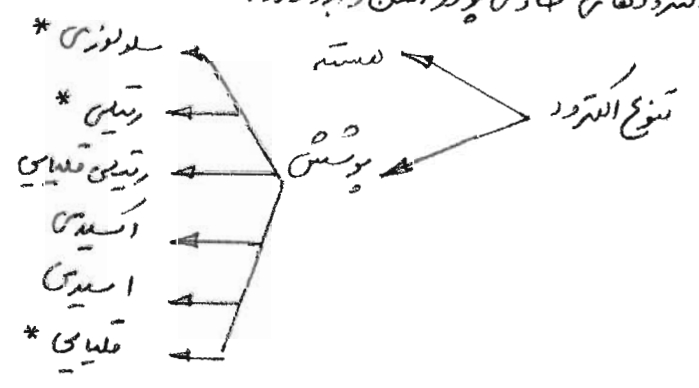
مواد فازه: موادی هستند در پوسنی اکتیو در آهن که فقط در جوشکاری می شوند و تولید فازه های می کنند که این فازه ها اکسید و از آن را از فازه در آهن می دارند. بهترین این مواد، مواد سلولوزی هستند. یک نمونه از سلولوز غیر تاسی کاغذ است.

ویا حتی پودر جوش... البته خاصیت اصلی مواد فازه همین است اما علاوه بر این یک مقدار خاصیت ضعیف و بی استفاده هم به پوسنی می دهند.

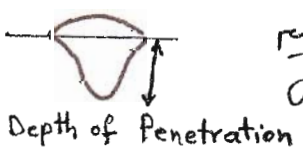
مواد سرباره ساز: این مواد CaO یا بیشتر سرباره را بوجود می آورند که عمدتاً Mineral هستند: SiO_2 , TiO_2 , MnO , CaF_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , ... اینها معمولاً بصورت ترکیبات Complex معرفی هستند مثلاً دولومیت، سیلیکات آهن، منگنز، سیلیکا... یکی از مصلحتها که وجود دارد این است که به راحتی می توانیم پوسنی اکتیو در آهن را آنالیز کنیم و به این ترکیبات آن هستیم. چون با هر دو می توانیم آنالیز کنیم ترکیبات را بصورت Mg/Si یا Mg/Al ...

من دهد و یا بصورت MgO/CaO یا Al_2O_3 یا SiO_2 خالص نمی خواهدیم بلکه مخلوط کنیم بلکه بصورت ترکیب Complex می خواهدیم. مثلاً زرافت و اسس را می توانیم آنالیز کنیم هر دو در کربن (C) هستند با وزن اتمی 12 اما نحوه ترکیب اینها با آن ها متفاوت است. بعضی طور سیلیس و کوارتز می کنند از آن نظر ساختار Mineralogy با هم متفاوتند. TiO_2 روئیل یا روئیل می گویند.

• **چوب :** ششگانه ما نیز توانیم با آب غیر یونانی کنیم و این مواد را هم چسبانیم! به همین علت از چسب استفاده
 می کنیم و به پوشش اکثر دوا استفاده می دهیم. چوب هایی که در پوشش های اکثر دواها در روگت از سطح های
 لیاضی و یا چسب های آهن دست بدهند تا سیلیکات سدیم و سیلیکات تیتانیوم است. نام دیگر سیلیکات سدیم
 Waterglass است (چوب شیشه). سیلیکات سدیم و تیتانیوم علاوه بر اینکه نقش چوب دارند، یون های سدیم
 و تیتانیوم آن نقش شویندگی در کانال یونیزه شده دارد چون راحت یونیزه می شود و لنگ می کند به پایداری قوس.
 • مواد اکسید کننده (Deoxidizer): وظیفه آن ها جذب اکسیژن و بعضاً نیتروژن است. یعنی هنگامی که هر دو اکسیژن
 اکسیژن وارد مذاب می شود سیلیسیم و نیتروژن (معمولاً فرورسیلیسیم و فرورنیتروژن) با اکسیژن واکنش می دهند و غیرت
 SiO_2 و MnO_2 خارج می شود. در پوشش اکثر دواها ضعیف خاص معلق است از عناصر اکسید کننده های خفیفی قوس مثل Al, Ti, Mg
 و Al استفاده می شود که خیلی تعدادی نیست. بلکه همان فرورسیلیسیم در روگت مقدار اول هستند.
 علاوه بر اینها مواد دیگری هم هستند که بعضی از آن ها اضافه می شوند مثل پودر آهن و ترکیبات فرورآلیاژی مثل فرورکروم، فرورنیکل
 فرور وانادیوم و فرور تیتانیوم که در اکثر دواها با فزاینده ویژه در مواد درج می شوند. پودر آهن در پوشش اکثر دواها لنگ
 می کند که **Deposition Rate** (سرعت رسوب) با آن برود. یعنی در جاهایی که حجم چسب کاره بالاست و سرعت زیاد
 لازم داریم به سزای اکثر دواها با پودر آهن با آن بریم. میزان پودر آهن در پوشش لنگ 5% شروع می شود و تا 30% می بریم
 اکثر دواها افزایش می یابد. این اکثر دواها معروف هستند به **Heavy** یا اکثر دواهای پوشش های سنگین که لنگ می کند
 به اینها با آلیاژ با آن می توانیم کار کنیم، لنگ قوس تراش می شود اما عمدتاً **Deposition Rate** اهمیت دارد. البته محدودیت های لنگ بر
 اکثر دواها چهارم پودر آهن وجود دارد.



- تنوع اکسید دواها از یک منظر مربوط به هسته آن است. مثلاً اکسید آلومینوس، اکسید بزمی، اکسید فولاد زینت نزن و...
 - تنوع از نظر پوشش به سبب است. خواص دواها در پوشش اکسید دواها عمدتاً مربوط به ترکیبات پوشش آن است
 - 48% اکثر دواها که در صنعت بکار برده می شوند یکی از انواع سلولوزی، رئیزی و قلیایی هستند و اینها در پوشش های لنگ
 - اکثر دواها سلولوزی:
 • عمده ترکیب پوشش این اکثر دواها ترکیبات سلولوزی است و با توجه به یک مولد گازها می توانیم حدس بزنیم که در اکثر پوشش
 این مواد حجم زیادی گاز تولید می شود، سرشاره ناز می دارند.
 • بهترین نفوذ چسب را دارند (ششگانه اصلی کاربرد آن ها). اگر در سطح صاف چسب می کشیم
 عمق نفوذ چسب سطحی می شود در چسب های عمیق نفوذ به آن ما اهمیت زیادی
 دارد (مثلاً در **Joining**) عوامل زیادی در عمق نفوذ اثر دارد، یکی از آن ها



• عمق نفوذ که در واحد زمان رسوب دارد می شود

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

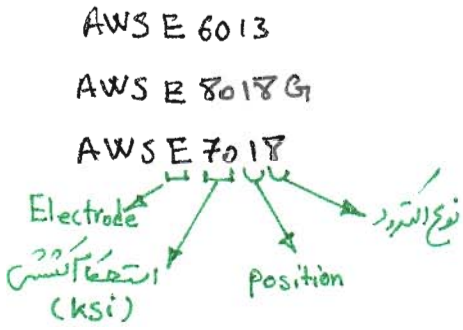
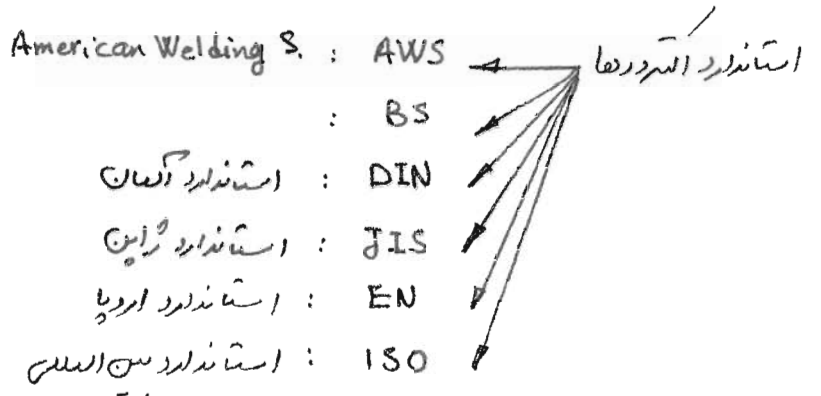
• جابجایی که با مشکل Hydrogen Embrittlement (ترانس ییورن) روبرو هستیم، استفاده از اکثر دو سلولزی با تردید است.

- اکثر دو رقیبی:

- ۷۵٪ از ظرف 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 دو های قلیایی یا سلولزی می روند.
- شیشه 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
- شیشه کاربرد در آن: سهولت کاربرد است. یعنی جریان A.C یا D.C، جریس کار با هم ترکیب؛ سرباره راحت جدا می شود و طبع جویس تیز کار بردگانه دارند. اما استحکام جویس 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 باز یاب خوبی ندارند.
- فنز متوسط دارند. در جاهای غیر هندسی، در پنجه سازی در جاهایی که به آن محل حمل نیست بیست و بیست و نه تقاضا برای اکثر دو های رقیبی است

- اکثر دو های قلیایی:

- ترکیبات این اکثر دو ها بیست و یکدهم است که حالت قلیایی دارند مثل CaO ، MgO و مقدار هم CaF_2 بدون مواد دارد
- اکثر دو های قلیایی سهولت کاربرد ندارند. در جلیبی جابجا تر صیقا باید از جریان D.C استفاده شود و بسیاری از موارد اکثر دو های قلیایی را با ترانس نمی توانیم جریس کنیم و از سوار در می است که معمولاً تو ذوق جویس کار می زنند!
- بهترین خواص جویس را از اکثر دو های قلیایی انتظار داریم. یعنی به محض آنکه تجربه کنیم عمده آلیاژس با پوسن اضافه کنیم که دلد جویس شود استحکام آن با ما برود (مثل Cr یا Ni) به سراغ این اکثر دو های رقیبی. دلیل آن هم این است که اکسید های مثل CaO و MgO به راحتی نمی توانند با این فلز آلیاژی احیا شوند. چون اکسید های بسیار پایداری هستند از طرفی فلز آلیاژی که به علت سرباره قلیایی که ایجاد می کنند بهترین تولید زراعی و سفید زراعی را می توانند انجام دهند.
- اکثر دو کارهای هندسی در صنعت و در جاهایی که به فولدیم فولد های خاص داشته ایم (فولد های خنک) عمدتاً باید از اکثر دو های قلیایی استفاده کنیم
- نقطه ضعف اکثر دو های قلیایی، جاذب الرطوبه بودن آن ها است. نگهداری این اکثر دو ها اهمیت دارد. در سیستم نوزی آن ها باید این مورد را در نظر بگیریم.



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

- در رقم اول بعد از حرف E در استاندارد AWS نشان دهنده استحکام کششی جوش 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 (درست با هم) (تقریباً)

نمونه اعداد Position:

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

نمونه اعداد نوع الکترود:

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

نمونه حرف toughness:

- Low Hydrogen : LH
- Low Carbon : LC
- حداکثر برش عناصر آلیاژی : G
- مقدار Mo دارد : M

• با الکترود 7013 یا 8013 داریم یعنی الکترودها می بین (3) چنین استحکام ندارند. اما الکترودها می توانند 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

کمیتری دارد.

نحوه نگهداری یا حمل و نقل اکسئید (نامده شدن):

در کارخان حمل و نقل اکسئید باید جوش فراوان مطوب داشته باشد، لازم است قبل از هر سفاری از سلامت اکسئید اطمینان حاصل کنیم. اکسئیدها هم در لاین مختلف می توانند نامرست شوند در این صورت احتیاطاتی که از جوش می رود تا این نمی شوند. نامرست شدن اکسئید به این معنا نیست که حتماً باید آن اکسئید در انداخته شود بلکه ممکن است آن اکسئید در جایی دیگر که جوش اصابت با بی نظارتی بر برده شود. اکسئید به شکل گاه زبری تواند نامرست شود:

۱- رطوبت:

- رطوبت بصورت مستقیم یا غیر مستقیم می تواند باعث نامرست شدن اکسئید در سلا اکسئید در سیستم بندی آن ممکن دارد می تواند در مرور زمان از لاین رطوبت جذب کند و یا اینکه بصورت مستقیم اکسئید در در لاین شیمی یا در لاین بارون و غیره سلا عمودی تواند نامرست شود

- میزان جذب رطوبت در اکسئیدها در مختلف متفاوت است. این الزاماتی در صنعت باید توجه داشته باشیم این است که اکسئید چه قدر جاذب الرطوبت است و چه قدر جاذب رطوبت است. گاهی در سیستم بندی اکسئیدها قید می شود. اکسئیدها هم مثل مواد غذایی ممکن است بصورت فله ای در بازار با سردی بصورت vacuum شده. گاهی در اکسئیدها تاریخ انقضای قید می شود و یا نوشته می شود پس از باز کردن باید در oven یا در هر چه حرارت مشخص نگهداری شود و پس از ۱۲ ساعت در معرض هوا نباید قرار گیرد. این اکسئیدها هم میزان جاذب الرطوبت برزنیسان بسته است و هم در بعضی رطوبتستان کمتر.

- اکسئیدهای فلزاتی و غیر فلزاتی اکسئیدهای فلزاتی Grade یا خاص تر هستند (نسبت به اکسئیدهای رقیب یا سلولزی) مثلاً در مورد اکسئید E7018 ممکن است تا حدودی بتوانیم یک رطوبت را نامرست کنیم اما اکسئید E12018 یک رطوبت بسیار کم است که در حین اثر جوش LH در آنها می آید آن زکسئید (Low Hydrogen)

- عوارض رطوبت اکسئید:

- پاشش: یعنی نفوذ استفاده جبهه گازی زیاد را مشاهده کنیم
- تخلخل (porosity): یعنی جوش داخلی عوزه گازی می شود (اصطلاح صنعتی: کوموی شود!) عوزه ها لزوماً در سطح جوش نیستند که ما از ظاهر جوش بتوانیم متوجه شویم، بلکه در داخل جوش هم موجود می آید
- توده کربورونی: توده نامرستی از توده ای که از تجزیه رطوبت بوجود می آید مسئله ای که از دو عارضه قبلی جدی تر است که می تواند قاعده موجب تولید در Heat affected Zone (ناصید کار جوش) بعم بسود. چون توده کربورونی عارضه ای است که بر عارضه منطقه جوش می تواند فرج شود و نواحه مجاور را دچار مشکل کند.

در دانیم اکسئیدهای Grade با معمولاً برای نولادها استفاده می کنند (High Strength Steel) مورد استفاده قرار می گیرد این نولادها اکسئیدها با شکل تولید می شوند بنا بر این باید در مورد آن ها به سیستم بندی در رطوبت اکسئید خیلی دقت کنیم.

- تضعیف رطوبت اکسئید:

گاهی از زوری ظاهر اکسئید و یا برخی قسمت ها در سازه و جوش می توانیم تضعیف در لاین
• مثلاً بعضی اکسئیدها وقتی رطوبت جذب می کنند حالت قبله شدن یا لیک زدن پیدا می کنند (مثل لچ غسی 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 تجربه حتی از جدا می برضورد اکترودها به هم تکیه می کنند یعنی در بعضی موارد رطوبت جذب کرده یا اخیر
 شده اکترودها زنی با نیرو یا اینکه خفه باشند می توانند چنین دارند که آیا می تواند باعث اینست. و یا حتی جدا می برضورد
 اکترود به سنت. اینست در اکثر برضورد لیزر و خاک بلند شود یا نشود...

استه دستورالعمل های 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 واسه حدود 100 تا 150 بار عملیات
 می کنیم (اختلاف وزن را در اینجا اندازه نمی گیریم) بلکه تعداد خشک را بصورتی که در این تعداد لیزر درون می توان
 جدا می آید رطوبت برده 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 شود که ما به هم رطوبت می نزنیم و هم ممکن است
 اکسیرن وارد شود و بعضی ترکیبات را اکسید کنند که کانس یا افزایش وزن را موجب می شود. ممکن است برای
 سنت بدون چنین کاری که کنیم اما برای پوشش اکترود می توانیم در حقیقت باید لیزر و دستورالعمل استاندارد برده
 دقیق رطوبت را اندازه گیری کنیم.

وقتی هم در دستور رطوبت را تعیین می کنیم می توانیم سریعاً بوسیله اکترودها جدا می کنیم به نوع اکترود و جدا می
 رطوبت محدودیت کاربرد رطوبت تعیین کنیم. مثلاً اکترود سلولوزی تا حدی رطوبت داشته باشد مهم نیست و یا حتی
 باید به یک میزان رطوبت هم داشته باشد. اما یک اکترود پلیمری Grade VI حتی اگر 0.5% هم رطوبت داشته باشد
 قابل استفاده در کارهایی خاص نیست.

آیا اکترودی که رطوبت است را می توانیم همس کشیم؟
 با توجه به نوع اکترود و میزان رطوبت آن ممکن است بتوانیم اکترود را همس کشیم و استفاده کنیم یا نتوانیم.
 اکترودها می سلولوزی را اجازه خشک کردن نداریم. چون پوشش که دارد بلورن است که اگر کبر اکسیرن از 100

یا 150 خشک کنیم در حقیقت سوزد
 اکترود می که او پوشش آن بود که این است معنی است به هم رطوبت جذب کند که حتی رطوبت آن هم بلورن
 شود. یعنی بود که این اکسیرن است که آن هم ممکن است اگر رطوبت 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 سرامیکی
 دارد که در حین عمل زنی می تواند سگسته شود. پوشش اکترود در صورت سگسته می شود:
 - کاهش سگسته شدن طوری است که حتی به هم می نزنیم اکترود می ریزد و فاه می هم طوری است که پوشش فرغته
 در کارهای حساس که باید همس کشی را با همس کشی و در صورتی که Ultrasonic شود) از اکترود با پوشش
 سگسته استفاده نمی کنیم چون در هر دو حالت مشکل ایجاد می شود. اکترود می که بخشی از پوشش آن ریخته،

در آن صورت که در جایی که پوسش رخ ندهد، خواص مورد نظر در حالت پوسش در آن ناحیه تا بین نمی شود
در پایداری خوردگی و تقویت مذاب و ترتیب شیمیایی ... دریا ناقص انجام می شود. اکثر درهای که شکسته شده اند
اما پوسش نیز هست، چون کمتر در فترت است و در اثر حرارت منبسط می شود و پوسش سادگی است و انبساط
زیاد می ندارد، لذا وقتی به آن نقطه می رسم ضمن راحت پوسش شکسته شده کده می شود و می ریزد درون ظرف
مذاب و هیچ تقویت نیست که تا آن ذرات شود در با با باید، ممکن است بخشی از در همین اتحاد درون مذاب محو
شود و عین را بر وجه آورده که آن Slag Infiltration (ناخالصی ناشی از داخل جوش) می گویند. عین یک
نقطه کل که ترز شکسته است در وسط فلز ما وجود دارد که خواص مورد نظر را بر آورده نمی کند.

- اکثر درهایی که پوسش آن ها شکسته یا خرد شده در جایی که خواص جوشی تقویت زیاد می ندارد ممکن است با خوردگی
حالتی داشته باشد که پوسش در درگاه که کنیم با هم نظریه آید و ضعف نیست که فدر این همان دارد شده یا شده
اما خوردگی در درگاه که کنیم در درگاه ترک های زیاد است که این می تواند ناشی از نحوه ساخت اکثر در یا جفت
خاک کردن اکثر در باشد که مربوط به سازنده است و می توانیم بر کرد اینم.

3 - جبرین:

این مورد کمتر پوسش می آید. ممکن است جبرین، زنگ و یا خوردگی ناشی از خوردگی در درگاه است یا شده. بعضی
نفت یا فایبریل در آن رخ می شود / جوشکاری که وقت ندارد با دست جبرین اکثر در را تقویت در / درگاه در / دره، زنگ
یا جبرین باشد ... این اصل تقویت می تواند عوارضی بسازد، عوارضی رطوبت داشته باشد:

- اکثر در جبرین می تواند منجر به پوسش بیشتر در عین جوش شود. تحلیل بیشتر و ترک خوردگی بوجود آید. غیر از مسدود
نگه داشتن، جوش جبرین را می توانیم ایجاد کنیم، وجود جبرین در جوش می تواند منجر به تردی و ترک خوردگی شود.
- همچنین رطوبتی که روی اکثر در وجود دارد در عین جوش می خورد با جبرین و خوردگی های دیگر را گسترش داده می تواند
منجر به خوردگی های تنفسی و غیر تنفسی برای جوشکاری شود.

- در جایی که میزان کربن در فولاد مهم است سلفید جبرین می شود و فولادها ساختاری (Structural St)
میزان کربن آن ها 0.2% است و فولادها زنگ نزن یا Stainless Steels مخصوص فولادها زنگ نزن
آکسیژن 0.05% دارند. فولادها فایبریل آرسنید کربن از 20% سلفید 0.18% چنان هم نیست اما
فولادها زنگ نزن روگسیژن آرسنید 0.05% 0.05% برنده شکل ساز می شوند. چون فولادها 0.05% یا
دارند میزان جبرین کمی دارند اما فولادها 0.05% تا 0.1% دارند برآورد از جبرین، کربن جذب می کنند.
- بنابراین در کارهای حساس نباید از اکثر درها جبرین یا آرسنید استفاده کنیم.

4 - فولاد در درگاه اکسیدهای U Grade

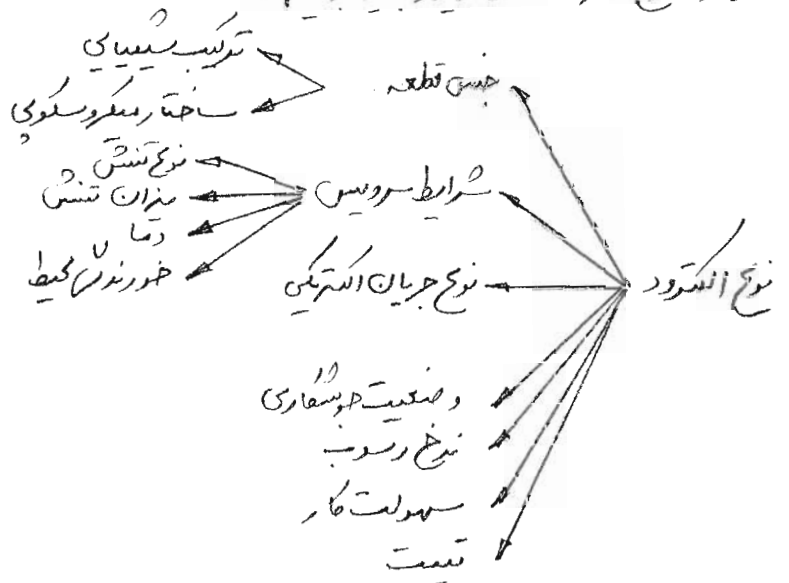
در شروع جوشکاری اکسیدهای جبرین و جوشکاری سطح می کنند و
اکسید در درگاه که می کنند به دلیل وجود نیتروژن اکسید و نیتروژن منفرجه می شود و نهایتاً محو می شود
انبساط از اکثر درها که در این ناحیه ها هم اکسید که اجته می شود و بعد از آن سرد می شود یا فشرده می شود
نذکار جبرین شود. این اکثر در فیم سوز شده است و بهتر است برای کارهای حساس از آن استفاده نکنیم چون
در حدود 400 یا 500 درجه و برخی از ترکیبات پوسش اندیده و جوش ما خواص مورد 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، اثر میزان جریان، سرعت حرکت الکترود و ... درست نباشد یعنی توان هر روش مناسب نیست. مهارت جوشکار در دستور العمل جوشکاری هم اهمیت بالایی دارد. در دستور العمل جوشکاری یا W.P.S (Welding Process Specification) نوع الکترود میزان جریان و سایر مسائل پیشین را مشخص کرده است. البته قبل از همه این مسائل باید مطمئن شویم که نوع فرآیند را درست انتخاب کرده ایم یا نه. آیا باید عمق جوشکاری با الکترود دستی انجام دهیم یا فرآیند دیگری مناسب کار ماست. وقتی مطمئن شویم که می خواهیم جوشکاری با الکترود دستی انجام دهیم باید جوشکار با مهارت کافی انتخاب کنیم. همچنین با توجه به دستور العمل جوشکاری در چند پاس می خواهیم جوش دهیم، چه آبی با چه سوزنی و چه شکل گرم و سرد شدنی ما را به جوشش ملایم یا تند (شرایط کافی را هم فراموش نکنیم).

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 حل می آید).

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



آیا جنس قطعه باید با جنس الکترود یکی باشد یا خیر؟ در اکثر مواقع بعد از افزودن مستثنای زیادی داریم.

- در مورد جوش، الکترود جنس جوشکار می تواند باشد، بلکه با جنس جوشکار می تواند از الکترود با جنس مختلف استفاده می کنیم.
- در جایی که عملیات Surfacing انجام می دهیم یعنی الکترود با جنس قطعه یکی نیست چون می خواهیم روی سطح نامی آن با خواص متفاوت ایجاد کنیم.
- ترکیب شیمیایی قطعه بسیار مهم است. اگر فرآیند درست در حدی که آلیاژ می آن ایجاد است.
- ساختار متبلور سلولی قطعه علاوه بر آن ترکیب شیمیایی آن هم است. معمولاً جوشکاری قطعات مختلف مثل تیر 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 تراز قطعه Anneal شده است یا قطعه ای که آرام سرد شده. اگر در این قطعه ای که با آنالیز شده باشد جوشکاری آن با تفاوت خواهد بود. ساختار

مطابق دستورالعمل این اطلاعات را در اختیار قرار می دهد. این اطلاعات را از زمان تست قبل از فروغاری نمودن آرماتور کشیم تا نواری کشیم و آن نیز طبیعی از فروغی بوده و همان قطعه بعد از کشیم و بعد برابر جوشکاری اقدام می کشیم.

- شرایط سرویس : از جوشکاری این قطعه هیچ انتظاری نداریم و در زمان جوشکاری خواصی تعیین می شود. ما هم می خواهیم تفاوتی در برابر سس و استحکام با آن داشته باشیم. ما هم می خواهیم قابلیت ماشین کاری خوبی داشته باشیم و سختی پایین (ما هم می خواهیم تفاوتی در جوشکاری در این می خواهیم ... این اطلاعات را نیز داریم :

• نوع تست : تستی که با قطعه وارد می شود می تواند امتحان یا ریاضی باشد ، کشش فشاری یا برشی باشد .

• بهترین زمانه ترین تستی که قطعه می تواند تحمل کند تست کشش است (اگر فشاری ریاضی باشد قطعه تجربی می شود مثل جوش با تیک که جوش یا تیرن را هم فرد می کند)

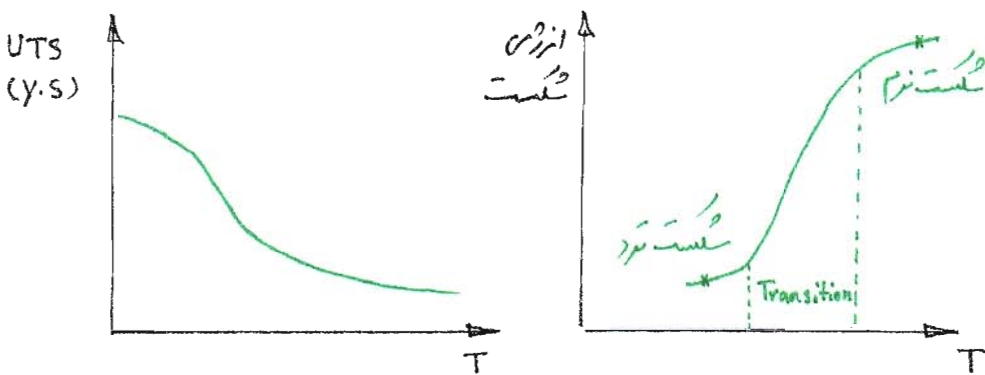
• بهترین تستی که می تواند یک سازه دارد شود تستی می باشد که در زمان تست که قطعات زیادی در زمانه گات هستند تحت این نوع تست قرار دارند که ما هم در صنعت می بینیم این قطعات را تحت زره انداز قرار می دهیم که این تست برای وقت ابعادی نیست در برابر ریاضی هم نیست . بلکه برای این است که از نظر کشش که منجر به کشش می شود از این بپزند .

• مقدار تست : گفتیم که در اکثر موارد E6013 یا E7013 ، ابعاد 60 و 70 استحکام کشش اکثر در نشان می دهند که در حقیقت استحکام کشش امتحان است نه ریاضی . جاها را با سازه می کشیم که میزان تست برش دارد جوش $\sigma = 60 \text{ ksi}$ است گفتیم می توانیم اکثر در E6013 را انتخاب کنیم . چون قطعات استحکام برشی کمتر از استحکام کشش است بنابراین حتما باید از اکثر در های E80 یا بالاتر استفاده کنیم . علاوه بر این اگر تست ها ریاضی می شوند باز باید استحکام بالاتری بکار ببریم .

• آیا اگر کشش می کشیم که اکثر در E70 انتخاب کنیم یا E80 می توانیم اکثر در Grade با (برای اطمینان Grade بالاتر) انتخاب کنیم ؟ خیر چون اولاً از نظر اقتصادی هم منزه نیست . اکثر در Grade با بالاتر باشد مکان تر است از طرف دیگر Grade اکثر در بالاتر رود جوشکاری آن سهل تر می شود و از طرف دیگر تعداد آن هم در سوارته است و یک فایده چون اکثر در کیفیت بیشتری می دهد می کند . بنابراین در این مورد باید که E70 مناسب است از E90 استفاده کنیم . حتماً ما هم از نظر فنی هم با شکل مواج می شویم .

• دما : در جوشکاری تستی 60ksi اعلان می شود؟ ما معمولاً استحکام را در آزمونگاه در دمای اتاق اندازه می گیریم . اما می دانیم استحکام فلزات در دماهای بالاتر پایین تر است . فراد معدوم می کنند است در دمای 700 استحکام سس نصف می شود اما فراد و دیگر استحکام سس 0.7 می شود . این نوع در دمای بالا می تواند مناسب باشد .

• باز این دما معیوناً UTS و Y.S است که دما هم هم از این رو در Elongation داریم . به همین دلیل است

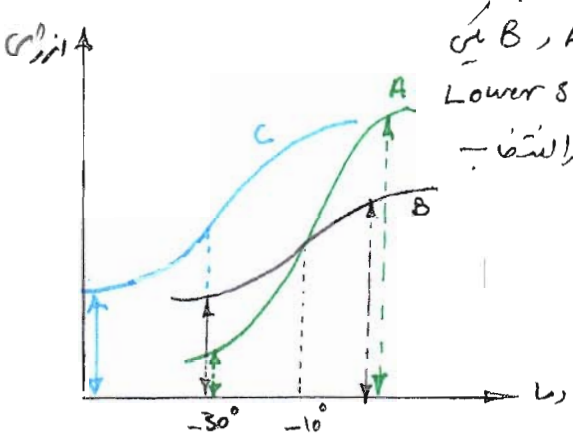


که معیوناً فرکانس های شکل دهی را در دماهای بالا انجام می دهند .

• لذا به ما می گویند آبیاری جوش باید تستی برش 60ksi را در دمای 500° تحمل کند . می توانیم در آبیاری های مختلف فروغی ر

دینور در تمام استحقاق هم حساب در آن کار با استفاده کنیم، بهینیم چه آزاری می توانیم بدان رسد، نسبی مورد نظر را محاسبه کنند
 و اکثر در آن ضمن با آن استحقاق انتقال - می کنیم جویش می کنیم و بعد جویش را در آن نقطه در دما 500
 تست می کنیم.

حکایتی که داریم از وی سکت در آن فشرده است. در وی تمام انرژی سکت به حساب رسد، در آن سکت فشرده
 مناطق سکت فشرده، سکت سرد منطقه Transition و در آن هم که در یک محدوده دما می خورد 10 تا 15 درجه از
 سکت سرد سکت نرم می رسد. حتی بهینیم فشرده که در دما می سکت بسیار Tough است در دماهای
 زیر صفر بسیار سرد می کنند. حتی می توانیم فشرده های تهیه سرد از مواد سرد آن تمام دماهای خورد 100 درجه زیر صفر
 در آن سکت کردن آن است. ۱۴۰ در دما می سکت بعد این را جویش می کنیم که باید در دماهای زیر صفر (خورد 70 زیر صفر)
 کار کنند مثلاً برای آن سکت در دماهای سرد و دماهای در آنجا ضمن ۱۴۰ تا ۱۶۰ در دما می سکت سرد و فشرده می شود و قطعات وجود دارد



یا قطعاتی که در مناطق میسوی باید کار کنند، اگر کوالیته بین دو سکت در A و B می
 را انتخاب کنیم اکثر در B را انتخاب می کنیم چون برای آن Lower Shear Eng
 مهم است. اما اگر شرایط سردی ما در دما می سکت سرد سکت در A را انتخاب -
 می کنیم چون در دما می سکت انرژی سکت بیشتر می شود.
 در صنایع نفت گاز، مخازن نگهداری گازهای که معمولاً در ۱۴۰ درجه
 هستند، شرایط سردی ۱۲۰ - دارند چون دماهای ۱۲۰ -
 است. در آنجا برای جویش باید از آن سرد دماهای انتخاب کنیم
 انرژی سکت (فشرده) با در دما می سکت. اکثر دماهای

داریم (مثلاً اکثر در C) که همان Lower Shear Energy را دارند اما این تفاوت که Transition آن با این تفاوت
 یعنی ۱۴۰ تا ۱۵۰ - در Transition دارند. یعنی برای شرایط سردی دما می سکت C از A انتخاب است
 چون T_{Trans} از سرد نرم آن با این تفاوت

- خوردگی محیط: در دماهای سرد به سکوهای نفتی که در آب ریخته می شوند باید خوردگی محیط را محاسبه کنیم و دما در نظر
 بگیریم و در انتخاب نوع اکثر در محیطی کار کنیم.

- نوع جریان الکتریکی: می توانیم در انتخاب نوع اکثر در موردت انجام دهند. فاکتور دما می که کار می کنیم در دماهای سردی ما
 نقطه یک تراش ساده است. در این جا اکثر در انتخاب می کنیم باید بتوانیم این باشد که با جریان AC هم بتوان
 آن کار کرد. اما در دما می که انواع استقاها می جویش ما در سرد می خوردگی در انتخاب اکثر در نظر نوع جریان نداریم.

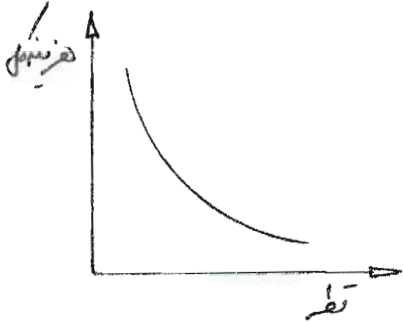
- وضعیت جویشکاری: اگر طبق دما می که می خواهیم جویش می کنیم بتوانیم چه می کنیم محدودیتی نداریم یعنی در
 استاندارد ASTM اعداد 1، 2 و 3 تفاوتی نمی کنند. چون با سکو اکثر در دماهای سرد وضعیت سخت می توانیم جویش می کنیم
 اما اگر طبق ما طرحی باشد که نقطه دما می که هست باید جویش می شود در آن حرکت نداشته باشد مثلاً باید در دماهای سرد
 را جویش را باید حتماً اکثر در عدد 1 باشد. این سکو فاکتور آن C می توانیم محدودیت انجام دهند.

- Deposition Rate: ممکن است پروژه ای داشته باشیم که در دما می عقب افتاده باشد و به علت دیربرد
 جریه هم باید بدسیم. در اینجا ممکن است به صرفان باشد اکثر در می که بود در آن بیشتر در در انتخاب کنیم

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- سایر الفکورد:

معمولاً هر چقدر قطره دارد با بالاترین سایر الفکورد کار کند. هر چه الفکورد قطره تر باشد کار سریعتر پیش می رود مخصوصاً اگر کار بسیار نازکی باشد. الفکورد قطره تر آبی با آبی می کشد و کار سریعتر پیش می رود. معمولاً اگر فنوداز

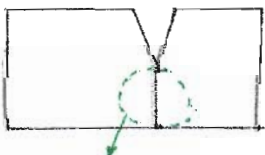


فکرند که هر چقدر در جبهه قطره الفکورد در بیشتر صورت در بر است: یعنی هر چند خود الفکورد در نظر با آن میزان بر است اما وقتی کل فرسودگی است و جادوی در نظر می گیریم می بینیم که فرسودگی کل پروژه کاهش می یابد. در مجموع برای انتخاب سایر الفکورد باید عوامل زیر را در نظر بگیریم (محدودیت ها):

- فشارت قطعه
 - طرح اتصال
 - وضعیت جوشکاری
 - مهارت و تجربه
- سایر الفکورد

- فشارت قطعه: قطعه ای که نازک است را نمی توانیم با الفکورد قطره جوش دهیم. مثلاً اگر فشارت ورق 3mm باشد با الفکورد 4 یا 4.5 و آبی 180 اگر جوش دهیم جوشکاری کنیم با شکل نوا هم نمیتوانیم یا زرد می بوزد یا درون سوراخ می شود (یعنی مثلاً با حرکت سریعتر دست نمی توانیم جبران کنیم) بنا بر این نباید قطره الفکورد را از فشارت قطعه بیستیم. مثلاً برای ورق با فشارت 3mm، الفکورد 2، 4.5 یا 5 و آبی 3 این نهایتاً می توان استفاده کرد.

- طرح اتصال: قطعه ای که فشارت زیاد دارد و مجبور هستیم فرج نازکی کنیم. بعد از فرج سازی اولی با سیم که می خواهیم جوش دهیم (سیم با سیم ریشتر Root Pass) را باید با الفکورد نازک جوش دهیم. چون اگر الفکورد ضخیم باشد جایی مانور زیاد ندارد، حجم جوش هم جوش لا نه می تواند کنترل کند و نفوذ جوش همی لانی تواند داشته باشد. در بعد از آن می توان از الفکورد های متوسط بعد هم الفکورد قطره استفاده کرد.



بنا بر این ممکن است برای پروژه 5kg الفکورد 2.5 و 5ton الفکورد 4 استفاده شود.

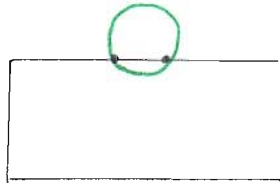
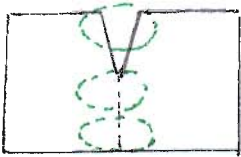
- وضعیت جوشکاری: در اینجا هم وضعیت جوشکاری محدود کننده می تواند باشد. مثلاً اگر جوشکاری تحت آبی می دهیم، با سیم ریشتر و قطعه هم ضخیم است برای آن می توانیم از الفکورد 4 استفاده کنیم. اما وقتی به صورت قائم یا با سیم سر جوشکاری می کنیم معمولاً نمی توانیم از الفکورد بیستیم از 4 یا 4.5 استفاده کنیم حتی برای با سیم نازک با قطعه ضخیم.

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

- مهارت یا چشم: اکسید در همان تقویر چون منگن تر کنند خنتری بیشتر برای جو شکار ایجاد می کنند همین طوره
 فرصت استراحت جو شکار کمتر است. اکسید در همان تقویر معمولاً طول تر دم کنند
 اکسید در همان نازک چون آبی پایین گرفته می شود طول قوس هم کوتاه است، جو شکار باید مهارت بیشتر
 داشته باشد به همین علت برای کاه آکوزی معمولاً از اکسید در همان 3 یا 3.5، 4 استفاده می کنند یعنی اکسید در
 2 راج جو شکار مبتدی نمی دهند و اکسید در 5 را هم به جو شکار مبتدی نمی دهند.
 اکسید در همان نازک تر معمولاً کوتاه تر دم کنند.

سوال: آیا کیفیت جو شکار با ساینز اکسید در همان دارد؟ مثلاً در فصل دست چپ از اکسید در همان باریک برداریم و در پاس جو شکار
 در نیم یا اندک یک اکسید در همان برداریم و یک پاس جو شکار دهیم کیفیت جو شکار تغییر می کند یا خیر؟

اکسید در همان تقویر یعنی حجم ذوب بیشتر، آبی با آبی در آبی سرد شدن
 اکسید در همان باریک تر جو شکار کوچکتر، آبی با آبی سرد شدن
 در ساینز اکسید در همان و حجم جو شکار حاصل از آن می تواند آبی
 بگذارد در همان خواص جو شکار. فالی این تا آبی کمسوس است



در برخی موارد جلیس کمسوس نیست. مثلاً در فولاد سازه ساختمانی، اگر جو شکار جلیس داشته باشیم یا جو شکار کوچک،
 آرام سرد شود یا سریع سرد شود، جلیس نباید انتظار تغییر خواص را داشته باشیم چون فولادها فولاد کم کرن است و
 عناصر آلیاژی ندارد از نتیجه از نظر ساینز اکسید در همان و Hardenable نیست. سریع یا آرام سرد شدن آن
 فقط در اندازه جلیس برایت اندکی تأثیر ندارد. اما فولاد آلیاژی با 0.6% کرن داشته باشیم، سریع یا آرام سرد شدن
 تأثیر زیادی روی خواص می گذارد.

نقش‌های:

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

آماده سازی جزء مسائل طراحی است و شامل 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 جزئیاتی که اجزای مهم، در آن جو شکاری خاص
حیثیت هم برش 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
نرا باید به آن توجه کرد که در هر کارگاهی که در جو شکاری با اکثر در دسترس نیست و برعکس
بازرسی شده است آماده سازی شده اند و در هر کارگاهی ابعین هم در نظر گرفته شده به سایر نقاط می پردازیم:
- مهارت جریان:

روغن در نگاه جو شکاری که چسب بر روی آن میزبان جریان است که ما باید آن را تنظیم کنیم.
• کالری 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 شکاری 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 مشخص ندارند و ما باید با
کمی عددی سوال در هر جنبه سنجیده ایم که جو شکاری در لایه ششوم که آیا آکسیم مناسب انتخاب کرده ایم یا غیر.
• سایر اکثر در یک عامل تأثیرگذار است هر چه سایر اکثر در بزرگتر باشد میزان آکسیم 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٪ آکسیم با آن هم می توانیم کار کنیم.
میزان جریان در اکثر در بی نوار معمولی با جریان اکثر در 316 Stainless steel با اکثر در Al تفاوت است. چون تفاوت
اکثر در می، تفاوتی در آنها تفاوت است.

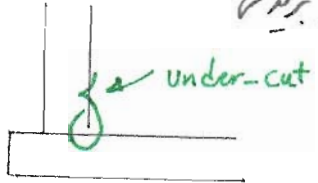
• Position جو شکاری هم مؤثر است. معمولاً جو شکاری که در وضعیت قائم یا مایل سر کار می کند با همان اکثر در
آکسیم را مقدار کمی کمتر انتخاب می کند برای اینکه بتواند ذرات را که در جو شکاری و در ذرات جو شکاری در دسترس است
جو شکاری در یک لوله را جو شکاری می دهد به کمک دستیار یا ابزار می که دارد جریان را تغییر می دهد.

• چگونه غلظت کار متوجه شویم آکسیم مناسب است یا نه؟
آکسیم خیلی زیاد باشد یعنی بیشتر از ظرفیت اکثر در باشد، وقتی غلظت نصف اکثر در را هم مصرف نکرده ایم تمام اکثر در
سرخ و لوله ای می شود که نشان می دهد آکسیم مناسب نیست

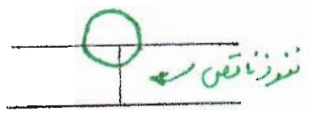
توضیح در پاشش (Spatter) هم می تواند نشانگر مناسب نبودن جریان باشد البته کالری اکثر در ما غلظت یا سبب آلوده
باشد یا پاشش داریم اما وقتی که اکثر در غلظت است نه آلوده و یا پاشش بیش از حد معمول با جرقه های زیاد داریم باید آکسیم را کم
کنیم.

• ریزش ذوب (Excessive Fusion) مخصوص در جاهایی که قطعه نازک است ریزش ذوب را داریم و نمی توانیم ذوب را کم کنیم
کنیم یعنی ذوب از لایه با ریزش می نهد که به آن ذوب افراطی یا Excessive Fusion می گویند و نشانگر آکسیم بالاست.

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



که در کنار جوش 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 بلا مساعدت زیاده نیست، قطعات زرب زنده رفته
بزرگتر می شوند تا اینکه در سطح کار قطع می شود 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 جوش حالت بر حسب
باز اویه تمام بسته دارد. چون آبی کم است، اکثر در زرب می شود اما کار زرب
نمی شود یعنی اکثر در زرب شده در سطح کار می ماند

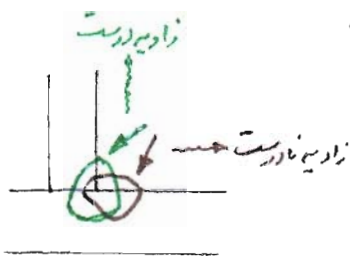
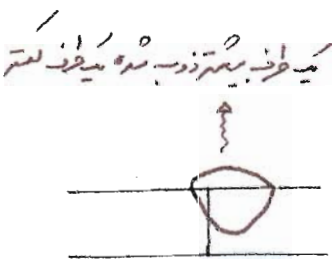


بنابراین با داشتن اطلاعات در مورد اکثر در، دستاورد جوش و وضعیت جوشکاری می توانیم آبی مناسب را تنظیم کنیم.
حالا برای شروع جوشکاری چندین حرکت جهت جوشکاری باید در این آنگاه مهارت کافی داشته باشد.
کنترل قوس:

جوشکاری 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 شدن 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 می چسبند نه قوس قطع شود اما در ابتدا طول قوس کم زیاد شود. اما جوشکاری را در هر طوری
درستش را حرکت می دهد که نتیجه هم تغییرات طول قوس در همین جوشکاری نداریم. نوسانات طول قوس باعث
تغییر پهنای زرب جوش و تغییرات فنوز جوش در طول کار می شود و همچنین ترکیب زرب و هم این جوش می تواند تفاوت خواهد
بود

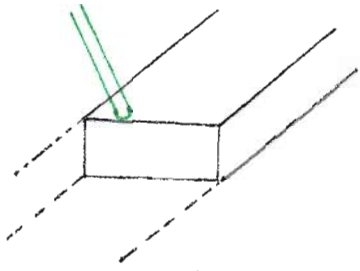
دنبال کردن زرب جوش:

در ابتدا دنبال کردن زرب جوش به حرکت سطحی به نظر می رسد اما عملاً چون نور قوس خیلی زیاد است و باید از ناسک با دستگیره
استفاده کنیم، نقطه یک کجوری بسیار کوچک و این بینیم، دنبال کردن زرب جوش همان جهت نیست. حتی برای جوشکاری
مستقیم با لایح خط می کشیم که سیر لایح را دنبال کند. حتی اگر هم را بزنیم در سمت دنبال کند،
• ممکن است سرعت حرکت اول طول می کشد تفاوت نباشد، در حالی که آرام حرکت کند زرب جوش زلفت افشان داشته
باشیم و در جایی که سرعت دست سست آرام می شود
• 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.

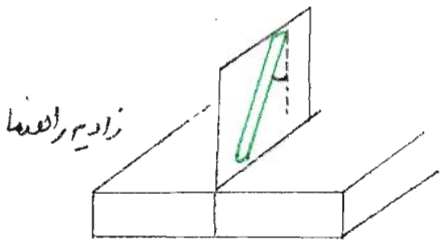


• حالا اگر در نقطه زنده هم برادر کنیم و جوش هم جوشی داریم
ممكن است بتوانیم سرعت دست را کم یا زیاد کنیم
اما با شکل دست می توانیم که در شکل نشان
زده شده یعنی از با جوش می تواند تفاوتی به نظر می رسد
اما وقتی سطح زرب می شود در بینیم یک طرف بیشتر

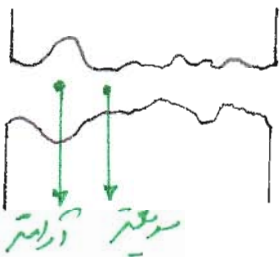
زوب زنده ریب طرف کمتر زوب شده . شکل این است که یا اکثر زوب در دست وسط
 در هر دو طرف تفرقه و یا زوب اکثر زوب در دست تفرقه و این زاویه باعث شکست طرف
 حرارت کمتر برسد و کمتر زوب شود .



- زوب نایس خوب کارن : 1- Work Angle (زاویه کار) 2- Lead Angle (زاویه رانضا)
- زاویه کار : زاویه این که اکثر زوب با سطح کارن سازد که معمولاً در هر کارن با اکثر زوب
 دستن و حالت تحت زاویه عمود هم کارن است . (زاویه بین اکثر زوب با خط عمود بر جوش در صفحه عرضی)
- زاویه رانضا : 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 بر اساس جوش کارن با این سرد قائم کنی شکل تراست .
- این دو زاویه در هیچ ارتباطی با هم ندارند . یعنی مثلاً متعین هم نیستند .



• در عمل گاهی با قطعات مواجه می شویم که با اوره یا نیوسین بریده شده اند و در زمان
 کنواخت نیست . در این موارد جوشکار باید در بعضی جاها دستن را سریعتر
 حرکت دهد و در بعضی جاها آرامتر .



حتی گاهی باید حرکت های زب زبات یا میل زدن را هم بتوان انجام داد .
 • 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 دست
 دستن کنی را کمتر است و انتها کار کنی سریعتر است تا بتواند جوش
 کنواخت را بوجود آورد .



هلالی



چرخشی



زنجیره ای (eight)



مغزی

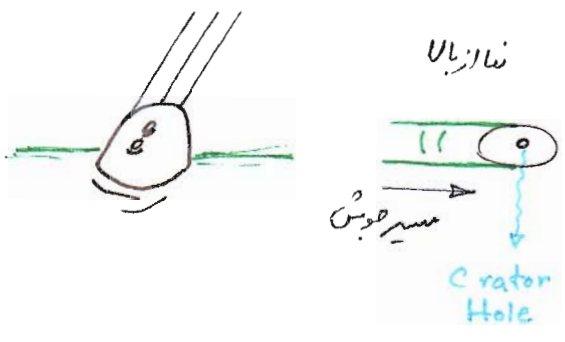
• حرکت های زب زبات در پاس ریب که اکثر جوشن باز است و در Final pass
 هم گاهی انجام می شود یعنی حرکت های هلالی یا چرخشی ، زنجیره ای یا
 مغزی انجام می شود . حرکت مغزی بیشتر برابر جوشن تا هم است .

در پاس نهایی با این علت که جوشن تغییر در نباید و دیگر پرداخت و ماشین کاری بر آن صورت نیاز نباشد . چون در پاس
 نهایی معمولاً یک ریف جوشن کافی نیست و همین ریف جوشن لازم می آید به نسیم و 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 کمتر می آید و با نسیم جوشن تغییر می یابد نسبت نمی آید و
 امکان ورود لغزاد وجود دارد و همین طور امکان ریزش زوب ...

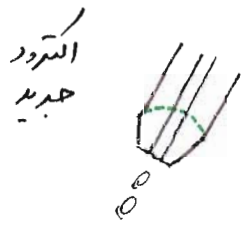
حرکت تعویض الکترو:

در جوشکاری با الکترو دستی در هر سیر جوشکار چندین بار مجبور شود الکترو در سیم به انتها رسیده تعویض کند و الکترو جدید برآورد. محل تعویض الکترو مساعده است برای بوجود آمدن یکسری عیوب. خیلی اوقات برای تست جوش، محل تعویض الکترو را مورد آزمایش قرار می دهند و اگر سالم بود جوش را ادامه می دهند.

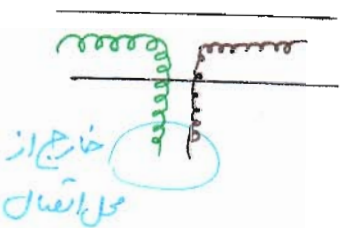


در این محل اعقان بوجود آمدن Porosity، آخال های آتشی و زوب ناقص و ترکیبی وجود دارد. علت آن است که در هنگام جوشکاری به علت فشار قطرات مذاب موضعی مذاب که پایین تر از سطح منفرجه قرار می گیرد. هنگامی که فرایند الکترو را تعویض کنیم، چون قوس را قطع کنیم، موضعی مذاب همراه با انقباض ناشی از انقباض (Shrinkage)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

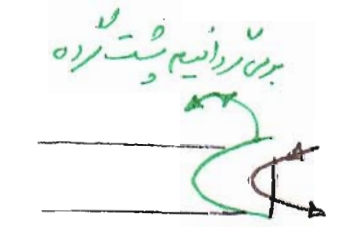
آخرین مرحله انجام در تغذیه انجام شود و وجه ناخالصی و حباب را مسدود است در آن جا جمع شود و قطع ما سالم باشد. اما در جوشکاری راه گاه یا تغذیه نداریم و برعکس این عیوب ناخواسته برآورد می توانند در آخرین مرحله انجام در آنجا جمع شوند. حتی ترکیبی سازه ای می تواند اتفاق بیفتد.



از طرف دیگر وقتی در حال جوشکاری 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 سرسلیقه دارد و نقطه ذوب آن بالاتر است. بنابراین اولین قطراتی که از الکترو جدید می آید هنوز به اندازه کافی پوشش ذوب شده 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 هایی می شود (البته جاهایی که خاصیت وجود دارد):
 • این از تکنیک لغا: وقتی به انتهای الکترو در رسد هر دو یک سانتیمتر بدون می آید و بعد آنجا بر سرش می زنند و الکترو جدید را از آنجا شروع می کنند و مجدداً وارد می شوند و جوش را ادامه می دهند. یعنی آن قسمت هایی که مانده اند ضعف آن قسمت عمقا از اتصال دور می شود.



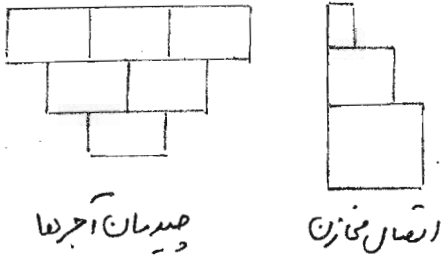
• Back Step (گام عقب): هنگام جوشکاری وقتی به انتهای الکترو می رسید. الکترو را چندین متر بر می درازیم پشت زاده جوش (در حد میلی متر) و به تدریج طول قوس را اضافه نمی کنیم تا قوس قطع شود. حسن این کار این است که دست طول قوس زیاد شد، اگر لعم می شود در این مساحت کافس می یابد و یک مقدار ذوب از طرف جوش پایین می ریزد و انظار که کار تغذیه را برای ما انجام داده

و حالت بودی در نظر گرفتن شود و ضعیف است با برسی زدن می توانیم آن را تعیین کنیم.
 بعدا کمتر در جبهه برآید بر داشتیم زیرا آن قطرات اولیه آن هستیم چند میلی متر جلوتر می بریم در محض اینده قوس
 روشن شد برسی برآید عقب و بعد میوه اصلی را دنبال می کنیم. حسن این کار این است که قطرات اولیه این که به
 اندازه خاص عمل تعیین شد آن ها انجام شده است پس این را از آنکه که هنوز مانده بجهت مجدد دارد موضوعه مذاب
 شوند و تعیین آن انجام می شود. بنابراین احتمال وجود آن عیب خیلی کم می شود.

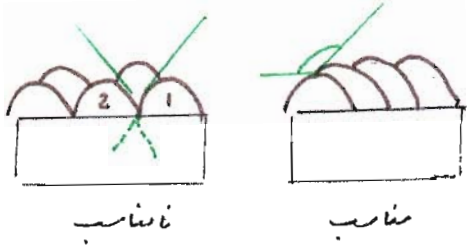
ماه ها در وقت به جایی اینده از این بکند استفاده کنند، جو شکاری دستیار دارد که به محض اینده التردد تمام شد،
 کنگ جو شکار محل تعویض را سفت می کند تا سفت و فشرده آنها را با کمان سفت می کند و در برسی التفاضل کند
 با برسی راست که سفت از درخت جو شکار که 100 تا اکثر در تعویض می کنیم نقطه رو یا سه جایی آن Defect وجود داشته
 باشد باید نقطه 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 شوی درست آردیم کم است.

- شروع در انتها :

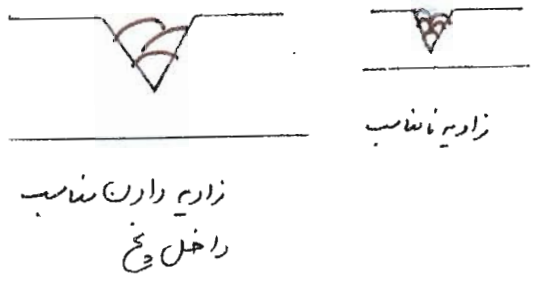
در مواردی که تعداد زیاد برسی با برسی جو شوی کنار هم دارد می شود و یا درسی هم دارد می شود، توصیه می شود که شروع و انتها
 کامل در یک خط نیافتد. مثلا در یک تراشید چند پاس برسی هم جو شوی
 می داریم در هر پاس ضعیف تا اکثر در تعویض می کنیم. درست مثل
 آجرهایی که بر روی هم می چینیم، باید وقت کنیم که نقاط شروع و انتها
 در محل تعویض اکثر در ها بر روی نقاط شروع و انتهای پاس قبلی
 نیافتد. از فرکت های زنی زات هم استفاده می کنیم.



در این حالت اگر اسیب یا نقطه ضعف یا ترکشی بوجود آمد نمی توانه خیلی
 راحت سیر مستقیم را پیش رود و اسیب پیدا کند و مجبور می شود که
 سیر زنی زات را ببرد و امکان پارسی کم می شود.
 حتی این مسئله در ارتقال مخازن هم رعایت می شود و مخازن
 با ارتفاع های مختلف را طوری به هم جو شوی می کنند که از جو شوی ها
 در یک امتداد نباشد.



باید سعی کنیم پاس های جو شوی کنار هم می گذاریم هر در داخل
 یک سطح و چه بر روی یک سطح طوری قرار بگیرند که
 پس در تاریف جو شوی زاویه تیز یا دره بوجود نیاید. هر پاس
 یک تعداد برسی پاس تعیین می شود.



زاویه تیزی که بوجود می آید باعث می شود که هم تیز بران سر باره شکل شود
 (برسی پاس 2) و هم امکان اینده ترکیدن اتفاق بیافته بیشتر
 است زیرا Stress Concentration داریم که در اینجا بیشتر از حالتی
 است در شکل مست راست اتفاق می افتد (برسی سطح)

در مورد سطح ها هم همین صورت باید سعی کنیم، پاس های جو شوی زاویه های مناسب با هم سازند تا ترکیدن ایجاد نشود

- 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.

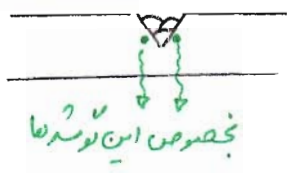
• حالتی که می توانیم سرباره را جا بگذاریم: حالتی که در آن جنس قطعه ما فولاد معمولی (فولادها را ساختن) است.

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

این حالت معمولاً در کارهای ساختمانی اتفاق می افتد که بعداً فولاد را می برون می رود و حتماً تا ماهی فولاد ساختمانی وقت برای جوشکاری در اینجا استفاده 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 زدن درستی کار می خورد می آید. بنابراین ناچاراً آن را تغییر نمی کنیم.

• برای Stainless Steel ها حتی اگر یک پاس جوشی هم می رویم و بعداً هم نخواهیم Coating انجام دهم، 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 اتفاق نمی افتد.

Slag intruption



• در جاهایی که چندین پاس جوشی می خواهم بدهم. 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 می شود و بیرون باید می کشیم از آن ماسه کار باقی می ماند. نهایتاً ظاهر جوش خوبی داریم اما وقت X Ray عبوری دهم در فیلم بدست آمده قطعه های کنار جوش می بینیم که ظاهر است و ناشی تغییر نکردن مناسب سرباره است و طبیعتاً 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 جوشیم روی آن مجدداً قوس روشن کنیم اصلاً اتفاق نمی افتد. چون مدار جریان الکتریکی برقرار نمی شود که قوس بخورد ایجاد شود.

• دیگر از زود جدا کردن سرباره: سرباره ما همیشه سرد است و جوش ما همیشه داغ است تفاوت ضریب انبساط حرارتی دارند و این تفاوت ضریب انبساط حرارتی است که باعث می شود که موقع سرد شدن سرباره راحت جدا شود و حتی گاهی اوقات بدون ضربه زدن خوردگی جدا می شود. بنابراین اگر اجازه دهم زمان بگذرد سرد شود خیلی راحت جدا می شود تا اینکه نخواهم 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 ببینیم جنس قطعه ما چیست و سختی پذیرش آن چگونه است. نوادیس که کوبن میخورد با آن دارد، اگر سه باره اس سریع جدا شود تفاوت زیادی روی سختی و تدریس جوش بوجود خواهد آمد. اما برای جوشکاری All تفاوت آنچنانی بر روی خواص نخواهد داشت.

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

- محدودیت position نداریم
- محدودیت مکان و جابجایی 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 این جهت 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.
- مثلاً تنها فرآیندی که ارزان تر از آن باشد جوشکاری اکسی استیلن باشد.

محدودیت ها:

- کیفیت جوش به مهارت جوشکار بستگی دارد.
- تعویض الکترو در: هم کار را دیرتر کنیم می برد هم کیفیت جوش را از نظر کیفیت و زیبایی و ظاهر آن می برد.
- سعی 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 در نداریم:
- برای جوشکاری Ti در این فرآیند الکترو در پوشش دار نداریم
- برای جوشکاری Mg و آلیاژ آن الکترو در نداریم
- حتی در مورد فولادها، فولادهای قهنگه است حکام آن ها ۱۸۰ksi است و یا ۲۰۰ksi در حالی که بهترین الکترو درها ما است حکام جوش ۱۲۰ksi دارند.
- خاصیت در برابر زلزله 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 بار شود.
- محدودیت ضخامت: به ندرت ورق های زیر ۲mm را می توانیم با الکترو در دستی جوشکاری کنیم. در صورتی که در صنعت مواردی داریم که هم خراشیم 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 هر فرنیست که با این فرآیند جوش دهیم.

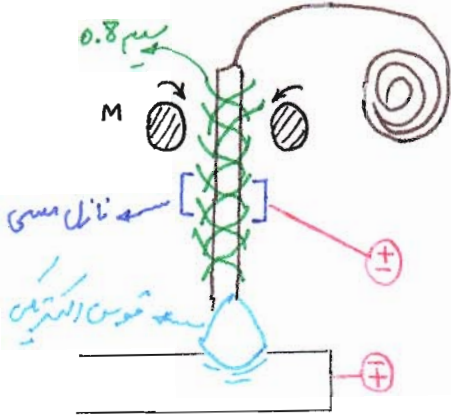
۱۱۱ کد مکتوب کار

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.

اهداف این فرآیند 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 سمت سیم اعمال کرد چون طول بسیار زیاد دارد و مقاومت الکتریکی زیاد را ایجاد می کند.

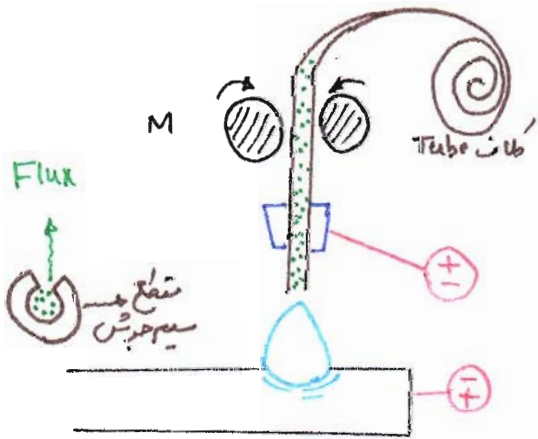


در این فرآیند لخته الکترود معمولاً 3 یا 4 در عرض آن باید سیم 0.8 یا 1

یک سیم به هم پیوسته اند که در لقمه برعکس به هم پیوسته اند. اینها مواد را در عرض آن پوشش داده اند و جاهایی که توانیم سیم را کلاف کنیم. بنابراین لخته قطر 4 با سیم قطر 0.8 دو دور به هم پیوسته شده و پس از آن فضای زینت در 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 دهد که جریان به آن وصل می شود از قطب دیگر به قطب کار وصل می شود. این فرآیند Continuous Coated Electrode Arc W. نامیده می شود.

Flux Cored Wire (الکترود توپودری):

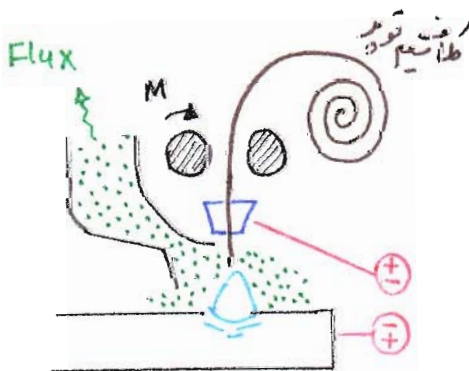
در پوشش دیگر تقویت الکترود را هم این صورت حذف کرده اند. در این روش جایی لخته و پوشش را حذف کرده اند. یعنی ضرورت ندارد که لخته با خود مواد روان ساز پوشش. در اینجا الکترود در هم که در اصل یک Tube یا لوله است، این لوله بصورت کلاف درآمده و مواد پوشش در وسط آن لوله قرار گرفته. از قرقره برای Feed کردن استفاده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



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

Submerged Arc Welding (جو سیم زیر پوشش):

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 که 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



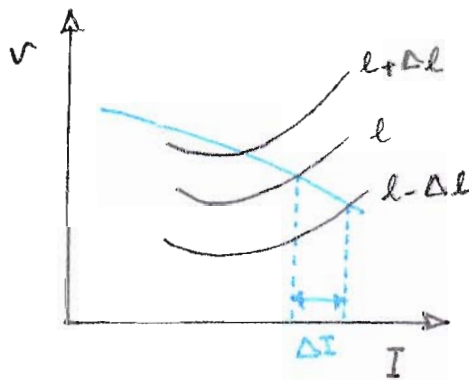
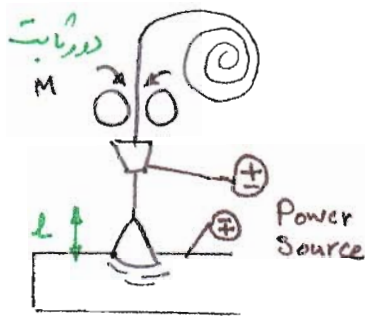
کمی از یورد زوب می شود و سیم در لحظه کار لقم زوب می شود و در این ترتیب عملیات جوئی کار انجام می شود
 این فرآیند S.A.W (Submerged Arc Welding) می گویند یا جوئی کار زیر پوری (توس مخفی)
 این فرآیند در صنعت کورما زیاد استفاده می شود.

۸۴، ۱۲، ۹

« عیب هفتم »

محدودیت دومی می خواهم از فرآیند جوئی کار 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 ←



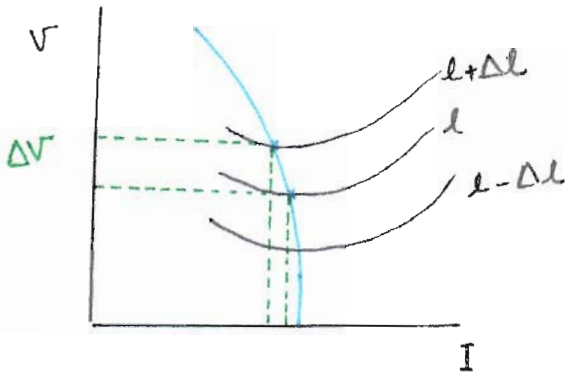
Self Adjusting -
 در این روش می خواهم l را تنظیم کنیم. تفاوتی ندارد که الکترو توری باشد یا بصورت دیگر باشد. در این روش موتور می استفاده می شود و دریافت است و همین طور Power Source هم که استفاده می شود و تفاوت است در تغییرات طول قوس منجر به تغییرات زیاد جریان می شود اما تغییرات و تفاوت کم است.
 • در این روش که افزایش شدت جریان باعث افزایش نرخ زوب می شود.
 • بر هر دلیلی 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 پاشی می آید، آن لحظه ای که می خواهم سیم به کار، سرعت زوب شدنش بیشتر می شود، در نتیجه طول قوس به حالت اول خودش بر می گردد.

• به هر دلیلی فاصله 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 گفتم 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 گفتم، 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 خنک کننده 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 دارد باشد در حالت پتینه بلند (داشته باشد). در این قطعه مشکل از جهت طول قوس نوس نداریم چون سریعاً عمل در عکس العمل انجام می شود و طول قوس کنترل می شود.

Variable wire Feeding Rate



- در این روش دیگر در موتور ثابت نیست
- سرعت این موتور تابع 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 آپری ثابت است.
- در اینجا تغییرات کم طول قوس منجر به تغییرات زیاد ولتاژ می شود در جاهی که تغییرات آپری کم است.

- فنطامی که به هر دلیل طول قوس کم می شود، کاهش طول قوس و ولتاژ را کم می کند، کاهش ولتاژ دور موتور را کم می کند یعنی سرعت با سرعت کمتر به طرف پایین بر ستاره می شود و چون آپری هم تغییرات زیاد در ندارد بنابراین نرخ ذوب هم تغییرات چندانی نمی کند.
- فنطامی که طول قوس زیاد شده است، ولتاژ افزایش پیدا می کند، افزایش ولتاژ دور موتور را زیاد می کند و سرعت بیشتر به سمت پایین حرکت می کند و بنابراین طول قوس به حالت عادی خودش 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. فنطامی که طول قوس کم می شود و الکترو در نزدیک است که به جایی رسیده. جوشکار با تجربه سرعت حرکت رستش به سمت کار را کم می کند تا طول قوس بر گردد. در این 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.

$$\Phi 2 \quad 30^A + 20^A$$

$$\Phi 5 \quad 220^A + 20^A$$

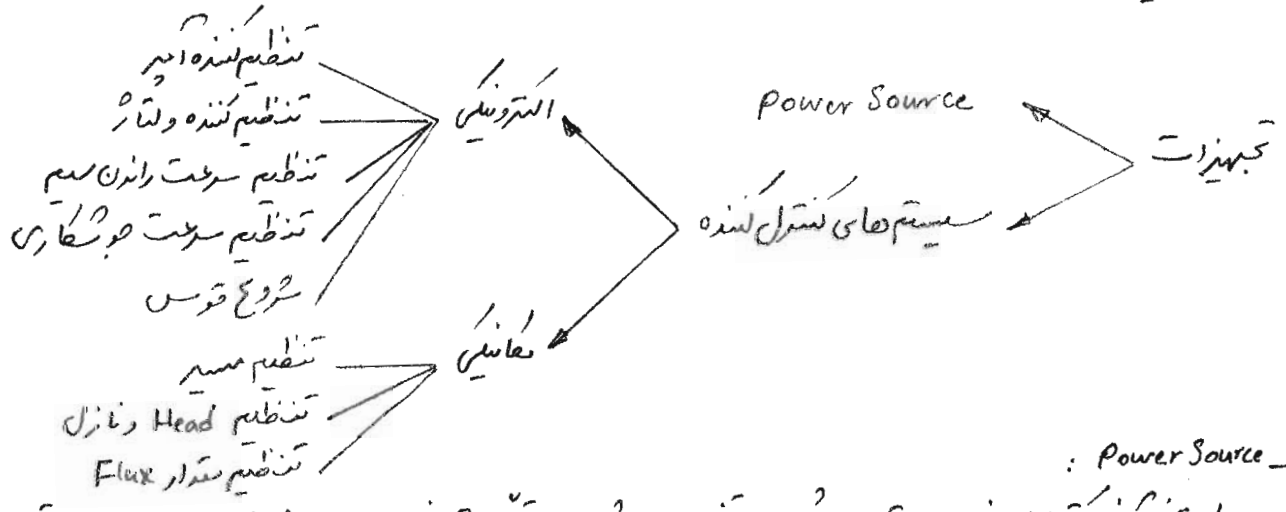
در جاهایی که با الکترو در قطره و آمپر بالا کار می کنیم روش اول حساسیت خود را از دست می دهد. مثلاً اگر دو الکترو در با قطر 2mm و 5mm داشته باشیم و با آمپرهای 30 و 220 کار کنیم. به تعداد 20A اضافه کنیم تفاوت خوب الکترو در برای $\Phi 2$ محسوس تر است. به همین علت است که در موارد الکترو در ضخیم و آمپر بالا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

Submerged Arc Welding "S.A.W" (زائید جوئیکاری زیر پودری) :

1- مقدمه :

عموماً واحد های صنعتی که حجم های سنگین و ضخیم جوئیکاری در تراز بندی زیاد در این فرآیند استفاده می کنند. عموماً ضخامت های ۱cm به بالا. ممکن قطی جنین هم ضخیم نباشد اما تکرار زیاد شود. مثلاً در سیلندر سازی های گاز یکنگن. قسمت وسط عموماً سیلندر عموماً به این روش جوئیکاری می شود یا کابینه های 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 :



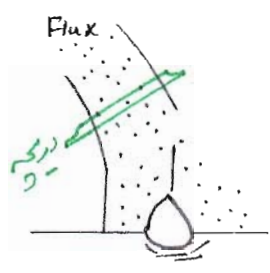
Power Source :

- 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 ما در این فرآیند خیلی بااست اگر چه جوئیکاری با اکثر 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 جوئیکاری 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 جوئیکاری با اکثر درستی که نیاز خواهیم تغییرات آمپر زیاد باشد اما در جوئیکاری زیر پودری اکثر حالت Constant Current و Self Adjusting است مگر در مواردی که لازم باشد حالت دوم را داشته باشیم که در جوئیکاری زیر پودری هم در نوع کاربرد دارد که بستن 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 جوئیکاری با اکثر 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 فرایند 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 سیستمی که ما تنظیم کرده ایم)

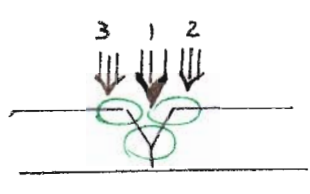
در جوشکاری معمولاً مشکل مکانیکی هدایت می شود. مثلاً از این که می خواهد جوشکاری شود باید در نظر بگیریم، قبل از اینکه مشکل ایجاد شود، یک چرخ یا دیسک درون آن قرار گرفته و با حرکت آن مسیر جوشکاری هم تعیین می شود. و با اینکه ریل وجود دارد دستگاه در مسیر حرکت می کند. در بعضی موارد دستگاه ثابت است و قطعه در آن حرکت می کند. مثلاً در سلیندر سازی ها، سلیندر حرکت می کند (سرعت جوشکاری سرعت حرکت سلیندر) در سیستم های Spiral هم دستگاه حرکت می کند و قطعه هم 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 در آنها هم شروع می شود. چون اینها مثل الکترون هستند نمی توانیم نوع کنترل را به کار بگیریم، بنابراین سیستمی پیش بینی شده که با نزدیک شدن الکترود به سطح کاری ولتاژ را بالا می راند تا همین که کند تا قوس ایجاد شود.

Flux این هم در کار رخته می شود مخصوصاً آن زوب می شود و خودش زوب نشده دوباره قابل استفاده است. در جوشکاری زیر پودری قوس تماماً زیر پودری است یعنی قوس یا نور قوس دیده نمی شود. پس از اینکه جوشکاری انجام شد یک لایه پودر زوب شده مثل سر باره روی کار جمع شده که آن را جمع کنیم در هم داریم می توانیم جوش را بسینم رو اینها میستیم و جود دارد که پودر زوب نشده را مثل جابو موی 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 باشد و وقتی پودر جمع شود آن را برداریم و در زیرم دوباره داخل مخزن را از روی آن تکه ها سر باره هم با آن مخلوط شده بود، آن می کنیم

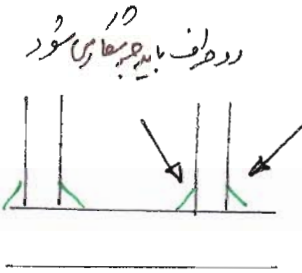
سیستم مکانیکی تنظیم پرور: یک درجه سازه وجود دارد که مقدار پودری که در مسطح کار رخته می شود را کنترل می کند. سیستم مکانیکی دیگر برای تنظیم Head دستگاه وجود دارد که می تواند نازل و Head را جلو یا عقب و یا بالا یا پایین ببرد. به عنوان مثال یک درز جوش را میخ سازی کرده ایم



من ضرایبیم پاس نام اول در هم و سوم را جوشکاری کنیم. پاس اول الکترود باید در محل (1) باشد. به جایی که قطعه را جابو می کنیم، با یک سیستم ساده مکانیکی نوز نازل درست در محل مورد نظر تنظیم می کنیم. برای پاس های دوم و سوم هم به همین صورت Head دستگاه را جابو می کنیم.

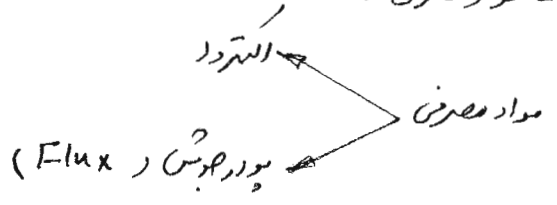
مکن است قطعه در یک جا نازک تر و در یک جا قطعه باشد. به جایی که زیر قطعه چیزی قرار دهیم خود نازل را باید سیستم مکانیکی ساده جابو می کنیم و با پایا پایین می بریم.

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 بازوهای آن که خواص عملیات
 جوشکاری را انجام دهند



• 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 دینامیک هم در سیستم پیش بینی می شود. ممکن است میکرو
 سوئیچ های وجود داشته باشند که وقتی به آنها کار در سیستم بصورت خودکار عملیات متوقف شود.
 در این گونه فرآیندها کسی که بار مستقیم کار می کند Welder نمی تواند بلکه از اصطلاح Operator استفاده می کنند

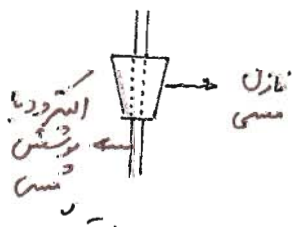
2- موارد ضروری:



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

- الکترود را با مقطع گرد در می توان لعاب سیم جوش نامید از قطر 2 تا قطر 6 میلیمتر 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 1 یا 2 میلیمتر است. این نوع الکترودها عمدتاً برای Joining بکار می روند بلکه برای Surfacing کاربرد دارند.
- ضخامت لفظی که می خواهیم یک لایه ای روی سطح رسوب دهیم. مثلاً یک درون نواری معدوم داریم و می خواهیم 1mm روی آن Stainless Steel رسوب دهیم. ابعاد ورق 2x4 متر مربع است. اگر نخواهیم با الکترود دستی این کار را انجام دهیم حداقل سه یا چهار روز طول می کشد. اگر نخواهیم فرآیند زیر پوشش استفاده کنیم و از سیم جوش استفاده کنیم باید 7 ساعت طول بکشد. اما اگر از الکترود بصورت تکه می خواهیم استفاده کنیم باید روزمان یک ساعت بتوانیم یک مایه روی کل سطح رسوب دهیم.

• روی الکترودها یک پوشش نازک مسی قرار گرفته است که از طریق Electroplating روی آن پوشش دارند. نقش پوشش مسی این است که الکترود اکسید نشود و زنگ نزنند، چون خیلی راحت در مجاری هوا زنگ می زنند و اکسید لعاب گرد و در جوش سرد شکلات زیادی را بوجود می آورد. همچنین مسی هم ممکن است به مرور زمان اکسید شود اما خیلی زمان بیشتری می خواهد. دلیل دوم آن این است که وقتی الکترود از اردن نازل مسی رد می شود، چون روی الکترود هم از مس است جریان الکتریکی بهتر عبور می کند یا به بیان علمی Contact Resistance پایین می آید.



از طرفی پوشش مسی تا حدودی جلوگیری می کند از نازل مسی را هم می لیر. 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

• سوا این که مطرح می شود این است که آیا این پرش منس باطت تغییر آنالیز جوش من شود؟
 معمولاً پرش من با نازک است که مقدار من در فلز جوش در هر صدم درصد است که این مقدار من (در همین حد) من تنها خواص مکانیکی را کاهش من (در کل من) توان از خواص خود من را هم بهبود میبخشد.

• الکترودها من توپوری:
 • کال من نیاز دارم از الکترو من استفاده کنیم که ترتیب من خصوص من در من سطح جوش من موجود دارد.
 مثلاً دنبال فلز جوش هستیم با شلفات روبرو. این فلز بسیار بسیار سخت است و انعطاف پذیر من بسیار کمی دارد. حالا اگر بخواهیم الکترو من بسازیم که این شلفات را داشته باشد. باید یک منقول لزان بازنیم و بازنیم که منس من به قطر مورد نظر من برسانیم که با این سختی با انعطاف پذیر من کم، امکان پذیر نیست. اما به ترتیب با این فلز جوش من را من خواهیم. در اینجا منس توپوری در دست من کنیم.

• از یک منس فولاد من لوم در دست من کنیم، فولاد منس منس استخاب من کنیم St12 یا St13 و بعد منس را منس منس خواهم بصورت لوم لوم لوم در آخرین مرحله مواد مورد نظر من یعنی کربن، منس کروم، منس منس منس... را داخل آن لوم من ریزیم. بعد آن را منس کنیم و تبدیل من الکترو من من شود که درون آن عناصر آلیاژی من قرار دارند. این پرش منس سخت منس نیست. حالا وقتی از این الکترو استفاده کنیم من توانیم فلز جوش منس خوب منس با شلفات من در با منس مطرح کردیم یعنی فلز جوش من بسیار سخت و مقاومت منس بسیار با دارد.

• منس توپوری
 Metal Cored Wire: مثل منس با که مواد آلیاژی را در وسط منس بین منس کنیم
 Flux Cored Wire: علاوه بر عناصر با از Flux منس که فلز آن ها درون لوم استفاده من شود
 Self Shielded Flux Cored Wire (منس توپوری خود محافظ)
 در Flux Cored Wire ما مقدار Flux درون منس منس و باید در منس استفاده از آن Flux منس منس استفاده کرد.

• در حالت Self Shielded Flux cored wire عناصر درون آن لوماً مورد مطرح شده نیستند بلکه مواد منس بین منس شده که شرایط را طور منس منس کند که منس نیاز منس به گاز و پودریا چیز دیگری منس به عنوان محافظ منس در منس حفاظت کاملاً درون منس بین منس شده است. در این حالت اگر در منس نزن آلیاژ از این منس استفاده کنیم منس نیاز منس به پودر Flux در نزن آلیاژ منس نداریم در آن منس از دستگاه حذف منس کنیم.

• ترکیب شیمیایی الکترو:
 در این نزن آلیاژ (چه منس چه منس) کمتر از non ferrous استفاده منس کنیم یعنی منس در Al, Ni, Cu... استفاده من شود. معین حدود 48% برای جوشکاری منس فولادها استفاده من شود.

• منس بر صفت در این الکتروها عمدتاً فولاد منس است
 • در بین 98% الکتروها با منس فولاد منس حدود 80% فولاد منس کربن یعنی با شلفات:
 • اخیراً در منس درصد Mn منس ماور منس یعنی الکتروها S1, S2, S3 و...
 • در مورد منس منس توان منس از فولادها منس کم آلیاژی یا Stainless Steel باشد
 • Stainless Steel ما عمدتاً برای عملیات Surfacing استفاده منس شوند

فصله الکترو
 %C < 0.1
 %Mn 0.5-2
 %Si 0.2
 حد آلیاژ منس P2S

یعنی دهنه لعم اکثرود ما از 5.5 است بران چوستاری 5.5 از ان استفاده نهنکنیم بلکه بران Surfacing بران یک آبیاز ریز از ان استفاده منکنیم
 • اکثردهان کم آبیازی بران چوستاری نولادهان استحکام بالا مورد استفاده قرار منگیرند

— پورچوس (Flux) :

- وظایف پورچوس تقریباً سه وظایف است که بران پوشش اکثرود مطوح کریم من: محافظت حوضچه چوس / پایدار من توس / تصفیه مذاب و جذب ناخالصیها ...
- یک وظیفه اضافی لعم در این فرآیند لرم: مخفی نده دانستن توس که طبیعت این زاینده است .
- سوار من که در پورچوس بکار من رود یک مقدار سه ماده پوشش اکثرود است و البته تفاوت هاین لعم دارد .
- عمدتاً این سوار Mineral معدن لکنند من Al_2O_3 / CaO / MnO / SiO_2 ...
- پورچوس داران سرصفه اصلی دهین شخم ذری است که باید در انتخاب پورچوس سفارش من وقت کنیم .
- عدد بازیسته : این عدد نشاندهنده

$$\text{نسبت آسیدهان قلیایی با فراب خالص} = \frac{\text{نسبت آسیدهان آسیدی با فراب خالص}}{\text{عدد بازیسته}}$$

این است که این پورچوس سرباره من که ایجاد لکنده حالت آسیدی دارن یا قلیایی

- یا قلیایی . که آسیدی یا قلیایی بودن سرباره من تواند در آسیدن زرای ، نسف زرای یا نولاد زرای تاثیر نزار باشد .
- آر بازیسته زیر یک ← سرباره آسیدی
- بازیسته هرر یک ← سرباره قلیایی
- بازیسته بالای یک ← سرباره قلیایی

عمدتاً این عدد من 2.7 تا 0.7 تغییر من کند . که این مسئله از نظر Slag-Metal Reaction خیل اهمیت دارد

- Mesh یا رانه بندی : یعنی وقت از این پورچوس استفاده من شود چه اندازه دان من پورچوس در خواهد داشت .
- اگر پورچوس خیل نرم باشد ← رانه حالتی که در رخته نری مقدار خاک رس ماسه زیاد باشد در این حالت گاز هاین که در داخل مذاب موجود آمده اند منی تواند خارج لکنند . چون حل شدن گازها داخل مذاب عمدتاً در رباک هیلن دما فقط من وقت شدن چوس ، مقدار من گاز از مذاب خارج من شود لکن منی تواند بیرون بیاید و مسطحات را ایجاد خواهد کرد
- اگر اندازه دان پورچوس در رسته باشد ← عدد این که در نام من پورچوس من تواند با مذاب تماس بده اند باعث آسیدن داخل مذاب شود .

بر این اساس باید اندازه دانها مقدار مخفی داشته باشد . عدد دانها ماسه در رخته نری مناسب است یعنی عدد 0.5 تا 1mm باید باشد . البته به نوع کار و شرایط چوستاری (تعمیر کار ، سرعت چوس) من تواند متغیر داشته باشد

- نحوه تولید پورچوس :
 صفحه سوم پورچوس نحوه تولید ان است . با توجه به این از مواد مختلف میزان من استفاده من شود و اینها ضایعیها متفاوت من دارند . اگر ان لهارا آبیاب کنیم و بعد با لعم مخلوط کنیم ، خیل راحت منن جامه جایی منکن

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 هر دو آن جدا کنیم، پودر ما با یکدیگر آنقدری که گت و در آنه بندی که در (دانه با تیره همورن
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 دپوردریست آمده Bounded Flux می گویند (پودر جویش چسبیده شده) که دانه های
آن هم حالت سبیه ای (مثل گندله) دارد.

(2) به جایی 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

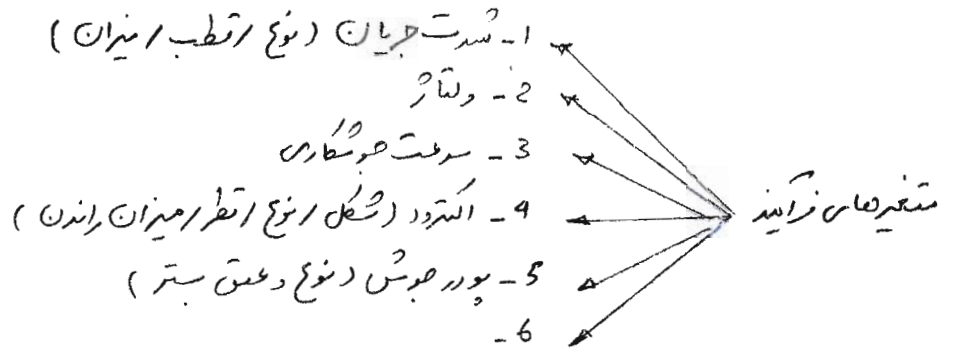
اینها به هم چسبند (Sintering) اینها دانه ها بصورت همورن اما به هم چسبیده بدست می آیند که بعد از
آب کردن آن ها را جدا می کنیم. به این پودر جویش Agglomerated Flux یا پودر جویش زینتر شده می گویند
(3) مواد در جاهی که با هم مخلوط شده اند داخل کوره های مخصوص حرارت می دهیم تا زوب شوند. سبیه عملیات

زوب و تولید سبیه 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.

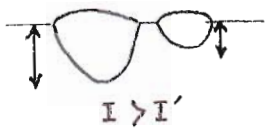
• بطور کلی سه شصت اصلی پودر جویش بازیسته، Mesh و کون تولید آن هستند. برای سفارش Flux باید این
سه نکته را در نظر بگیریم.

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



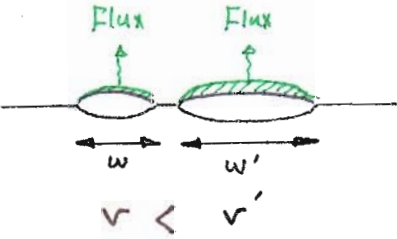
شدت جریان

در این فرآیند الکترود جریان DC و DCEP دارد. جودر سوار در این فرآیند با ولتاژ بالا داشته باشیم و فصل فرسودگی و آلودگی را داشته باشیم که با جریان AC کار فرما هم داشت.



تأثیر میزان جریان: تقریباً شبیه به جوشکاری با الکتود در دست است. یعنی با افزایش کردن شدت جریان تأثیر عمده آن در عمق یا نفوذ جوش می‌گذارد (Depth of Penetration).
تأثیر لینی میزان جریان: هر چه جریان بیشتر باشد مقدار ریخته‌اش بیشتر است و هر چه حرارت بیشتر باشد، قطعه کار برسد. مثلاً زمان بیشتر می‌گردد و نیاز دارد بنا بر این شدت سرد شدن جوش تغییر خواهد کرد و مثلاً در ساختار و خواص جوش تأثیر می‌گذارد.
ولتاژ:

معمولاً تغییرات زیادی در ولتاژ نمی‌توانیم بچونیم و در حد ولتاژ دارد محدود کرده است و ده‌ها می‌تواند تنظیم شود. ولتاژ را بین 30 تا 45 یا 90 ولت در دستگاه می‌توانیم تنظیم کنیم.



تأثیر کمی ولتاژ: در این پهنای باند جوش اثر می‌گذارد. هر چه ولتاژ بیشتر باشد پهنای باند جوش بیشتر می‌شود.
هر چه ولتاژ بیشتر باشد مقدار پودر بیشتر هم زیاد می‌شود. کم بودن مقدار الکترود و لینی جوش می‌تواند اثر داشته باشد.
تأثیر لینی ولتاژ: هر چه ولتاژ بیشتر شود Heat input بیشتر می‌شود 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)

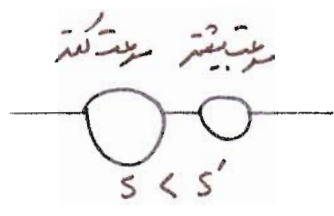
Heat Input بصورت بود تعریف می‌شود و معمولاً هم برای واحد طول آن را تعریف می‌کنند. μ ضریب است که بستگی به نوع فرآیند جوشکاری دارد، V ولتاژ و I جریان الکتریکی ولت در آمپر.

سرعت جوشکاری (Welding Travel Speed) است. سرعت جوشکاری در HI تأثیر محسوس دارد، μ به این دلیل است که کمترین از حرارت توسط تلف می‌شود و جذب قطعه نمی‌شود.

— سرعت جو شکاری:

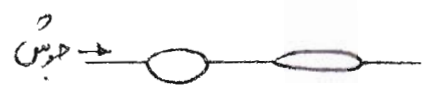
• این متغیر معم درسی در سازه قابل تنظیم است.

• تنظیم هم در سازه لازم فرایند می تواند حرکت کند و معم تطبیقاً (حرکت انتقالی یا چرخشی) هر دو این حرکات سرعت جو شکاری را تعیین می کند. تنظیم در مواردی معم این فرایند بصورت Semi-Automatic انجام می شود که در آن تغییر سرعت جو شکاری مفهومی پیدا می کند.

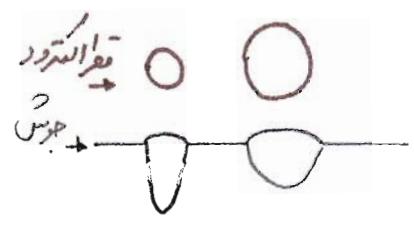


- تأثیر کم: (فضای کم درون حجم ذوب به نسبت عکس). در این جا بهینا و عمق را طرح نمی کنیم بلکه حجم جو شکاری مطرح است. در شکل می بینیم که جایی که سرعت کمتر است معم بهینا جو شکاری بیشتر شده و هم عمق جو شکاری.
- تأثیر کم: قضاوت می آید که تأثیر معکوس در Heat Input دارد و بنابراین درسی ساختار و خواص تأثیر ندارد.
- بدیهی است که حرکت از تغییر هاس آید، و لذا در سرعت را در یک محدوده مشخص می توانیم دست کاری کنیم.
- اثر سرعت خیلی زیاد باشد یک جو شکاری با فرکانس کار ذوب زود منتهی و اثر سرعت خیلی کم باشد امکان ریزش ذوب دریا جاری شدن ذوب در سطح کار وجود دارد.

— مقطع الکترود

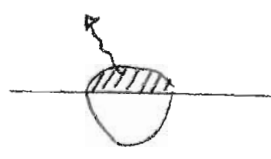


- شکل الکترود تأثیر کمی زیاد در دلی می تواند تأثیر کمی داشته باشد.
- سطح مطابق شکل با فرض یکسان بودن آید و ولتاژ سرعت ... شکل جو شکاری فرق خواهد کرد اما دلی ندارد که آنالیز جو شکاری یا خواص جو شکاری فرق کند.
- نوع الکترود: تأثیر کمی دارد. یعنی شکل جو شکاری در هاس جو شکاری و عمق ... تغییر نخواهد کرد اما با معم و زیاد شدن Mn, Mo و ... خواص جو شکاری تغییر می کند.



- قطر الکترود: منظور ابعاد الکترود است (چه مقطع گرد چه مستطیل) اثر سایر متغیرها مثل ولتاژ ... ثابت باشد. اثر قطر الکترود (مقطع گرد) را بجز تغییر تغییر در معم تأثیر کم درسی می توانیم بدون تغییر آید این کار را انجام دهیم اما نه زیاد. مثلاً برای الکترود قطر 3 میلیم است بتوانیم از $600^{\circ}A$ تا $900^{\circ}A$ کار کنیم اما نمی توانیم مثلاً با $1500^{\circ}A$ کار کنیم.

- هر چه قطر الکترود کمتر باشد، چگالی جریان بیشتر خواهد شد، بنابراین جو شکاری ما کمتر اما با عمق بیشتر خواهد بود.
- میزان راندن الکترود معم می تواند تأثیر کمی در معم تأثیر کمی داشته باشد. تأثیر کمی را وقتی می بینیم که آنالیز الکترود با آنالیز قطعه تفاوت داشته باشد. یعنی هاس الکترود و هاس قطعه با معم تفاوت داشته باشد.

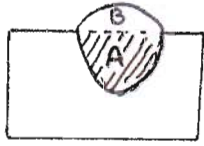


- تأثیر کم سرعت راندن درسی حجم جو شکاری و مخصوصاً درسی قسمت با هاس جو شکاری است. یعنی چون حجم بیشتری ذوب می شود حجم قسمت با هاس جو شکاری بیشتر می شود.
- همچنین درسی Dilution یا میزان رقت تأثیر می ندارد. یعنی این هم مقدار الکترود ذوب می شود و چه مقدار قطعه کار.

(۱) در حالت های که از هاس الکترود استفاده می کنیم، مقدار الکترود "معم یک تغییر است که هاس الکترود با چه خواصی نسبت به هم قرار بگیرند.

• مفهوم Dilution نشان می‌دهد که

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



Dilution

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

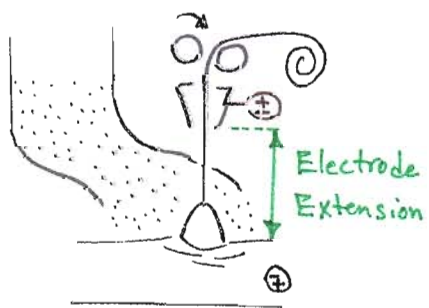
A مربوط به Base Metal و B مربوط به Filler Metal است. A از بدنه ضرب شود حجم Base Metal را در دهد. fl از بالا و پایین حذف می‌شود و نهایتاً نسبت $\frac{A}{A+B}$ با مابقی آن وقت را می‌دهد و هر چه بزرگتر باشد یعنی میزان فلز پایه بیشتر است.

در Dilution را دسته‌بندی می‌کنیم و آن‌ها Filler Metal و Base Metal می‌توانیم قبل از جوشکاری ترکیب سیم‌های فلز 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 داریم: بازبسته، بازبسته 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 کافی نیست، بلکه سیم گفنی هم که به سمت پایین می‌آید و قبل از رسیدن به قوس نداخته می‌شود (گفنی از آن نداخته می‌شود) آن گفنی را هم باید از آن قفسه محافظت کند. همین طور قطره‌ای که بر روی نوک سیم است در می‌خورد و 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 جوش می‌گذارد پودر چه کم رخته شود چه زیاد آن مقدار کم می‌باید زود شود، زود می‌شود و اینطور نیست که مقدار بیشتر زود شود. اثر مقدار پودر زیاد باشد که تا زمانی که خواص مذاب خارج شوند و بیرون بیایند ممکن است محسوس شوند.
- 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.

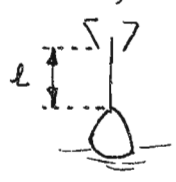
- Electrode Extension (طول ستر الکترود)



- طول ستر الکترود را می‌توانیم خودی فاصله نازل تا کار تعریف کرد.
- این طول تقریباً برابر جودی از الکترود است که جریان از آن عبور کند.
- (جریان الکتریکی به بیخ‌دهیم به سمت بالا حرکت نمی‌کند چون سیربسته 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

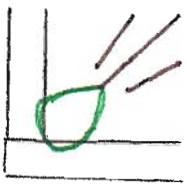
تعدادی سر باره به آن می‌رسد و به صورت تریب دیگر الکترود به راحتی نمی‌تواند از آن عبور کند و پودر را نازل می‌زند و عمق ستر پودر کم می‌شود و عمل محافظت به درستی انجام نخواهد شد. (نازل پودر را نازل می‌زند)

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

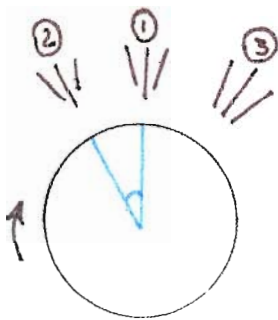


تایون فولد را بوجود می آورد. این حرارت می تواند سیم را نرم کند، نرم شدن آن زیاد مسئله نیست اما گذاشتن آن مسئله ایجاد می کند. زیرا این گذاشتن در سطح شدن در منطقه این اتفاق می افتد و این پودر محافظ وجود ندارد و می تواند آسیب شود. علاوه بر این سیم، سیم که گذاشته می شود حالت Solid بودن خود را تا حدودی از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

تغییر دادن که تا اینجا ذکر شد تغییر هاسر اصلی فرآیند هستند، علاوه بر اینها چند تغییر کوچک دیگر هم هستند:
- هنگامی که می خواهم جوش نباشد به 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.

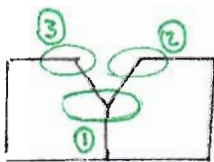


- زاویه را طوری تغییر می دهیم که حرارت قوس متعادل شود و قطع می کنیم که حلقه تراست در مورد جوش Circular یا دایره ای:
- سیم استوانه ای را می توانیم سر به سر جوش دهیم در حال چرخیدن است.
سوال این است که نازل و اکثر در مکان (1) باشد یا (3)؟
حالت (2) مناسب تر است و زاویه سطح شده در شکل برای آن تعیین می شود.



4- نقاط کلیدی:

- در این فرآیند چون عبور استوانه ای است نقاط کلیدی همان صورت نداریم.
- تنظیم شیب اکثر در محل اصلی:
- هنگامی که قوس روشن می شود عملاً قوس را نمی بینیم و مسیر جوشکاری هم زیر سیم از پودر مخفی است. بنابراین باید در همان ابتدا مسیر و محل کار مشخص شود.



- هنگامی که جوشکاری قطع می شود باید در دست 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 شود تا سیم آن را پودر پر کنیم.
- کلاف سیم را عقب کنیم تا وسط کار سیم تمام نشود، چون باید جوشکاری را متوقف کنیم، محل تعویض را منتظریم و بعد از جوشکاری کنیم. چون اصلاً زینت 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 درون هم سوار باشند و زاویه نیز فرآیند است.
- کاربرد این فرآیند طوری است که نقطه شروع و انتهای هم یعنی قوس در وسط قطع ما باشد.

• مثلاً در مورد ولوم و دما در طول لوم جو سگار می کنیم ابتدا دما را در جوش تا بل اطمینان نیستند. چون ابتدا در جوش لغز تپنده سرد است و بعد از واکنش هاس من مذاب و سرباره شکل گرفته است. و ابتدا در جوش احتیاطاً ناخالص جمع شده و حبه ترک در آن وجود دارد. بنابراین انتقال در لوم به هم ممکن است بی دقت شود و در نهایت سرباره لوم به هم چسبند. این احتیاط هم وجود دارد جو سگار هم که در نهایت در لوم به هم چسبند و در نهایت در لوم به هم چسبند و در نهایت در لوم به هم چسبند.

- فاسد شدن پودر جوش:

• پودر جوش هم مثل پودر جوش الکترود می تواند در اثر جذب رطوبت و چربی فاسد شود.

- فاسد شدن سیم جوش:

- درست است که پودر جوش با کیفیت پودر جوش مناسب قرار دارد ولی سیم هم می تواند به مرور زمان اکسید شود.
- ممکن است در اثر جذب پودر جوش ندادن، پودر جوش معین کننده شود و الکترود فاسد شود.

5- مزایای محدودیت ها:

مزایا:

- زیرکیند مائین و اتوماتیک است. خود این سیم چندین مزیت دارد:

- نقش مهارت جو سگار در اینجا حذف می شود و می توان به جوش اطمینان داشت.
- خستگی جو سگار در اینجا خیلی کمتر است. در جو سگار هم در نهایت حد اکثر جو سگار می تواند 4 ساعت کار با کیفیت انجام دهد بعد از آن هر چند هم مهارت داشته باشد کیفیت جوش زیر سوال می رود. اما در اینجا operator براحتی می تواند 8 ساعت کار انجام دهد. بدون اینکه خستگی او نقش در کیفیت جوش داشته باشد.

- تعویض الکترود در لوم و الکترود Continuous است که خود این چند مزیت دارد:

- کمترین جوش تا همین می شود هم از نظر ظاهر و هم کیفیت جوش
- زمان برای تعویض الکترود صرف نمی شود و کار سریعتر پیش می رود.

- چون Range جریان در اینجا با تراست و تراست این ظاهر داشته باشیم $Deposition Rate / Melting Rate$ joining Rate بیست می شود.

• در این زمان برای تراست می توانیم 10 تا 15 برابر الکترود تراست نرخ انتقال داشته باشیم چون آبیتر است.

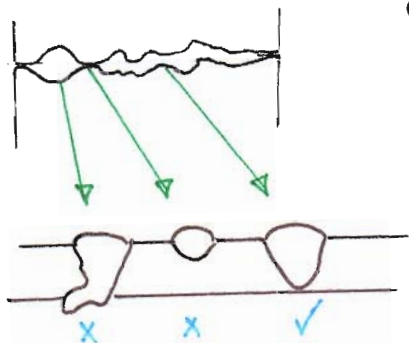
- با توجه به اینکه قوس منحنی است در امتیاز داریم دیک محدودیت:

- عوارض نور قوس تقریباً ناچیز است. اثر پودر Flux به موقع در اندازه رخته شود، سطحی برای جوش دیک نداریم.
- جریان بارهاست زیاد برای کیفیت جوش ایجاد نمی کند. چون پودر رخته شده براحتی با فوس بارها جوش

نی شود که جو الیقه 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 ابعادا به هر دلیل اگر نقطه جوشکاری سرد و جوش منعوف شود باید همین سانتی متر جوش با انحراف از مسیر بسن برد تا جوشکار متوجه آن شود.



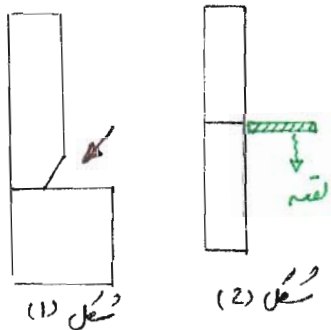
• باید حتما در لبه اس که می خورایم به لبه جوش داریم حتما لبه ها قیلا با ارنه یا با لئوتین بریده شده باشد تا درز یکنواخت باشد مخصوصا برای پاس ریشه.

در عمل در 60% موارد ممکن است لبه را با لئوتین بریده باشیم و درز یکنواخت باشد اما در عملی مواردی قوس یا سطح بریده اس و درز یکنواخت نیست و وقتی لبه ها را کنار هم می نذاریم بعضی جاها به لبه صید، و بعضی جاها ناصبه زیاد است. حال وقتی می خورایم جوشکاری کنیم 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 آراسته، سرعت حرکت دهد یا کالبر حرکات زنی زانی (پل زدن) انجام دهد و طول جوش می دهد که انتها کار اصلا 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 و افق قابل انجام است ولی جوشکاری قائم یا با پاس سردا نمی توانیم با آن انجام دهیم.

• چون شکل ریختن پودر و باقی ماندن پودر درون سطح کار را داریم
• برای حالت افق هم در بعضی شرایط می توان از این فرآیند استفاده کرد.
مثلا وقتی لوله قطع با ضخامت ها متفاوت را مطابق شکل (1) می خورایم 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 حتما 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 فلز ما آرام سرد شود کین از اتفاقاتی که می تواند بیافته درخت شدن را نه ها است که درون خواص مکانیکی خود را تا میسر می گذارد.

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

- قیمت دستگاه و تجهیزات

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

• تپت دستگاه و تجهیزات این فرآیند نسبتاً زیاد است و حدود ۱۰ برابر الکترودرستما (این سلفه در نگاه اول یک محدودیت محسوب می شود) در جاهایی که در روز بیشتر از یک یا دو ساعت از دستگاه استفاده می کنند (نه فرکانس)
 • اما از دستگاه های استفاده می شود که در روز ۱۵ تا ۱۲ ساعت از آن استفاده می کنند و محدودیت تپت بلکه نیست است. چون آن حجم کار را از این خواستیم با الکترودرستما انجام دهیم شاید ۱۵ تا ۲۰ ساعت نیاز داشته باشیم و فرزند ما خیلی بیشتر می شود.

راه کارهایی برای جلوگیری از جوش خوردن و جابجایی که در جوش کفناخت نیست و از این فرآیند می خواهیم استفاده کنیم:

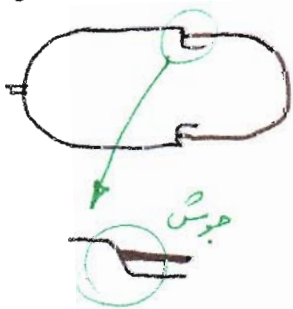
Backing systems (سیستم های پشت بند): نقطه مخصوص فرآیند زیر پودری نیست اما به علت صنعتی که در این فرآیند وجود دارد بیشتر استفاده می شود

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

وجود را بررسی می کنیم:

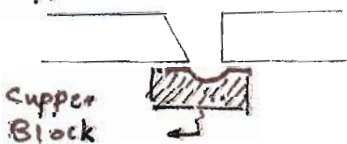
در مورد کپسول گاز خنک کننده که از این فرآیند استفاده می شود ضخامت ورق حدود 3mm تا 2.5 است. به علت حساسیتی که دارد جوش باید نئوز کامل داشته باشد. در تفت به صورت کاس درآمده اند و باید به لیم جوش داده شوند. یکی از قسمت ها، گوشه ای را به صورت لبه در می آورند و قطعه دوم را به صورت شیار داده شده کنارش قرار می دهند

Edge B.S.



بعد قطعه شروع به جرفیدن می کند و کنارش جوش داده می شود. پشت کار خنک از گاز قرار گرفته، می توانیم 5% تا ۱۵٪ آرگون را با آرگون ترکیب و جوشکاری کنیم. این جابجایی مهم نیست که یک جابجایی بیشتر یا کمتر باشد چون پشت آن را گرفته است. طالع از ورق 3mm یک جا 1mm زیر یک جا 2mm فرقی برای ما نمی کند چون اصل جوش کامل است.

Copper B.S.



: Copper B.S.

در قطعه ای که می خواهیم جوش دهیم کنارش قرار می دهیم (مس که استیج سازی هم داشته باشیم). پشت کار یک تسمه مسی به صورت 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 به صورت شش ضلعی هم ایجاد کنیم. حالا اگر درز کس بازر یا بسته تر باشد،

یا اینکه آید که با آرایه شکل می‌نماید. چون اینجا ریز زرد نمی‌تواند بدون برنزد. و چون Block مسی سرد است
زرد بر آن نمی‌چسبد. بنابراین گفتار نهیست کار را هم نگاه می‌کنیم، آنجا رنگ ردیف است کار هم جوگاری
شده است.

علاوه بر این روش‌ها می‌توانیم، پاس اول را از خاک محاسن جوگاری زیرپوری حذف نظر کنیم و با الکترواستی
پاس اول را جوگاری ردیم، بعد سفت بزنییم در مطبخن شویم که Defect در آن نیست و بعد بقیه پاس‌ها را
با جوگاری زیرپوری در آن ردیم.

Cross shielded Arc w.

نیزه ای جوشکاری دگس با گاز محافظ

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

نیزه ای جوشکاری دگس با گاز محافظ

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

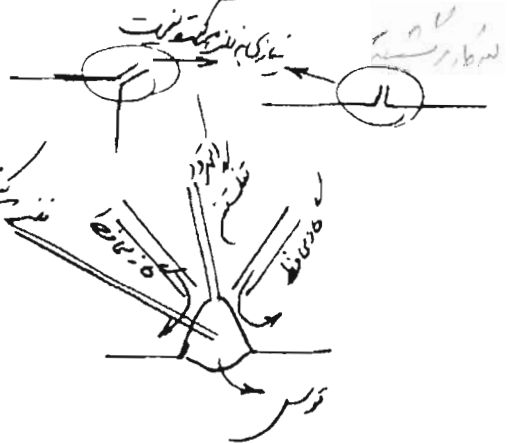
است. نیزه ای Stud w. نیزه ای Flux w. نیزه ای Plasma-Arc w. ... و البته تصویرت

زیرساختی از MIG نیزه ای CO_2 Metal Arc w. مهم داریم

نیزه ای T.I.G. ، G.M.A.W. به بیایا نیزه ای جوشکاری دگس با گاز محافظ و گاز خنثی نمی
است نیزه ای جوشکاری که تحت عنوان جوشکاری آرگون در تمام این اصطلاح است که البته چون گازها نیزه ای می توان از گاز
حکیم یا مخلوط حکیم و آرگون هم استفاده کرد علاوه بر این نیزه ای گسی هم هست که در آن از آرگون و مخلوط گاز محافظ
استفاده می شود مثل نیزه ای MIG و Plasma

در ارتباط با جوشکاری نیزه ای جوشکاری می توان بیان کرد که این نیزه ای بیس بر جای کار می آید و جوشکاری بیس است
می شود به این دلیل که صنایع و ماشین های و برخی قطعات نیزه ای است نوع جوشکاری بسیار آسان است
چون ترتیب جوشکاری می شود، نیزه ای، فولاد در زنگ تنگ، خصوصاً برای مواردی که صرف صنایع عمده را دارد
و نیزه ای کیفیت به است

در صورت سمبند کوس بین الکترود و قطعه کار برقرار می شود کوس الکتریکی در واقع کار را در زنگ می کند. دلیل استفاده از الکترود
تنگستن نظر زنگ بالای است که دارد فولاد حدود 3000 اما در عمل حال برای کوس بالا تر از این است و باید در نظر
داشت چون حتی احتمال این وجود دارد که الکترود تنگستن هم زنگ شود. چون دامن نیزه ای مطلوب است به الکترود زنگ
شود و این نیزه ای فرود کوس نیزه ای محسوب می شود که الکترود آن به صورت تنگ است. در اینجا عمل محافظت که از سمبند کوس
الکترود تنگستن که در گذشته همه الکترود و جوشکاری در آن توسط گاز محافظ که همان گاز خنثی است صورت می گیرد که گاز محافظ
معمولاً آرگون، حکیم یا مخلوطی از آنها است. در این نیزه ای عمل محافظت توسط دامن گاز خنثی صورت می گیرد. در این نیزه ای هم
از نظر برکت هم استفاده کنیم یا فریبی سبک را می بینیم وجود دارد که همه آن کار برشته و دمازی؛ نیزه ای تنگ است و تنها جرات کوس عمل



زنگ انجام می شود و جوشکاری صورت می گیرد. نیزه ای تنگ
معمولاً به حالتی که قطعه کار را ضمیمه است و در جوشکاری
صورت گرفته انجام می شود. به طوری که این نیزه ای می توان
بصورت دامن نیمه اتومات، کاملاً اتومات و حتی رباتیک هم
انجام داد.

جری

جری

۱۳۸۰/۰۵/۰۸

تجهيزات - منبع تغذيه (P.S) در سيزون زمستانه و در سيزون تابستانه از ترانسفورماتور و
 ترانسفورماتور استفاده مي شود. در اين زمينه در زمان ۵۵ و ۵۰ درصد بار DC در آن استفاده مي شود. در اين زمينه در زمان
 آمپر از هر يك در حدود ۵۵ - ۱ آمپر است. عموماً از آمپر در اين زمينه در جوش هاي اير طرايت و با قوتت هاي
 فني كم در نوع اير كونيومين من توان استفاده مي شود. ولتاژ در بازيك آمبر در جوش هاي در اين زمينه در حدود ۸-۶ است.
 در وقت سيزون تابستاني در اين زمينه در وقت بار در وقت Heat sink تأثير است

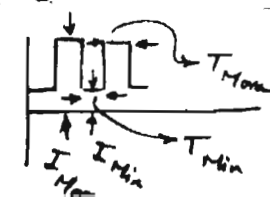
سيستم كنترل گند: اين سيستم از تجهيزات ساده اين است كه در اين زمينه در وقت بار يا اوقات انجام
 كردن تولد تعداد باسد. آن مختل فزودي در سيستم كنترل گند. كنترل گند در آمبر و ولتاژ ايرت و در مورد نيمه ايرت يا اوقات
 كنترل گند به هر سيستم هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 زمان گند سيزون تابستاني گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 مقدار خطا در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 ايجاد بار در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 يك سيستم كنترل گند در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام

لاده با هم در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 وجود دارد كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 بار است عموماً گند در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 اينجا در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 ايجاد در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 به ايجاد در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 بازنشك در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 سيستم كنترل گند در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 دارم كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام

water proof
tarish

pulse

جواب



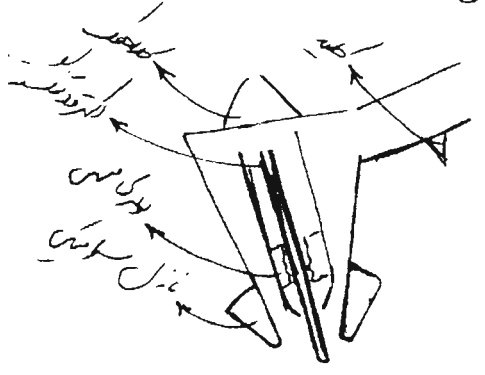
دارم كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام
 كه در وقت بار انجام كردن گند قطع مي شود. در اين زمينه در وقت بار انجام كردن. اين كنترل گند در وقت بار هم مرتبط است. در اين زمينه در وقت بار انجام

سیستم تأسیخ بازیافت: این سیستم خود را شامل سه اجزا است: کوره، پلازما و دریا سیخ. در حالت عادی کوره در حالت استراحت است. اما در زمان کار، پلازما در کوره ایجاد می‌شود و در دریا سیخ هدایت می‌گردد. در این حالت، کوره در حالت استراحت است و دریا سیخ در حالت کار است. در این حالت، کوره در حالت استراحت است و دریا سیخ در حالت کار است.

سیستم سرد یا سرد کننده: به هم می‌تواند از هوای اطراف برای خنک کردن استفاده شود. در این سیستم آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند.

فصل ۱ - torch: این بخش خود را شامل سه اجزا است: کوره، پلازما و دریا سیخ. در این سیستم آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند.

در این سیستم، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند.



در این سیستم، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند. در این حالت، آب در حالتی که از سیستم می‌گذرد، آنرا سرد می‌کند.

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

در حلبه قبل در سدد جبهیزات، مله معنی و تغییرات 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 عهده 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 سرب کبک است و امکان دارد در اثر سرد گرم شدن شکند و یا در اثر ضربه که در این صدد می تواند عمل می نقطه به خوبی انجام دهد و لازم است که عوض شود.

نوک الکترود تنگستن باید در حدود ۳ تا ۲ 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

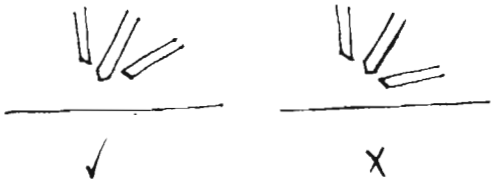
به نیز طلب می کند. نزدیک شدن نازل به سطح کار باعث آسیب دیدن نازل و علاوه بر آن کاهش سطح تحت می نقطه می شود.

تبدیل شروع جوشکاری چندین روش وجود 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 دستبرگیم باشد. مجدداً یا دوری می شود که در این نقطه نباید

شروع جوشکاری نوک الکترود به سطح کار یعنی ما می بینیم پس از به وجه کردن قوس به تدریج الکترود و سطح کار 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 یا شکل در حدود ۸۵° یا ۸۰° نسبت به سطح کار است. در این روش چون الکترود ذوب نمی شود هیچ حرکتی در راستای الکترود و سطح کار وجود ندارد و پس از تثبیت قوس فاصله آن

به سطح کار ثابت نگاه می داریم. نکاتی که در مورد سرعت حرکت مثل وجود دارد همانند دیگر نقطه ها است



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

نکته دیگری که در این نقطه وجود دارد بسیار حائز اهمیت است این است که در انتهای کار که مثل به 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 از قطع
آن در تیتان مشعل می‌گردد.

آلترستیم امکان تغییر دمای جوشکاری را در حوضچه می‌شود که به‌وسیله قطع کردن نوسان ابتدا مقدار آلترستیم را کم کنیم و بعد نوسان را
قطع کنیم و این بدان علت است که در انتهای جوش حوضچه و گنگ به وجود نیاید.
این نکات عموماً به‌وسیله زمانی است که نیازی به *Filler Metal* نداریم یعنی یا در لحظه قطع است یا کاملاً به‌وسیله
چنانچه ایم در آن‌ها بر سر می‌آید.

آلتر به *Filler Metal* نیاز به طبیعتاً یک جوشکاری در تیتان مشعل است و در تیتان مشعل نوسان منفول است
پس طبیعتاً باید با سرعت جوشکاری باشد که مهارت‌های خاص حذف‌های طبیعتاً در این حالت
ابتدا باید نوسان در حوضچه مذاب به وجود آید و سپس نوسان منفول را به آن منتقل کند. در هنگام
تغییر کردن منفول 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 منفول منتقل نشود. دوم آنکه نوسان منفول به هیچ عنوان
نباید وارد منفول مذاب شود. سوم آنکه نوسان منفول نباید با نوسان الکترود تنگستن برخورد کند. دلیل
این مورد این است که آلتر منفول به نوسان الکترود تنگستن برخورد کند و با نوسان الکترود تنگستن به حوضچه مذاب برخورد
کند چون در این منطقه دمای 3000°C است و فلز کار ترکیب می‌شود و دمای ذوب تنگستن پایین
می‌آید و دمای تنگستن وارد منطقه مذاب می‌شود و علاوه بر آن الکترود به سرعت حالت تیزی خود را از دست
می‌دهد. پس در این حالت باید نوسان منفول به اندازه حوضچه مذاب برخورد کند. چون در اطراف این
حوضچه به قدر کافی با سرعت آلتر منفول از جنس دست انتخاب شده باشد ذوب می‌شود پس از
ذوب منفول باید آن را کنار کشید و بی‌نیاز کرد که در معرض حمل و نقل 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 می‌کنند. در انتها یک مقدار منفول 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 نوسان جوش به مدت ترد شدن جوش می‌شود.

چون در این مرحله سر به راه و وجود ندارد نیازی به پرس کردن در تیتان مشعل نیست.
از منظرها و محدودیت‌هایی که به‌وسیله *T.I.G.* وجود دارد این است که می‌توان آن را به صورت
دستی، نیمه اتومات و تمام اتومات استفاده کرد. همچنین این فلزها به یک فلز نسبتاً
تخمیر است. هر فلز که اشاره شد در این فلزها هیچ‌گونه دود و سر به راه‌ای نداریم و جوشکاری تولید

از پشت ماسک منطقه جوش را در معرض تابش پرتوهای یونیزان قرار می دهیم. تغییر دمای از تغییر بودن
 تغییر بودن فلز جوش و دمای بعد از 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 دهیم در انتها می توانیم فلز جوشی را داشته باشیم که ترکیب
 آن کاملاً کنترل شده باشد و هیچ گونه ناخالصی در آن وجود ندارد. از منگنای دلی این فلز است که شدت
 تمرکز حرارت (Heat Intensity) بالای آن است. یعنی در این فلز 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 تمیز کردن باعث صرفه جویی در زمان جوشکاری با این
 فلز است. ویژگی دیگر این فلز است استقلال منبع حرارتی از فلز پیرکننده و بالعکس است.
 بدین معنا که می توان منبع را در نقاط مختلف تغییر داد. این ویژگی این امکان را می دهد که
 منبع Dilution (انت) از 5٪ تا 15٪ تغییر کند.

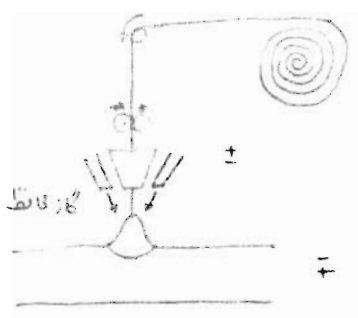
محدودیت هایی که به نظر این فلز وجود دارد در درجه اول هزینه دستگاه و تجهیزات آن است که نسبتاً
 بالاست. همچنین کثافت مائل یعنی است زیرا این فلز علاوه بر چشم به نظر پوست هم
 مضر است و در بدن ای خاص خود را می طلبد. محدودیت بسیار دیگری که به نظر این فلز وجود دارد
 حساسیت بالای آن در برابر جریان هوای باد است زیرا در این فلز هیچ سر راهی برای برودت منطقه جوش
 وجود ندارد و تنها یک جریان معلوم از گاز می نظ آن را محافظت می کند. همچنین به علت وجود همین جریان معلوم
 جوش کمی سریع تر از حالت عادی سرد می شود بالعکس فلزهای تپلی که وجود سر راه به جهت آتلوم سرد
 شدن جوش می باشد.

فلز جوشکاری (G.M.A.W) Gas Metal Arc welding

این فلزها با کمی تغییرات جزئی فلز MIG و MAG نامیده می شود که شاید بهتر باشد
 این دو فلز 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 فلز جوشکاری با
 CO₂ نام CO₂-Metal Arc welding داریم. این فلزها در جوشکاری با
 الکترود مصرفی و گاز محافظ نیز می تواند فلز MIG دقیقاً به سولزات TIG قرار دارد و در مورد
 قطعات حساس، فولاد آلیاژی، جوشکاری آلومینیوم در دمای های آن، مس و دین ژهای آن و منیزیم به کار
 می رود. فلزها MAG و CO₂-MA رقیب جوشکاری با الکترود دستی و آبی استیلین و زیر پودری
 هستند. در این فلز نیز چون الکترود مصرفی است آن را به صورت یک کلاه داریم.

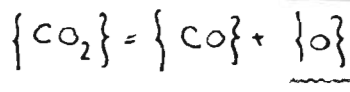
1) فلز جوش شامل 5٪ تا 10٪ از Base Metal باشد.

ها نظراً که در شکل بی چشم انداز، سطح مقطع و دمای تقویمه هستند
 تقویمه زیر بودی است با این تفاوت که نازل آن طوی منتهی
 شده است که دید جریان منقسم از نازل آن دیده می شود و عمل فایده
 حراست جوش، قطرات مذاب شد از آنست برآمده دارد.



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

CO_2 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 نئولان از CO_2 استفاده کند زیرا همانطور که می دانیم CO_2 در
 حالت تعادل است: $\{CO\} + \{O\}$ و 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 منجمه
 آلیاژی و یا کم آلیاژی است آرگون CO_2 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 را پس می آوریم و واکنش آن را خنثی 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 مورد
 بسیار خاصی از ریام استفاده می شود و تقریباً استفاده از مود جوش در این تقویمه نداریم. محدود آلمپری 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 آلمپری - دقت - سرعت جوشکاری
- ☐ سرعت پلیدن سیم شروع کوس
- ☐ درجه های قطع و وصل گاز نازل
- ☐ کشش 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 CO_2) +

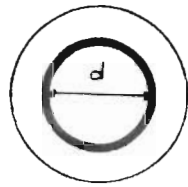
دلیل وجود Heater بلائی 60 CO_2 این است که چون این گاز در کیسول به صورت مایع وجود دارد هنگامی
 که بیرون می آید به حرارت اطراف می برسد و جذب می کند تا به صورت گاز در آید و این امر موجب خنک زدن
 اطراف نازل می شود که هم مانع خروج بقیه گاز می شود و هم به دلیل سرمای زیاد آن امکان شل شدن Regulator

با کوچکترین هزینه است. وظیفه Regulator تنظیم جریان 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 و رساندن جریان برق به آن است پس هر چه قطر آن در با شکل نشان داده شده است قطر داخلی آن بهویژه الکترودهای متغیرات، تغییر است.

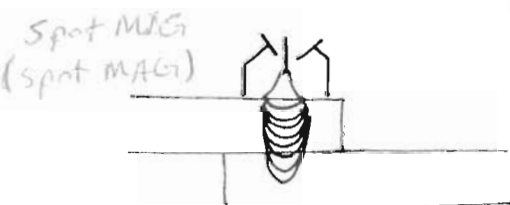


هر پاسی - نمای بالا

با فشار دادن کلید ابتدا جریان گاز شروع می شود پس سیم بیرون مانده می شود. وظیفه تریتات این است که آلودگی از حد مجاز بالاتر رفت سیستم آب سرد کردن کند تا ریشه مشعل را کاهش دهد. در انتها با قطع کردن کلید ابتدا مانده سیم متوقف می شود پس از چند ثانیه جریان گاز.

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 تیبلون از انواع گازهای H_2 و N_2 و CO_2 و He و Ar که سیلان 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 عنوان MIG wire گفته می شود. در این فرآیند به مدت الکترود متعلق میزبان دارد. الکترود می تواند توپرد یا توپردی 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 پیان یک لایه نازک سرباره بر روی جوش عمل می داشت. آرز از Self-Shielded F.C.W. استفا که سیم نه پرده جوش نیانه داریم و نه گاز محافظ.

در این روش در کس TIG به هدف حرکتی زیر پودی که پدایر سوز و در کس های خاص ...
بسیار نواحه های مختلف ...
• قطعات بزرگی و در معرض استهلاک : هفت تا نازل سی

تغییرهای فله میزند: شیوه های این فرآیند چیزی بین TIG و زیر پودی است:

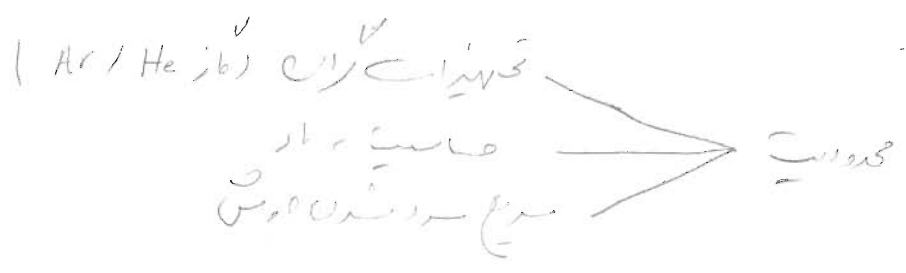
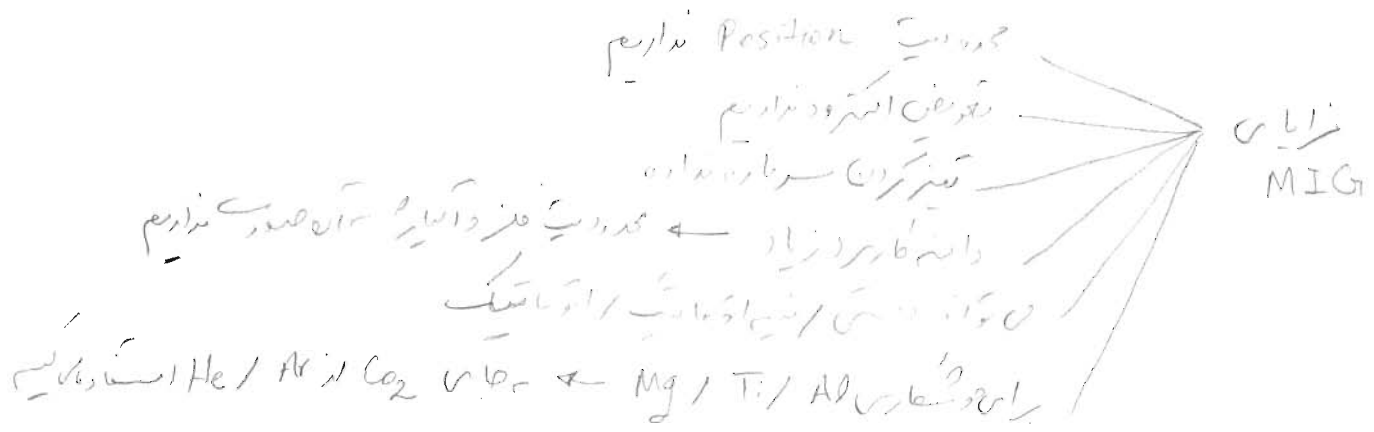
- ① { قطب جریان } نوع جریان } قطب جریان
- ② { ولتاژ } نوع جریان و قطب جریان عموماً D.C.E.P. است.

③ { سرعت حرکت جوشکاری (Welding Travel Speed) } هر چه عدد بالاتر مجموعی از Heat Input هستند.

④ { گاز محافظ (نوع، خلوص و فشار) } ⑤ { سیم جوش، نوع، قطر، میلون بردن }

⑥ { قطر نازل }

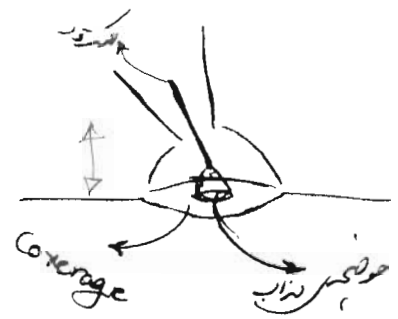
⑦ { فاصله نازل تا سطح کار (Electrode Stick-out, Electrode Extension) } طول مؤثر الکترود



نقطه‌ای که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند به آن نقطه ذوب می‌گویند. در صورتی که این دو فلز با هم در یک نقطه ذوب حل نشوند، به آن نقطه ذوب مشترک می‌گویند. در صورتی که این دو فلز در یک نقطه ذوب حل نشوند، به آن نقطه ذوب مشترک می‌گویند. در صورتی که این دو فلز در یک نقطه ذوب حل نشوند، به آن نقطه ذوب مشترک می‌گویند.

۱. نقطه ذوب مشترک (Common Point) نقطه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند.
۲. نقطه ذوب مشترک (Common Point) نقطه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند.
۳. نقطه ذوب مشترک (Common Point) نقطه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند.
۴. نقطه ذوب مشترک (Common Point) نقطه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند.
۵. نقطه ذوب مشترک (Common Point) نقطه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند.

منطقه‌ای که پوشش در آن قرار می‌گیرد و در آنجا جوشکاری انجام می‌گیرد به آن منطقه ذوب می‌گویند. این منطقه ذوب را به دو بخش تقسیم می‌کنیم: منطقه ذوب و منطقه ذوب مشترک. منطقه ذوب مشترک آن منطقه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل می‌شوند. منطقه ذوب آن منطقه‌ای است که در آن دو فلز در یکدیگر حل نمی‌شوند.



مَشْرَبَاتِ MIGI . TIGI

زِيَادَةُ نَفْثَةِ زُرْبٍ / مَشْرَبَاتِ + اِنْفِاسٌ وَرَدُّهَا

نَاصِبَةٌ نَائِلَةٌ (D) كَمِ : نَفْثَةٌ وَوَجْهٌ اِفْتِرَاقٌ ↑

تَارُكَهُ ↑ نَفْثَةٌ زُرْبٌ + اِحْتِمَالُ اَلْمَشْرَبِ

نَاصِبَةٌ نَائِلَةٌ (D) تَارُكَهُ

نَفْثَةٌ مَبْنِيَةٌ بِتَارُكَهِ

نَوْعَاتُ تَارُكَهِ }
 وَوَجْهٌ نَائِلَةٌ
 وَوَجْهٌ نَائِلَةٌ

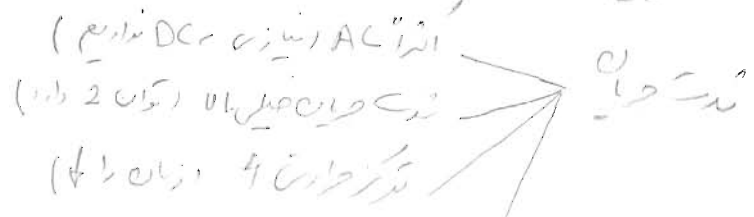
$$R_c = \frac{P \cdot V \cdot D}{\mu}$$

مطایب فرایند فرسایش مقاوم

مطابق زمان و مکان و نوع و مقدار انرژی



- با آزمون زمان (منظومه فرسایش) مشخصه فرسایش است
- سائل و مصلک HAZ را داریم
- تغییرات خواص و ساختارنداریم (HAZ)



مقدار فرسایش 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 فرسایش → افزایش (مقدار ↓)
- سطح فرسایش → زیاد (مقدار ↓)
- عمق فرسایش → عمیق کم (مقدار ↓)

۲ : شدت فرسایش اولی
۲ : شدت فرسایش

↓ R'' ← f.f. (1+ΔT) ...

← r₁ و r₅ ...

بیزودن سطح
عین الکتروود
مبار و دان سطح
اعمال مش
عین کران الکتروود
سطح تماس
کم ...
زیاد ...

← r₄ و r₂ ...

Al ...

↑ r₄ و r₂ ...

↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$
 ↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$
 ↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$

↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$
 ↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$
 ↑ $C_{10} - C_{10} = C_{10} - C_{10} = 0$

چون نیروی حرارتی و الکتریکی و ... بیشتر از نور است و در نتیجه ... بیشتر حرارت می پذیرد و ...
 حرارت را از طرف دیگر به جهت این که ...
 حرارت را در آنجا بوجود می آید و باعث بوجود آمدن
 الکتریسیته می شود و ...



در این مورد باید دانست که در جوهر سنگی حرارتی از قانون اهم و نیروی الکتریکی در یک چوک که در استوار منظم یا از سیستمی
 هندرویک یا نیم رسانا است. این نشانگر علامه بر اینست که باعث کاهش مقاومت می شود و از طرف دیگر باعث کاهش
 ولتاژ می شود که مقاومت را کمتر می کند. این نشانگر همانست که در این مورد به نظر می آید و در صورتی که
 در یک سیستم استوار حرارتی می شود و هم از طرف دیگر بر اثر رسانایی و علامه بر اینست که باعث می شود این سطح به گونه ای که در
 هم قرار می گیرند و امکان ورود هوا به قسمت مذکور ندارند. پس در جوهر سنگی حرارتی همانند فولاد از نظر رسانایی و رسانندگی
 و همچنین رسانایی الکتریکی از نظر رسانایی و رسانندگی به اجزای مختلف و رسانندگی از جوهر سنگی رسانندگی هم و دلیل اینست که
 ضریب رسانایی است و هم از این جهت که رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 به جوهر سنگی حرارتی همانند فولاد از نظر رسانایی و رسانندگی به اجزای مختلف و رسانندگی از جوهر سنگی رسانندگی هم و دلیل اینست که
 رسانندگی در این حالت هم از این جهت که رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 هم به آنکه تا سطح حرارتی رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 الکتریکی هم به آنکه تا سطح حرارتی رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 رسانندگی در این حالت هم از این جهت که رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 رسانندگی در این حالت هم از این جهت که رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت
 رسانندگی در این حالت هم از این جهت که رسانندگی در جوهر سنگی رسانندگی در این حالت محافظت می شود و در این حالت

۲۱۹۲۵
 باید بدانیم که ...
 مانع از ...
 مانع از ...

Resistance Welding

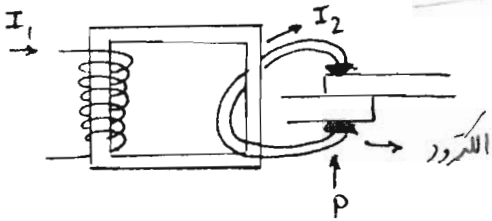
نقشه های جوشکاری متناوب

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 تئوری جریان کوتاه است.

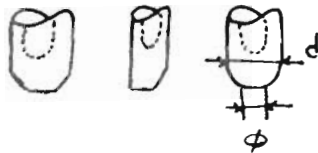
Spot Resistance Welding

تجزیه‌ایات فواید: تجهیزات این فرآیند از درختن 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



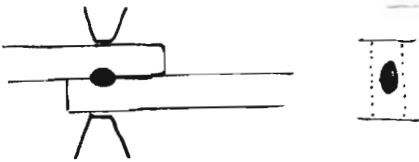
مختلنی دارد. قسمت مهم در الکترودهای نوک نوک قطر ϕ است. همچنین به ندرت دیده می‌شود که الکترودها متقطع غیر نوک داشته باشند.



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

همچنین انعطاف بر لبه بر برون سطح تماس الکترود با بوی و یا بینی در صورت ندارد.

آلتر نوک 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 و ...)

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

به عنوان مثال در این فرآیند چون فشار و 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 توخالی در 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 را به همراه دارد.

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 سلفوسمرنی نداریم!

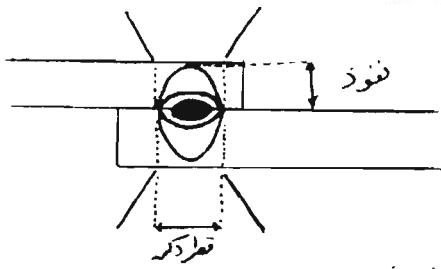
تغییرها:

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

- ☐ بهبود کیفیت جوش
- ☐ ارزش افزوده

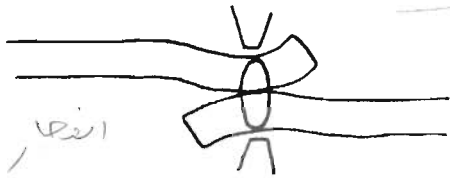
در این تقویم نوع جریان اهمیتی ندارد و معمولاً همان برق شهر که AC است را استفاده می کنند.
 هرچه میلان جریان بیشتر باشد طبق رابطه $Q = RI^2t$ حرارت تولیدی بیشتر می شود. این حرارت باعث می شود که ناگت که در ابتدا دارای قطر و نفوذ کم است، قطر و عمق نفوذش زیاد شود. از یک

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



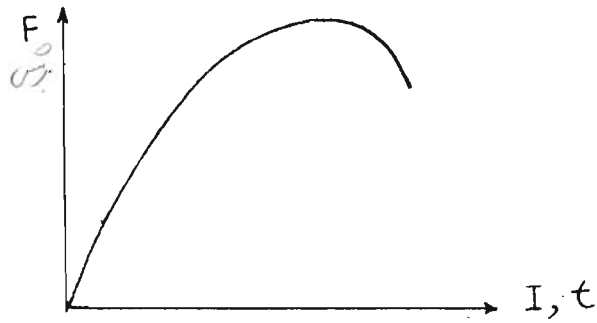
قطر ناگت حد اکثری ندارد. با بزرگتر از سطح تماس الکترونی با قطعه کار باشد. اگر عمق نفوذ ناگت بیشتر از یک حد مجاز شود به دلیل وجود فشار در آن ناحیه می تواند باعث لهیدگی آن قسمت

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 تپل نباشد 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 بملی مواردی استفاده می شود که بعداً امکان پرداخت کردن یا بستن زدن بملی آن ها وجود ندارد. (مانند کتری های فلزی)

۲) زمان: زمان به دو صورت قابل تنظیم است:

- کسری از ثانیه
- سیکنی از جریان

تأثیر زمان نیز همانند به همان صورت شدت جریان است با در تفاوت:

☐ شدت جریان تپل ۲ دارد و زمان تپل ۱!

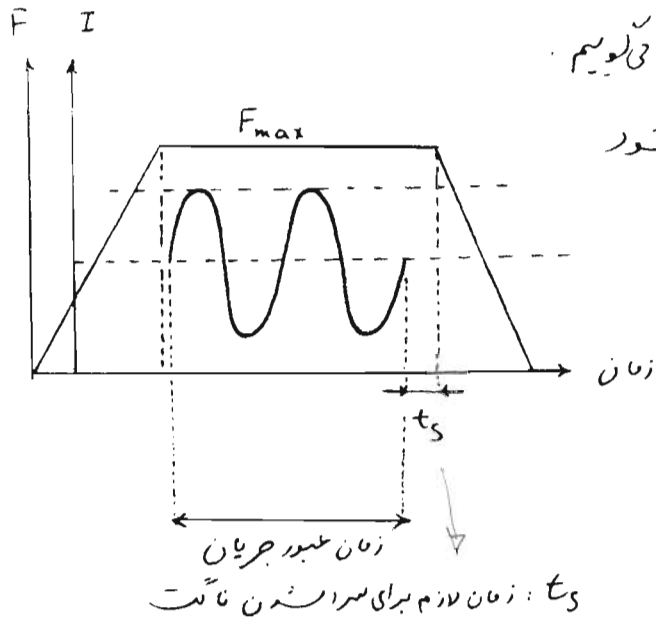
☐ هرچه زمان بیشتر شود فرصت انتقال حرارت به اطراف هم بیشتر می شود. در این صورت

زودتر به حالت همجری و برکشش کوشه ها می رسیم.

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 کاری 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 تا یک 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 ناخواسته است.

اگر قبل از قطع جریان فشار برداشته شود

امکان جدا شدن ناگهانی از بین دو قطعه دیافراگم

شکستن آن می شود. اگر این ناگهانی به سرعت سرد

شود و 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 باشند هر چه قطر بیشتر باشد قطر ناگهانی و

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

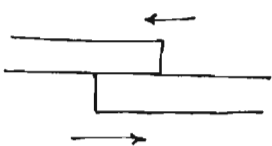
جریان زیاد کرد. بعد از آن باید از قطر الکترود کمتر گرفت.

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 ناگهانی 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 است.



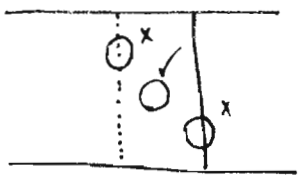
۱- چسبندگی الکترود به کار را فراموش داشت.

۵) سیم‌ها سوراخ شدن لبه‌ها (over lap) : اگر $over\ lap$ زیاد باشد هیچ مدلی از نظر فنی

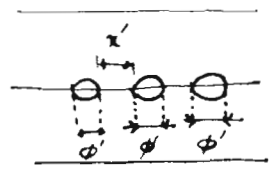
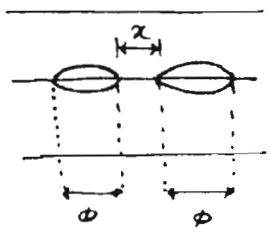
ندارد و تنها مشکل اقتصادی دارد. اما اگر این مقدار کم باشد امکان تماس نانت با هم وجود دارد. به طوری که در طبق استناد سیم‌ها $over\ lap$ در حدود ۲ تا ۳ برابر قطر الکترو است.



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 $over\ lap$ درست باشد.



عامل دیگر فاصله نقطه جوش‌ها و تعداد آن‌ها در یک طول است. به عنوان مثال در شکل زیر که در نظر بگیرید که در آن عمق نفوذ تمامی جوش‌ها برابر $2\phi = 3\phi'$

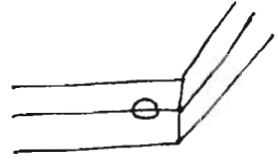
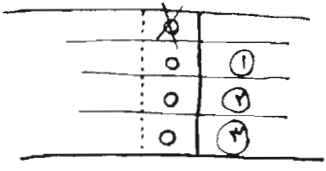


چون α از α' بزرگتر است به نظری رسد که در α بزرگتر با عاملی برای جلوگیری ترک در داخل جوش و یا داخل قطعه به علت تنش سیگنی می‌باشد. همچنین اگر این فاصله زیاد باشد باعث $leakage$ نیز به میان می‌آید.

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

بدین منظور برای استحکام سنجش استحکام جوش ϕ نقطه جوش را با یکدیگر می‌کنیم و اذنی را کنار می‌اندازیم و ϕ مورد تغییر را مورد آزمون قرار می‌دهیم زیرا برای نقطه اذنی تمام جریان از هم جا عبور می‌کند و برای نقاط بعدی کمی از جریان توسط قبل در دیده می‌شود. همچنین آزمون برای یک قطعه انجام نمی‌دهیم.

این نوع تست را در اصطلاح



Shear Test می‌نامند. در این روش پس از انجام آزمایش با نقطه جوش در درازن اذنی

اذنی یک تنش برش به قطعه وارد می‌شود. روش دیگر این است که پس از درازن اذنی نقطه جوش اذنی در طرف جوش با یک شعاع مشخص خم می‌کنند و سپس تحت کشش قرار می‌دهند که به آن $Peal\ Test$



تست کشش

اگر این تست‌ها به صورت کاملی انجام شود از نکات تکنیکی که آن می‌توان به این اثر کرد که ضراب شدن ذرات الکترود بر روی ولتاژها تا اثر می‌گذارد و در این هنگام دستگاه متوقف می‌شود.

آرامی قلبی در صورت رقی انجام می شود باید یک سری نکات کلیدی را در درن رعایت کرد. از جمله:

- دقت در آهنگ کردن نوزک الکترودها: در برخی موارد صرفاً با سمباده زدن می توان نوزک الکترود را تعمیر کرد. اما در بعضی موارد که می خواهیم بررسی و درق کاملتره جوشکاری انجام دهیم در این نوع موارد نوزک الکترود را تبدیل به آلیاژ می شود. به عنوان مثال آلر جنس الکترود از مس باشد روی و آلومینیوم موجود بر سطح درق با مس ترکیب و تولید آلیاژهای برنج و برنز می دهند. در این نوع موارد آلر با سمباده زدن نمی توان نوزک الکترود را درست کرد بلکه باید حدود $1-2^{\text{mm}}$ 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 H_2O اصلاح 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 آلر در هنگام بستن این سرها دقت شود امکان رکین آب بر روی سطح قطعه وجه دارد که مشطوات خاص خود را به وجه می آورد.

منویاد محدودیت های فلزیند:

- ولتاژ و بازده بالا: در فلزیند های جوشکاری مقاومتی به علت عدم دجه شده و اینکه لریا توسط حفره قطعه تولید می شود ولتاژ بسیار بالا و در حدود 95-93 است. همچنین به علت بالا بودن دسر در کم بودن زمان امکان انتقال حرارت بسیار کمتر است که حفره موجب لغزش بازده می شود. به علت وجه این بازده بالا ماکسی همچون HAZ و Distortion اهمیت بسیار کمی پیدا می کنند که مطلوب است.

- عدم وجه حله مصرفی زیاد: هر نظری که گفته شد این فلزیند علاوه مصرفی همانند کاری فقط در ... ندارد و تنها بحث انرژی و نوع الکترود در آن مطرح است که آلر الکترود را به درستی

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

• اینرسی، بحث اصلی در این فصل است و به دلیل عدم وجود مشکلات 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 کبک پاشش جریته نیز مطرح نیست.

محدودیت ها :

• ضخامت : در این نوع فولاد معمولی به ازای 5 به کار نمی رود. به عبارتی دیگر در این نوع فولاد محدودیت بیشینه ضخامت مطرح است و نه محدودیت کمینه ضخامت.

• حسن فلز : این نوع فولاد یعنی تیلان در مورد فنلانی که مقاومت الکتریکی پایینی دارد استفاده نمی کنند. همچنین در مورد فنلانی که خاصیت سختی پذیری (Hardenability) دارند به شکل بری فوریم مانند فولادهای پرکربن و پرآلیاژی. در ضمن از این نوع فولاد بهای فنلانی پوشش دار هم معمولاً نمی تیلان استفاده کرد.

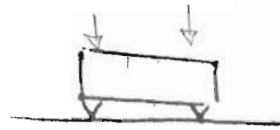
• عدم استفاده از محلول مصرفی تیلر: این بحث از طرفی یک مزیت و از طرفی یک محدودیت است. زیرا به دلیل عدم تیلانی از فلز جوش می تیلان مانور زیادی بر روی ترکیب شیمیایی جوش داشت.

• استفاده از تولید انبوه : این نوع فولاد عموماً 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

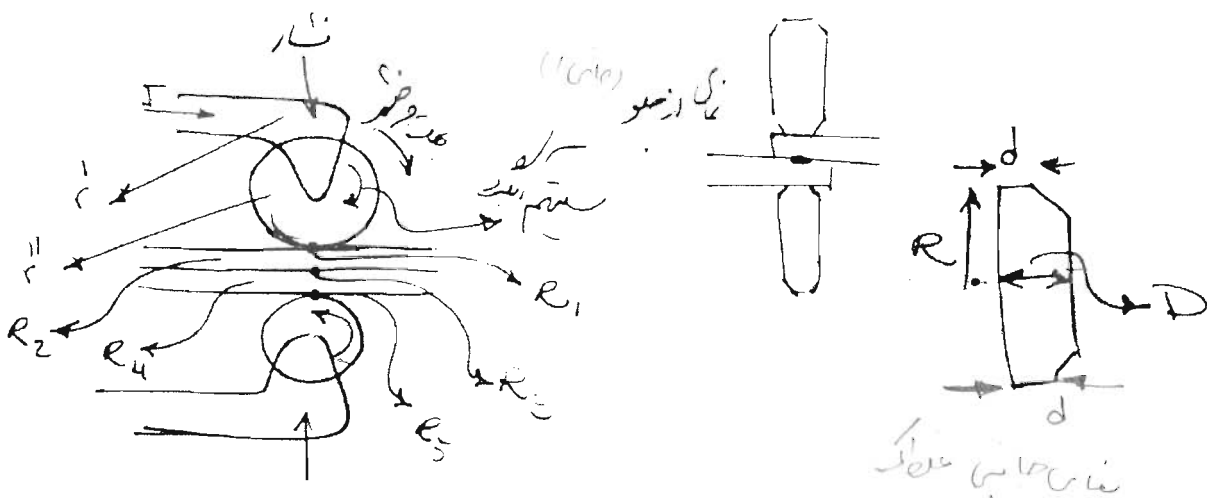
: R.W.

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

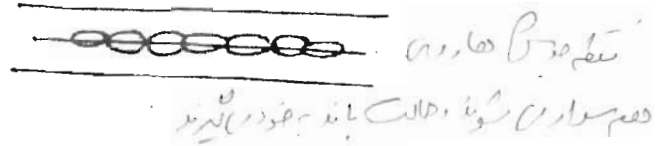
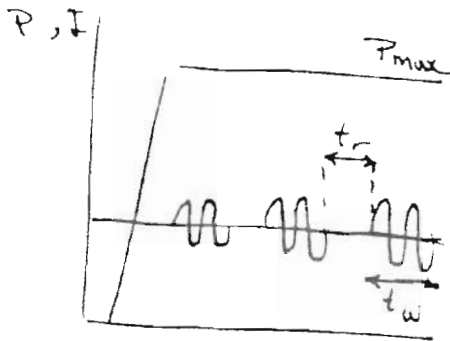
لحیم و حرارت بر می کنند که در این شرایط یک آب بندی هم می شود. مدل دیگر برای برای قوطی های بزرگ که مایع بیشتری هم در درون آنها قرار می گیرد در این شرایط دیگر لحیم جوابگو نیست کش عمیق هم با مشکل روبه رو می شود و از این فرآیند استفاده می کنند.

تجهیزات فرآیند:

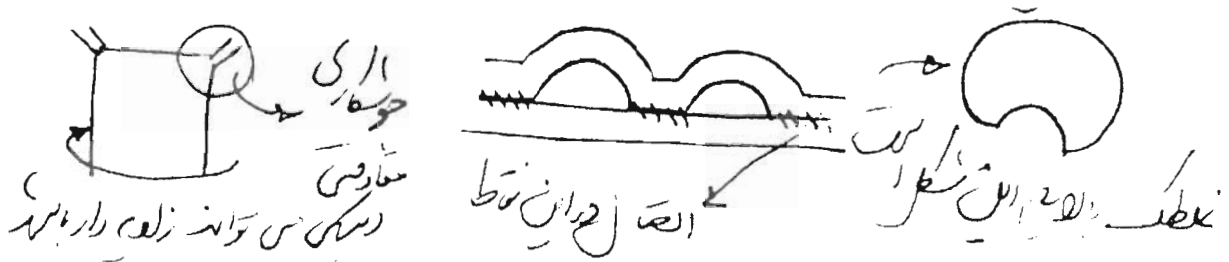
پایه آن با جوش نقطه ای تفاوتی نمی کند اما تفاوت اصلی که در اینجا دیده می شود این است که در اینجا الکتروودها به صورت دیسک یا قرقره است و قطعه ها در بین این دو قرار می گیرند. در اینجا هم جریان I_2 از ترانس می آید و از بین این دو الکتروود چرخان می گذرد نکته مهم در این فرآیند این است که در این فرآیند ما 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) »

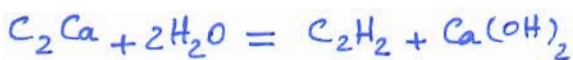
۱- مقدمه:

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 توانار محصلاتی که با این فرآیند تولید می شوند چیزی 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 سمت 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 سیستم است (C₂Ca)

این واکنش حرارتی را است



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

- خود کاربرد سیستم (رنت کاربرد) حجم یک فرآیند تولید می شود (از معدن استخراج نمی شود). اکسید طبیعی (مناقل) با تبدیلیم گت در کوره خاص ؟ حرارت داده می شود و حاصل واکنش CaO با کربن، کاربرد طبیعی است.
- در سیستم خاص مولد ما از کاربرد طبیعی استفاده می کنیم در حوزمان استیلن را تولید می کنیم.
- یا اینکه می توانیم گاز استیلن را بصورت کیسولی از کارخانه ای که برای این منظور، استیلن تولید می کنند، تهیه کنیم.
- گاز استیلن گاز است که گت فشار (فشار خیلی بالا) و واکنش 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 انفجار 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 بیرون اینم اند خارج قدرت بلیرد
• باید توجه داشته باشیم اگر گاز اسیلن را در واحد زمان از سیلندر استخراج کنیم، این
استیلن وجود دارد که همراه استیلن مقدار کم استیلن هم بیرون بیاید. استیلن بیرون آمده می تواند سریعاً
تبخیر و متفعل شود و یک شعله غیر قابل کنترل برای جو شکار بوجود آورد. نباید این نباید از یک حجم بیشتر
در واحد زمان استیلن را از کپسول خارج کنیم.

• به بیان ساده تر اگر همیشه جو شکار بخوراند در همان با هم جو شکار کنند، نمی شود از یک کپسول استفاده کرد
باید همیشه تا کپسول به نحوی که تمام متصل شوند در صورت 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 استیلن می شود و متصل قبلی بیست می آید.
• البته بعد از اینکه یک کپسول چندین بار تخلیه شود مجدداً پر شود، شاید لازم باشد مقدار استیلن مجدداً بدون آن تریب شود
تا در دفعات بعد بتوان به همان حجم مورد نظر آن را از استیلن پر کرد.

• مولدهای گاز استیلن هم شبیه به شعله است که داخل آن یک کلسیم قرار دارد مقدار کاربید کلسیم درون آن
ریخته می شود. بعد مخزن پر می شود. یک منبع آب هم نصب است که آب را به درون کاربید کلسیم می ریزد یا اینکه
مخزن به لوله کلسیم آب متصل است و در موقع جو شکار در 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
جو شکار در 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 سلیت مخصوص
سلیت گاز استیلن قرار می گیرد. وقتی به آن نگاه کنیم به نظر می رسد که سلیت کوتاه بوده و یک ست یا رابط
درست آن قرار داده اند که اگر آتش هم برنهن است. اگر به دلیل Back fire (برگشت شعله) اتفاق افتاد
قبل از اینکه شعله جو شکار 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)

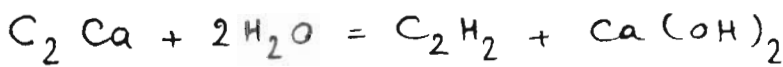
- شلنگ برای انتقال گاز

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

مولد گاز استیلن

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

گاز استیلن از واکنش کاربید کلسیم با آب به دست می‌آید:



گاز استیلن گازی است که تحت فشار واکنش درون ایجا می‌شود که همراه با اوزن در حجم است و انفجار. به همین دلیل برای ذخیره کردن این گاز در کپسول‌ها ابتدا مایعی اسفنجی را داخل کپسول تعبیه می‌کنند و بعد آن‌ها 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 دبی خروجی گاز استیلن از یک 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 برای جوشکاری مضر 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 برای یک طرفه کردن 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 باید این شعله با این شیر شعله خاموش می‌شود و به داخل کپسول راه نمی‌یابد.

• مثل (Torch) (یک جوشکاری):
شیرها: این شیرها شیرهای بیناوری بسیار دینی هستند که توسط آن‌ها می‌توان مقدار و نسبت O_2 و C_2H_2 را تنظیم کرد.



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 سمت اتصال برسد. در صورتیکه این مخلوط در داخل مشعل مشتق شود پدیده Back Fire رخ می دهد که بسیار خطرناک است.

• در سایل جنبی : عتیق دودی ، فذک های مخصوص ، فلتر 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 کلسیم .

• مفتول ، فلتر متال : با قواها روشن های مختلف که معمول ترین آن ها فولاد معمولی با روکش نازک سی است .

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

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

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

• رولساز : نقش رولساز برای نابود کردن سیالت 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 ، بکس و اسید برنیک ،

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

جوشکاری اکسی استیلن است که رولساز نیز همراه آن است .

• مشغیر های تولید میند : مشغیر های این فولاد برای قلعان به دو دسته کلی تقسیم گو :

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

(۲) مشغیر های تجربی

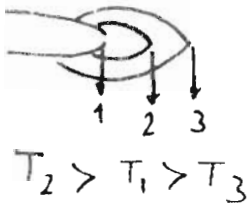
دسته اول آن حرف به چندین قسمت تقسیم می شود عبارت است از :

• فشار گاز اکسیژن ، استیلن .

• شماره مشعل (قطر سوراخ مشعل)

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

است. پس برای داشتن درجه حرارت مشخص در غلاف زیر رو دالست
 * نسبت گاز و اکسیژن * نوع گاز * وجه همپوشانی خالص و غیره
 * گرم نقطه از شعله.



همان نظر که می دانیم رادی شعله در همه نقاط مختلف آن یکسان نیست.
 حال باید دید که این رادی شعله چه ارتباطی با جوشکاری دارد. همان نظر که
 می دانیم شرط لازم برای شعله این است که دمای آن از دمای ذوب فلز

بالا تر باشد زیرا اگر نه فلز به دلیل جوشکاری ذوب نمی شود. فلز به آن دمای رسد ولی

گرمای نهان ذوب آن تا مسی نمی شود و فلز ذوب نمی شود. از طرف دیگر دمای شعله نباید بالاتر
 از دمای جوش و بخار فلز باشد زیرا ترکیب شدن آن با فلز ممکن می کند.

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

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

تشعشع با توان چهارم دمای مطلق در سطح متناسب است. پس هر چه این حرارت بیشتر منتقل شود

لاصت ترمومتر کزتری تفلون جوشکاری را انجام داد.

⑤ اتساف.

ادامه از پرونده File 1000

Drill Number در مورد شماره ها و توضیح کنید به دقت عمل است این شماره بیان

Gage number

که در حالت اذنی منظور قطر متی 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 سوراخ این است که فشار گاز اکسیژن و استیلن باید با شماره 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 تنفسی 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 حوض خوف 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 .

• رولاز : در این حالت نیز رولاز همان نقش را در برین مسالیت مذاب را بازی می کند .

دسته دوم نیز خط به چند قسمت تقسیم می شود :

• تنظیم شده :

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

بلای به وجه آدن 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 اشتغال

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 آدن باید اکسیژن را بیش نسوم کرد .

حضر صیات شده : ① (دو درجه حرارت) : این دو 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 در ولیمه دارد و ضرر است . عامل سوم نسبت گاز به اکسیژن

Plain Carbon Steels
 Low alloy Steels → فولادها
 alloy steels

التم فولادها را خاص بر اساس کاربردشان نامگذاری می کنند

چند اصطلاح
 فولادهای خنک شونده (Air Hardening): فولادهای سرد شوند باز سخت می شوند
 فولادهای خنک شونده (Hardenable): سخت پذیر
 بلیر: زینت بلیر: آستنیتی (در دماهای محیط)

فولادهای ساده کربنی (Plain Carbon Steels):

ترکیب شیمیایی: Fe و کربن و عناصر همراه دارد: C, Mn, Si اینها عناصر
 ترکیبی فولاد سازند و فولادها را آهن قرار می دهند (آهن خالص ← اکثر ویسلی تا به حد خود)

عناصر کمی (Trace Elements): S, P, O, N
 S: درصد دهه
 P: هزارم دهه
 N: ppm
 0.02 < %C < 2.2
 %Si < 0.5
 %Mn < 1.8

Cast و Wrought فولادها 90% در صنعت فولاد سازی استفاده می کنند
 Repair ← Cast

rimmed (آرام) معمولی
 killed (کشته)
 Semi killed (نیم کشته)
 Mn, Mg, Al اضافه شده برای تقویت

Range کربن دارد و نامهای آن را بر اساس این است بنابراین طبق جدول می شوند

%C: 0 - 0.15 Low Carbon (کم کربن)
 0.15 - 0.29 Mild steel (یا کربن خفیف)
 0.29 - 0.59 Medium steel carbon (یا کربن متوسط)
 0.59 - 1.7 ~ 2.2 High Carbon steel (یا کربن بالا)

Low Carbon ← ST13, ST12 (استاندارد آلمانی)
 Medium Carbon ← Ck45
 Carbon ST

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

$\sigma_y = 45 \sim 70 \text{ ksi}$
 - Elongation 22% (در حالت Anneal)
 - نوع: قیراق / 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
 - استحکام و نوع عملیات حرارتی به طیف گسترده فولادها بستگی دارد
 - کاربرد بسیار وسیع
 $\sigma_y: 45 - 100 \text{ ksi}$
 Elg: 10 - 30%
 Hardness: 195 - 600 VHN
 Medium Carbon St. (3)

- Hardenable (حکم فولادها هستند)
 - طیف فولادها بستگی گسترده (داخل Tough در این سطح سفت شود)
 - کاربرد: سفت و مقاومتر است اما کارایی کمتری دارد
 برای غلتک‌ها و Rollerها
 High Carbon ST. (4)

متالورژی 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 گسترده‌ای در فولادها در این گروه‌ها معمولی
- جوهرکاری Plasma, TIG, و ... اصلاً ضرورتی ندارد که برای اینها انجام شود
- مواردی که باید توجه کنیم

$0.2\% < C < 1\%$ و $Mg > 2\%$

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

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

• ضخامت ↑ Heat Sink Effect ← زوب ناقص دیواره ای ← باید قطعه طفت را پس از نسیم | طبقه براس زوب طاف
 • ندرت مقدار لوله در Structural St زیادتر از جدول است ← ندرت در لوله ← اثر در قطعه ای بکار بریم

جوینکاری فولادهای Medium Carbon St :

← Weldability (جوین پذیری) خاصیتی است که صرفاً به همین قطعگی ربط دارد نه سایر پارامترها

- Weldability : نتواند است ← باید مثال متاورگنی را بخاطر کنیم
- مشکل در Medium C است : ترک خوردن کوا، جوین در HAZ / یا تریس زیاد HAZ (از تریس شاری ↓)
- بحث برین معادل سطح است : میزان کربن عملی مهم است اینج نزدیک 0.3 باشد یا نزدیک 0.6
- باید اول بریم : کربن چند است ؟ 2 - مقدار Si, Mn چند است ؟ 3 - ضخامت چند است ؟ (در بحث سرد شدن و جوین)

← برای اینها اثر در جدول E6010, E6013 قابل استفاده نیست ← استقامت جوین ↓ (کربن در فولادها پایین است)
 • اگر کربن در جوین را بریم با فلزات کربن و با تریس و تریس ← تریس
 • باید کربن را پایین ندر داریم و از عناصر آلیاژی کمک بگیریم : Mn, Ni, Mo ← استقامت ↑
 • 708, 8010, 8018 در جوین این عناصر دارند

• بین لوله ها 70/80 (90 تا 100 تا تریس) + ولتاژ در حقیقت ← طاق با احتیاط در آن سولدری بکار برد
 • ارزیابی پروسه : CO_2 : نسیم جوین باید که عنصر آلیاژی داشته باشه (در S_2 و S_3 جوین جوین نیست ← S2CRMO)

• Heat A-Z داریم : مشکل آن فوری است که M و ندرت جوین زیاد (کربن آن نسیم مناسب است) ←
 • Preheat, Proheat / مده میان کربن معادل 200-500 و نسیم نسیم. % C ↑ رسا ↑ نسیم
 • اگر M بر فولاد آمد. بین نسیم نسیم ← نسیم نسیم

• Hydrogen Emb. شکل تریس تریس فولادهای با استقامت است نه فولاد نسیم. فولادهای کربن ↑ عناصر آلیاژی ↑
 • در فولادهای دانه ریز شکل HE دارند
 • اثر در لوله جوین لوله ها محافظ بودن رطوبت استاندارد نسیم. قطعگی معتبر باشد

• تریس لوله در HAZ معتدل است
 • محدودیت زائیف : جوین معادله CK45 : فصل تریس را بریم ندر نسیم کربن را نسیم نسیم به M تریس
 • Weld1, Weld2 : بین نسیم نسیم یا نسیم نسیم

High Carbon فولادهاں جو پٹاریں

- خصوصاً ترقیے سٹورم جو پٹاریں نشوند (Weldability ندارد)
- کریں زردی اس کے لیا Filter ہم نیشنز ان کریں Weld M، ایا ہیں آورد (عدالتی از ۱.۷، ۰.۸ برسانیم)
- کاربیدهاں سردی بہت آسان ہند
- کاربیدهاں فولادها ہم جایی اس کے نیازم جو پٹاریں نشوند
- اگر خواہیم جو پٹاریں ہم ان سطح Medium Carbon ہا، ان وقت بیشتر رعایت کرنیم
- پیش گرمی ہا راتا 400 یا 500° الائن بریم
- ایذا ہوتا ہا ہین گرم کرنیم (ماترینیت یا غیر کرسٹل)
- درانتہا - الکتروڈ مایڈیا مائڈ وقت کرنیم

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.

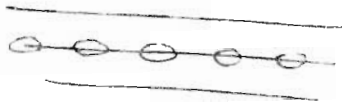
متغیر های فرآیند:

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 زیاده باشد در این حالت فاصله بین جوش ها زیاده 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 / غلتک

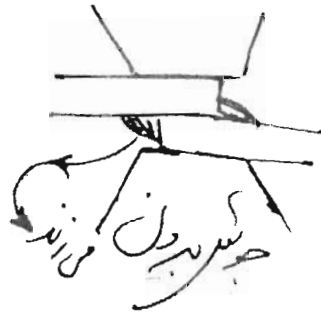


۳. فشار: که کاملاً مشابه با فرایند جوش نقطه ای است.

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.

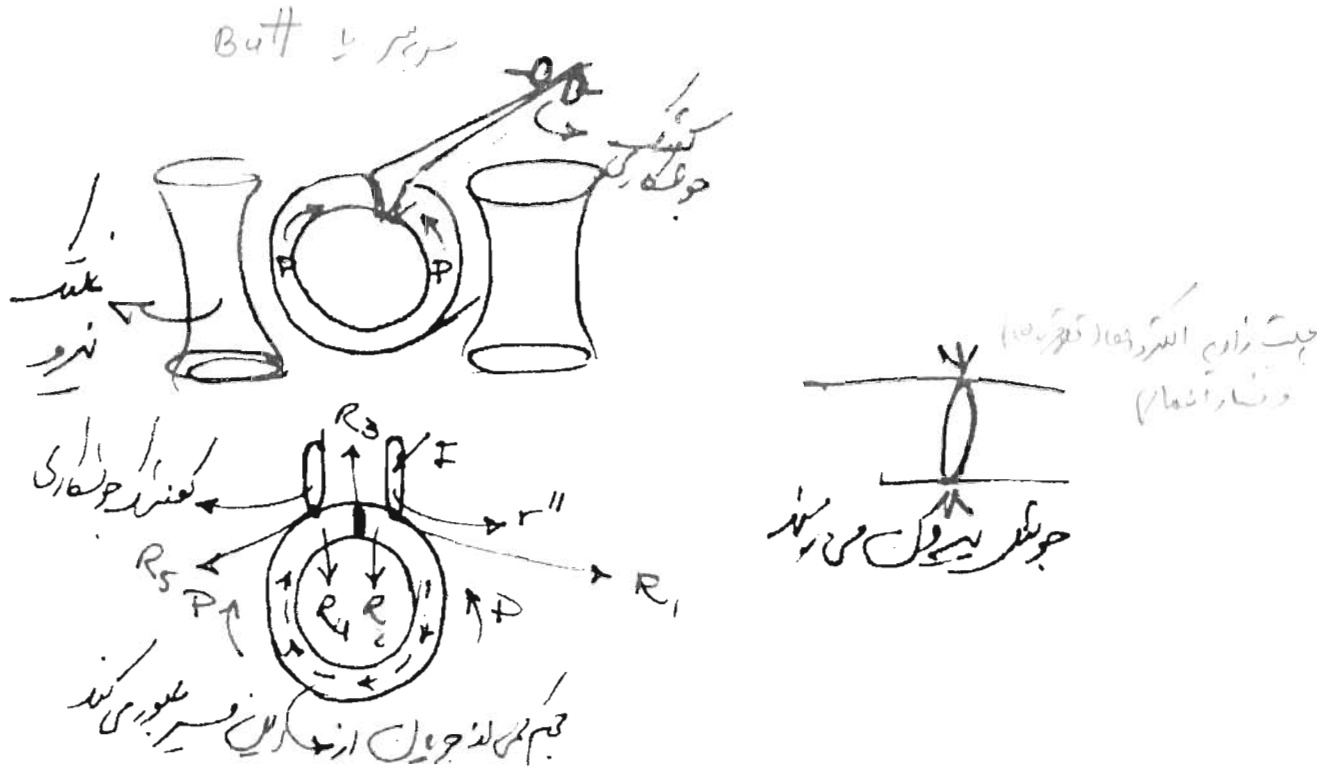
نکات تکنیکی و مزایا و محدودیت ها در این فرآیند کاملاً مشابه جوش نقطه ای است.



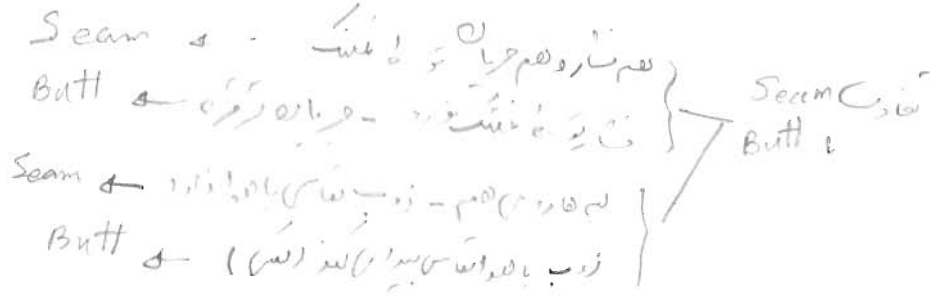
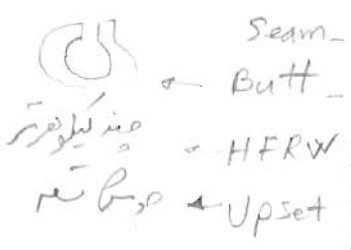
• فرآیند جوشکاری مقاومتی فرکانس بالا H.F.R.W. :

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

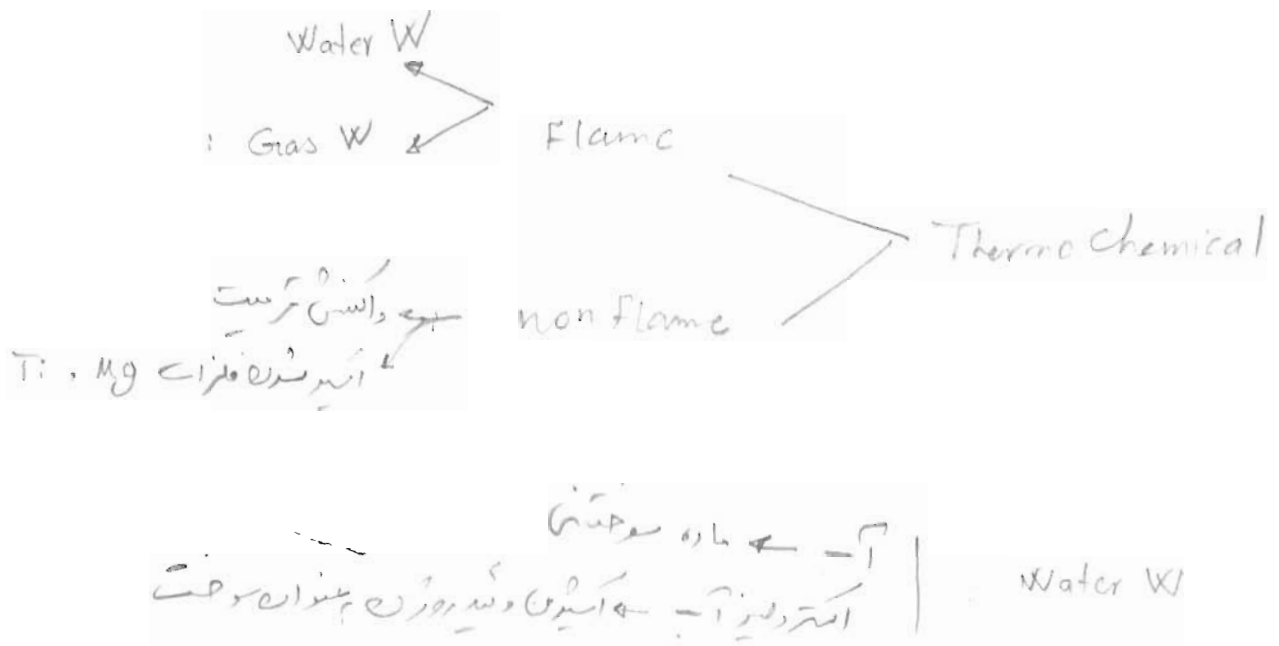


تفاوت این فرایند یعنی Butt Seam R.W. با Seam R.W. در دو نکته اساسی است: یکی اینکه در حالت Seam R.W. هم فشار و هم جریان الکتریکی توسط غلتک های یا الکترود ها اعمال می شد اما اینجا فشار از روی غالتک ها بر داشته ایم و الکترود ها تنها ناقل جریان الکتریکی هستند و فشار توسط غلتک های نورد اعمال می شود. دومین 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 ست که در این حالت مذاب با هوا تماس دارد اما عموماً ما از این فرایند برای جوشکاری فلزات فعال اسفاده نمی کنیم بلکه برای فولاد کم کربن معمولی استفاده می شود در نتیجه واکنش قابل توجهی در آن رخ نمی دهد علاوه براین در این جا سرعت ما بالاست و غملاً زمانی برای انجام وکنش 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.

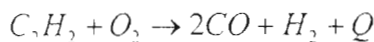
در این گروه از فرایندهای دیگر از انرژی الکتریکی استفاده نمی کنیم بلکه از یک سری واکنش های شیمیایی حرارتی استفاده می کنیم این دسته از فرایندها خود دو گروه هستند یگ گروه فرایندهایی که بدون شعله Non Flame W. هستند که معروف ترین واکنش در این جا واکنش ترمیت است که به آن جوش ترمیت گویند. یا اکسید شدن برخی از فلزات مثل منیزیم یا تیتانیوم که به شدت حرارت زا هستند و از حرارت این ها می توان استفاده کرد. دسته دیگر فرایندهای شیمیایی است که این تولید حرارت همراه با شعله Flame W. است که این دسته از فرایندها طبیعتا شامل یک ماده سوختنی است که در اثر سوختن آن شعله به وجود می آید و عموما از گاز های سوختنی استفاده می کنند به جز یکی دو مورد استثنا که همراه با شعله است اما گاز نسبت و یک ماده سوختنی مایع می سوزانیم 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 کاملا متفاوت است و تنها از آب استفاده می شود به عنوان ماده سوختنی! در این جا سیستم به این ترتیب است که آب داخل یک محفظه ای ریخته می شود و آب توسط نمک الکترولیت می شود و با دو الکترودی که داخل آن است تجزیه می شود و تبدیل به اکسیژن و هیدروژن می شود که این اکسیژن و هیدروژن تولیدی را هدایت میکنیم به مشعل و می سوزانیم و شعله ایجاد می شود و جوشکاری می کنیم که در این حالت یک جوشکاری بسیار تمیز و ظریفی ایجاد می شود. اما Gas W. که در آنها گاز می سوزانیم مهمترین این گاز ها استیلن، هیدروژن، پروپان، بوتان و گاز طبیعی است که باز در بین اینها متداول ترین در صنعت ما فرایند جوشکاری اکسی استیلن است.



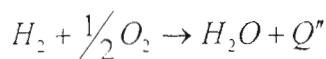
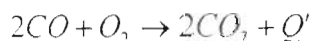
متغیرهای فرآیند اکسی استیلن:

بیان شد که برخی متغیرها هستند که بر روی کیفیت و کمیت جوش تاثیر دارند اما تعیین آنها مشکل و پچیده 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.

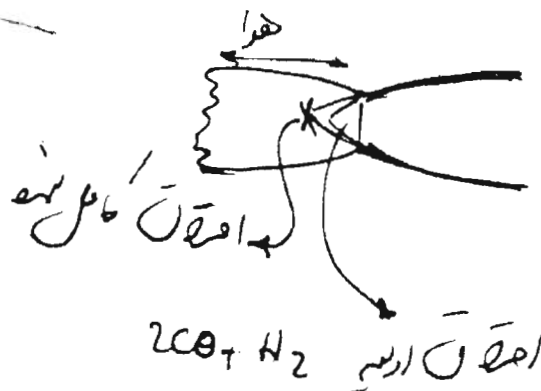
مسئله ای که در این جا پیش می آید این است که آیا دما شعله به مقدار گازی که می سوزد بستگی دارد یا خیر؟ یعنی اگر دهانه مشعل را بزرگتر بگیریم و به همان نسبت فشار گاز را افزایش دهیم آیا دما شعله تغییر می کند یا نه؟ در جواب بیان می شود که دمای شعله تغییری نمی کند اما حرارت شعله افزایش می یابد. پس می توان مشخصه 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



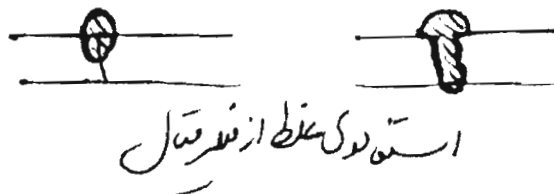
این ۳ حرارت است:

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

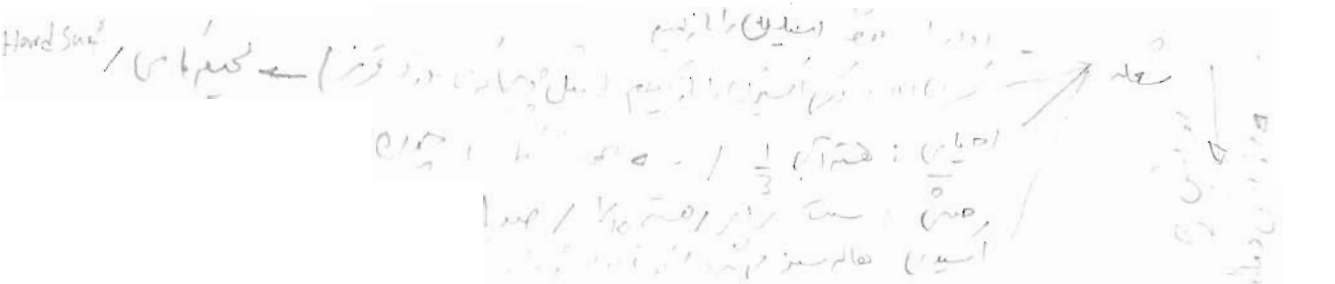
پس هرچه احتراق کامل‌تر انجام شود در نتیجه دما حرارت بیشتری تولید می‌شود. عامل بعدی که بر روی مقدار حرارت شعله تأثیر دارد این است که چه مقدار گاز در واحد زمان می‌سوزد؟ یعنی اگر قطر سوراخ سر مشعل تغییر کند و به همان نسبت فشار را افزایش دهیم مقدار گاز بیشتری می‌سوزانیم. در اینجا هم پیش گرم کردن گاز بی تأثیر 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 جا ها 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 کار هایی 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 پر کننده را به کنار حوضچه مذاب اضافه می کنیم. باید توجه داشت که اگر ابتدا ما فلز پر کننده 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 پر کننده 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 پر کننده 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 پر کننده 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 پر کننده 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 پر کننده و الکتروود هم هست.

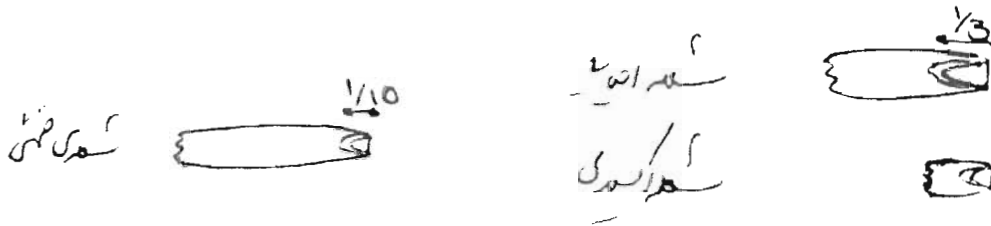


نوک شعله برای تماس با ذوب است این به آن علت است که در این محدوده هم دمای ذله بیش است هم این که اتمسفر قبی اتمسفر در دارد. البته باید توجه داشت که اگر ما نسبت استیلن به اکسیژن را روی مشعل تغییر دهیم می توانیم انواع اتمسفر شعله را داشته باشیم. در حالت اول می توانیم گاز اکسیژن را ببندیم و تنها از استیلن 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 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.



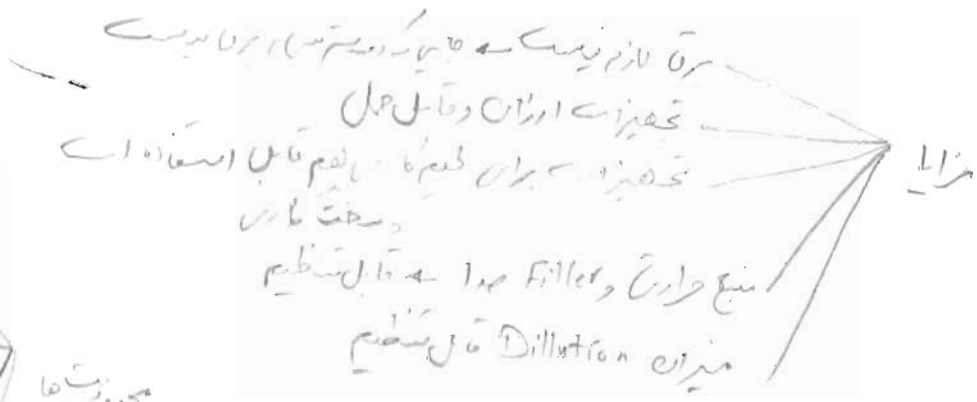
نکات تکنیکی:

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 شر 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.



تجهیزات ارزان و قابل حمل (راندما ↓)
 محدوده ضخامت 5mm (بسیار ارزان)
 بسیار زیاد انرژی است
 محدودیت قطر (استور هست و زود سرد)
 TIG/MIG
 خطرناک است!
 راندما و روشن کردن

محدودیت ها

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 (نیترژن)

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

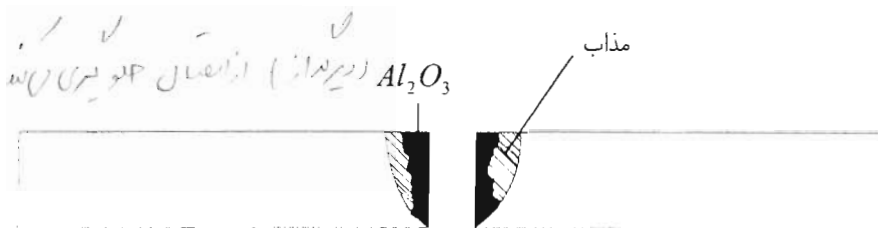
چون مسئله جوش را عمدتاً برای فلزات استفاده می کنیم عنصر اکسیژن به دلیل واکنش با فلز نقش مهمی را به خود می گیرد. حرارت تولید یا گرفته شده حاصل از واکنش فلز با اکسیژن بسته به نوع واکنش و سینتیک آن متفاوت است. مانند سوختن منیزیم در هوا و یا تفاوت نکردن طلا در مجاورت هوا. همچنین دما شروع واکنش نیز در این 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 ، PbO ، CO_2 ، 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.



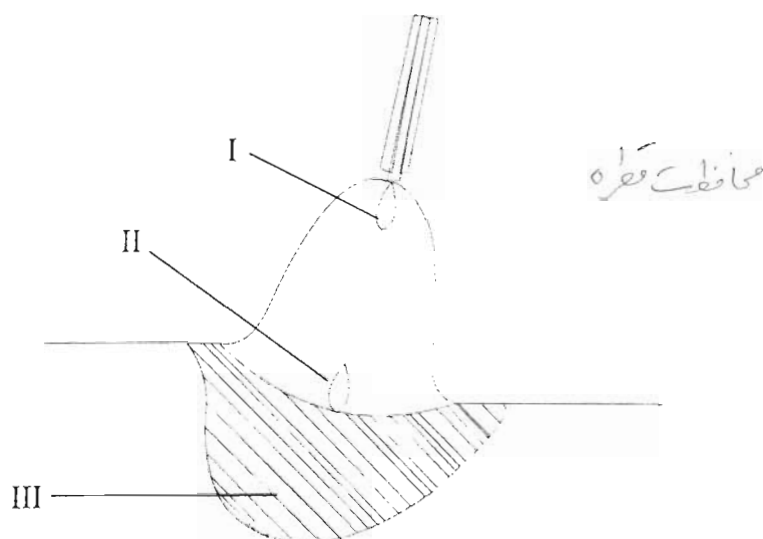
اتم سفر دیگری که بسیار برای ما حائز اهمیت است ازت (نیتروژن) است. هنگامیکه ازت نیز با مذاب تماس پیدا کند به دو صورت می تواند برای جوش مشکل ایجاد کند:

(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.

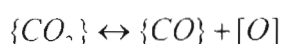
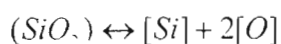
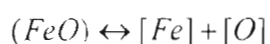
(۲) **از طریق حل فیزیکی (در مذاب):** می توان گفت عمده مشکلاتی که نیتروژن در جوش برای ما به وجود می آورد به خاطر حل فیزیکی آن در مذاب است و نه به خاطر واکنش شیمیایی آن. حال باید دید که چه عواملی بر میزان حل یک گاز در مایع تأثیر دارد. به طور کلی می توان این عوامل را در دو دسته جای داد: (۱) فشرده سازی دما.

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 سیتیک واکنش آن چشم پوشی کرد. پس در سه مرحله نشان داده شده در شکل باید عمل محافظت به خوبی انجام شود.



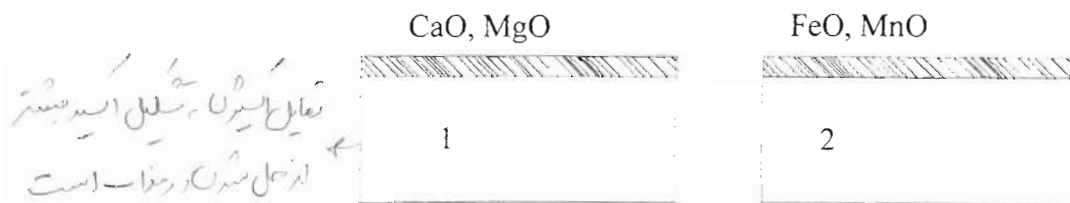
این عمل محافظت همانطور که گفته شد در بسیاری از فرایندها توسط سرباره انجام می‌شود. این سرباره‌ها عمدتاً ترکیبات اکسیدی و سیلیکاتی هستند. سوالی که در اینجا مطرح است این است که این سرباره‌ها خود با مذاب واکنش نمی‌دهند؟ همانطور که می‌دانیم بسیاری از اکسیدها با عناصر تشکیل دهنده خود در حال تعادل هستند. به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

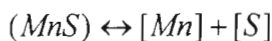
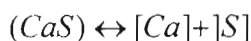
همچنین Dilution برای هر دو را برابر با ۵۰٪ فرض کنید. یعنی همان مقدار که از الکتروده ذوب می شود همان مقدار هم از فلز جوش ذوب می شود. تنها تفاوتی که بین این دو وجود دارد این است که در یکی از سرباره قلیایی و در دیگری از سرباره اسیدی استفاده کرده ایم. حال اگر پس از جوشکاری کروم این دو قطعه را با یکدیگر مقایسه 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 و منگنیل آهن بیشتر از منگنیل منگنیت است

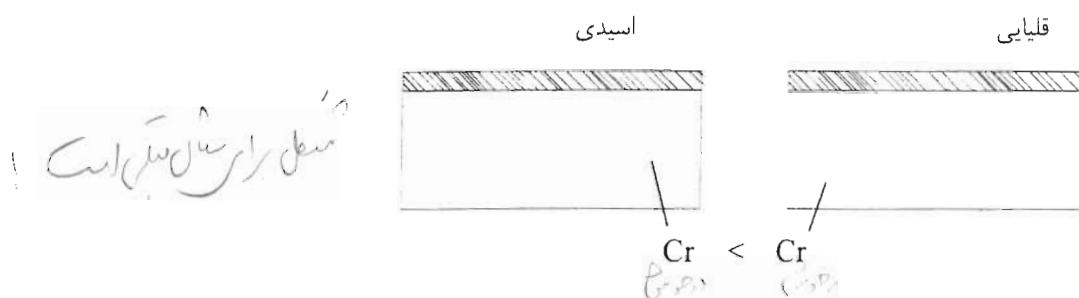
از منگنیل منگنیت است

تعادل به دست آورد:



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

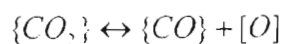
به صور کلی می‌توان گفت عناصری که دارای اکسیدهای قوی هستند به همان نسبت نیز از سولفیدهای قوی برخوردارند. اهمیت گوگرد نیز کمتر از اکسیژن نیست و در برخی موارد حتی از اکسیژن هم مهمتر می‌شود و بسیار باید به آن دقت کرد. برای مثالی دیگر دو فلز جوش را فرض کنید که در ابتدا مقدار مولیبدن موجود در هر دو صفر باشد.



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:

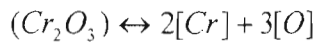


همانطور که در مباحث و جلسات قبل گفت به هیچ عنوان نمی‌توان گاز CO_2 را در جوشکاری آلومینیوم به کار برد. در توضیح باید به معادلات آنها دقت کرد. به عنوان مثال میزان اکسیژن در تعادل بودوار کمتر از اکسیژن در

نه
طرح عرضی

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 بودارد بیشتر است از میزان اکسیژن این تعادل در نتیجه این واکنش را به سمت چپ جا به جا می‌کند و آلومینیوم را اکسید می‌کند.

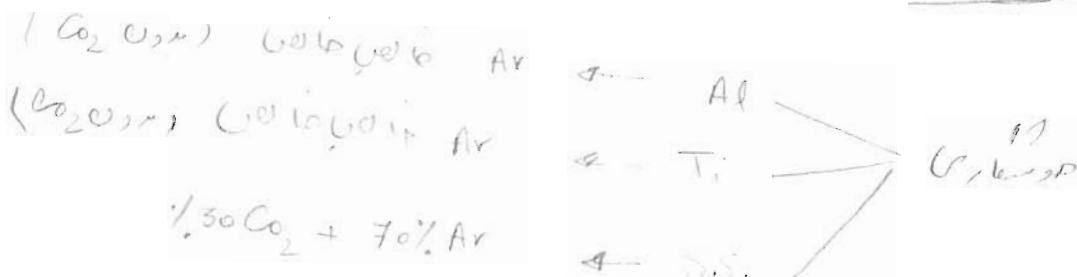
حال این موضوع را برای فولاد زنگ نزن بررسی می‌کنیم. در این مورد نمی‌توان از CO_2 به تنهایی استفاده کرد اما می‌توان از مخلوطی از $Ar - CO_2$ به نسبت ۳۰٪ - ۷۰٪ استفاده کرد. وجود این مقدار آرگون باعث رقیق‌تر شدن CO_2 و کم شدن اکتیویته و $mole\ fraction$ آن می‌شود که نمی‌تواند تولید اکسید کروم کند اما در 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 می‌شد و همچنین به دلیل *Upset* بودن فرآیند عملاً اکسیدهای ایجاد شده از داخل جوش به بیرون رانده می‌شدند. 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
بستگی

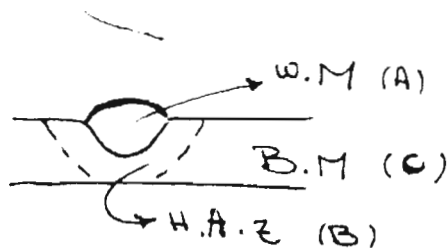
سیکل گرم و سرد شدن یا Thermal Cycle

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 هر چه زمان سرد شدن بین دو دما خاص ($\Delta t(s)$) کمتر باشد یعنی نمونه ما سریع تر سرد می شود.

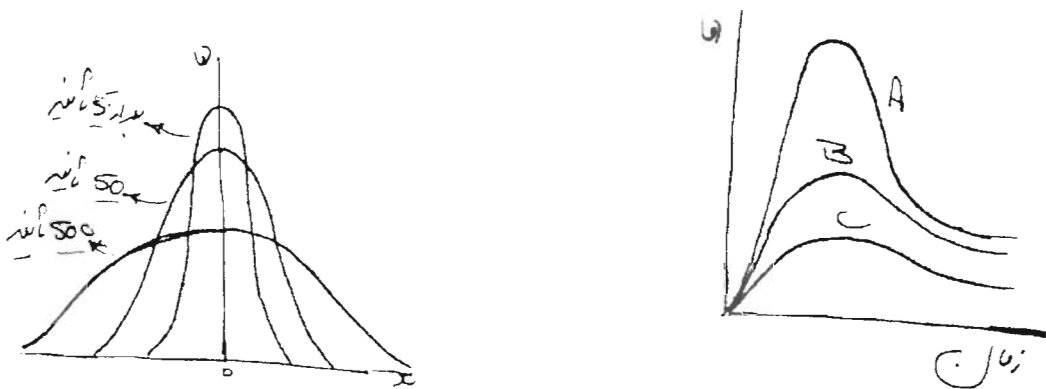
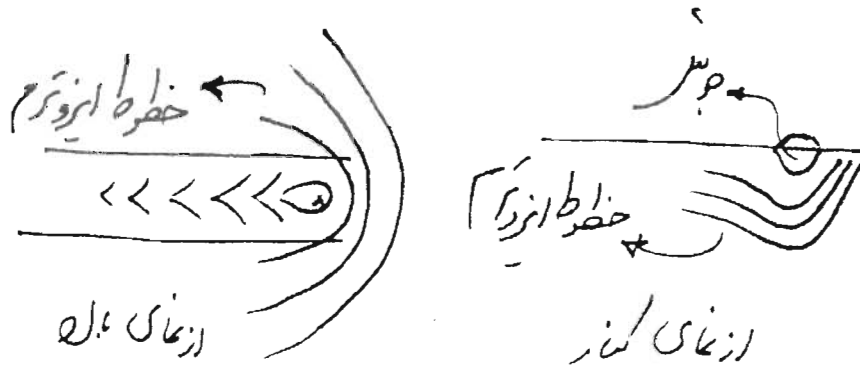
۵. دمای پایانی: دمای را دمایی بیان می کنیم که سه منطقه A و B و C هم دما شده باشند که لزوماً درجه حرارت محیط نیست. برای مثال یک قطعه بزرگ فولادی را در دمای محیط جوشکاری می کنیم در این حالت نهایتاً درجه حرارت پایانی ما ۱۰-۲۰ درجه بالا تر از درجه حرارت محیط باشد اما اگر قطعه ای ما پیش گرم شده باشد و به 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 سرد شدن

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 گرم 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 $\frac{1}{2}$ را که می‌خواهیم جوشکاری کنیم را سوراخ کنیم و در آن ترموتریه را رسم کنیم و 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

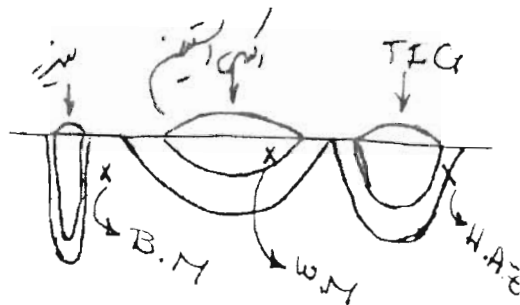
سرعت گرم و سرد شدن در دو نقطه A و B با هم متفاوت است.

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 بیشتری 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 از 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

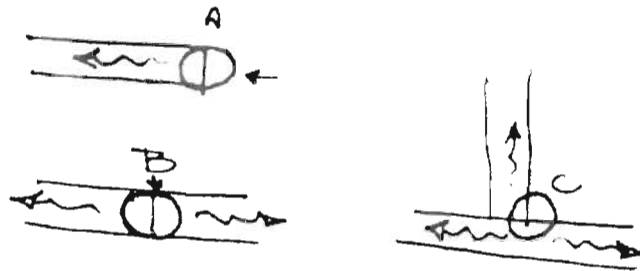
۶. دما قطعه و به طور غیر مستقیم دمای محیط: این مسئله به این معنا نیست که ضرورتاً دمای قطعه ما با دمای محیط یکی است بلکه میتواند برابر باشد یا خیر یعنی قطعه را پیش گرم می کنیم که در این حالت دیگر دمای قطعه ما با دمای محیط یکی نیست. برای بیان تاثیر این پارامتر می توان دو قطعه را در نظر گرفت که تا اینجا 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 اوقات

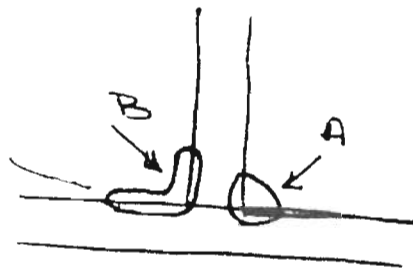
می شود. در این حالت، در علاوه بر این که ما مسئله سریع سرد شدن را داریم با مسئله زدن روغن روغن. مسئله زدن روغن یعنی رطوبتی که در دماهای بسیار پایین بر روی سطح قطعه کار که گرم است تشعشع می شود که باعث مشکلات ناشی از جذب رطوبت و هیدروژن و تردی هیدروژنی می شود. در این حالت است که نیاز به پیش گرم کردن است.

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.



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

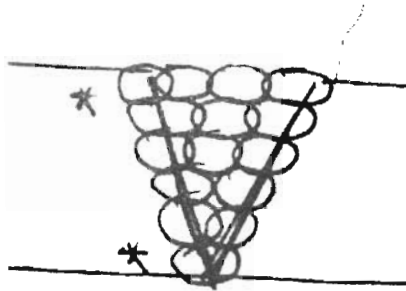
۸. شکل مقطع جوش در حجم ثابت: به راحتی با توجه به شکل می توانیم این مورد بررسی کنیم. (البته باید توجه داشت که حجم جوش برابر است) در این حالت یک نقطه در مختصات ثابت نسبت به منبع حرارتی را در نظر می گیریم در این جا هم باز سایر پارامترها را ثابت می گیریم. در این جا B سریع تر سرد می شود چون سطحی که انتقال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

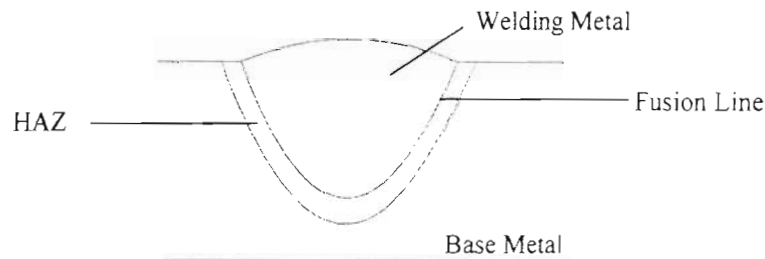
در این حالت

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:

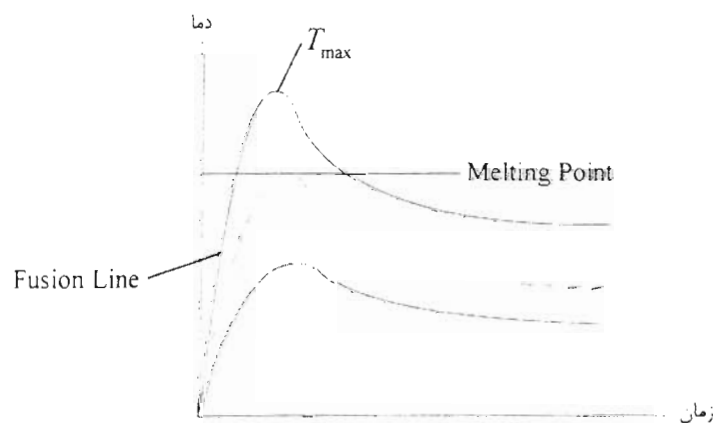
۳- تأثیرات سیکل گرم و سرد شدن بر منطقه جوش:

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.

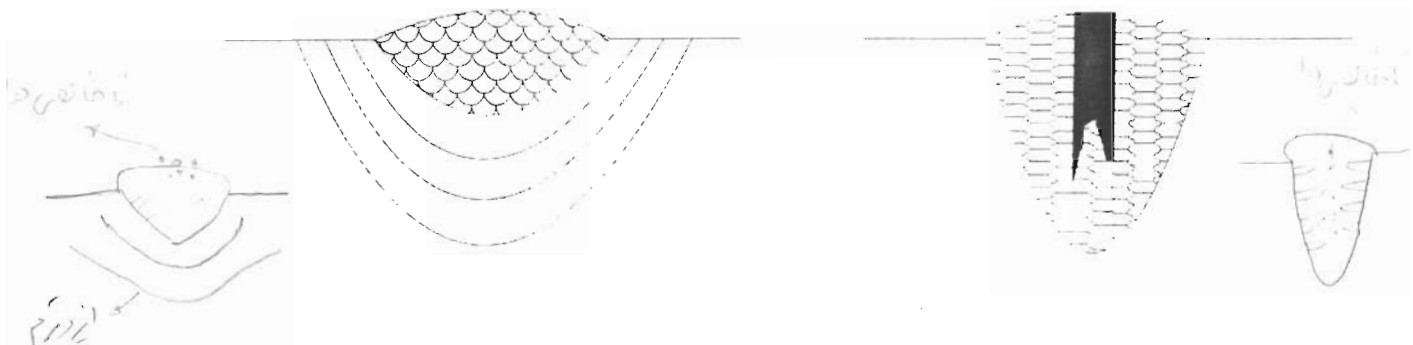


۳-۲- واکنش‌های سرباره، گاز، فلز مذاب و بقایای این واکنش‌ها:

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 دندریته‌ها 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:

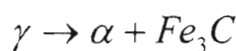
- دما: هرچه دما بالاتر باشد سرعت رشد دانه‌ها نیز بیشتر است.
- زمان: تأثیری همانند دما دارد.
- عناصری که اضافه می‌شوند و سرعت رشد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

۴-۲- تغییر فاز:

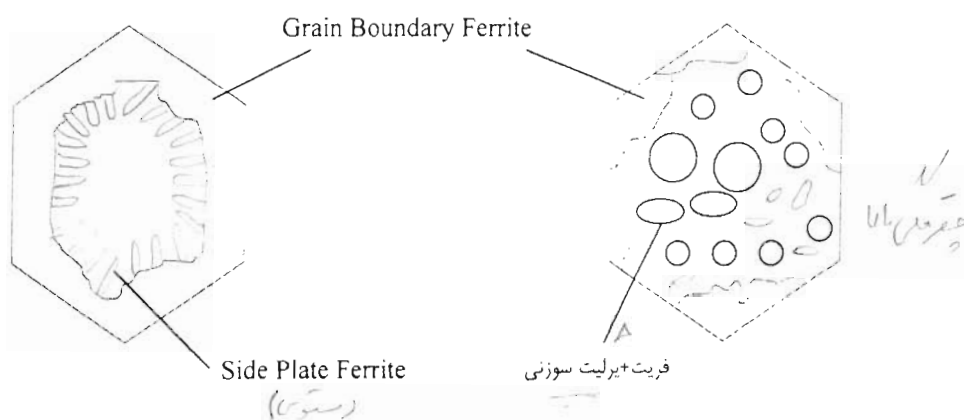
این پدیده برای برخی آلیاژها است و عمومیت ندارد. ابتدا باید دقت کرد که بحث بر روی تغییر فاز است و نه تغییر حالت یعنی بر روی دماهایی است که ساختار کریستالی تغییر می‌کند که موجب تغییر برخی خواص می‌شود. به عنوان مثال در مورد فولاد هنگامی که فولاد به صورت آستنیتی شود دیگر جذب آهنربا نمی‌شود. همچنین در مورد 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:

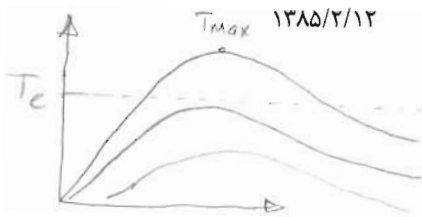


البته شکل و اندازه دانه نیز در تحول فوق می‌تواند متفاوت باشد که دو نوع آن را در زیر مشاهده می‌کنید:



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 داخل 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 می افتد 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 می آید که آیا این اتفاقات که متأثر از سیکل گرم و سرد شدن است شامل حال *Weld Metal* نیز می شود؟ پاسخ این سؤال مثبت است.

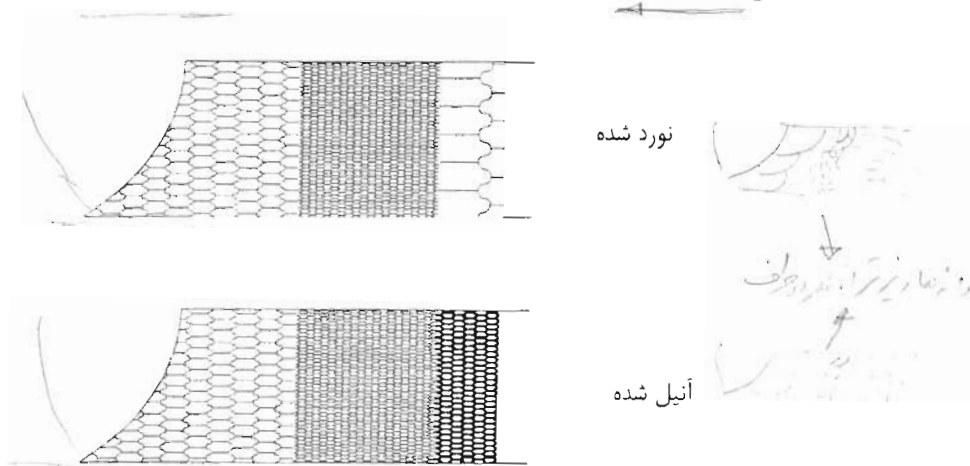
۳-۴- رسوب و جدایش ناخالصی ها یا ترکیبات بین فلزی:

یکی از مهمترین قسمت های عملیات حرارتی *Age Hardening, Solution Treatment* (سختی رسوبی) است. بدین منظور فولاد را با یک ترکیب خاص تا دمای ۸۰۰-۹۰۰ درجه می بریم و سپس آن را سرد می کنیم و مجدداً آن را در یک دمای کاملاً خاص نگاه می داریم تا یک سری ذرات ریزی در آن رسوب کنند که همان کاربرد هستند. این ذرات مانع حرکت نابجایی ها و باعث بالا رفتن استحکام می شوند. حالت دیگر *Over Aging* (پیر سختی) است که در آن عملیات سختی رسوبی را به طور کامل انجام نمی دهیم و قطعه را به مدت بیشتری در آن دما نگاه می داریم و در نتیجه این ذرات رسوب کرده به یکدیگر می پیوندند که در این صورت احتمال بالا رفتن تردی بیش از حد قطعه به میان می آید. اهمیت این بحث در اینجاست که عموماً قطعه ای 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 می دهد که برای ما مشکل ساز است. همچنین با بالا رفتن دما بحث نفوذ (*Diffusion*) به میان می آید. به عنوان مثال در مورد فولاد زنگ نزن بحث نفوذ کربن از درون دانه را به سمت مرز دانه ها داریم. در این حالت کروم نیز به دلیل میل ترکیبی زیاد آن با کربن به سمت مرز دانه کشده می شود و در نتیجه تولید کاربید کروم را در مرز دانه داریم که به این پدیده رسوب کاربید کروم می گویند که پدیده ای بسیار جدی در جوشکاری فولادهای زنگ نزن است. در این حالت چون کروم به طرف مرز دانه های کشیده شده است در اطراف مرز دانه ها فقر کروم را داریم که در نتیجه مقاومت در برابر خوردگی آن بسیار پایین می آید و خوردگی مرز دانه ای را خواهیم داشت که اگر در حین همین خوردگی یک مقدار تنش هم داشته باشیم می تواند تبدیل به *Stress Corrosion Cracking* شود. این پدیده اکثراً در اطراف جوش رخ می دهد زیرا در خود جوش ما یک سری عملیات ذوب و انجماد را داشته ایم و بحث *Age Hardening* و *Over Aging* را نخواهیم داشت.

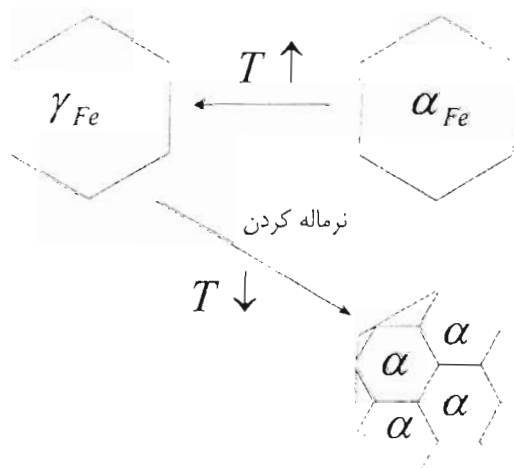
۴-۴- تبلور مجدد:

پدیده دیگری که می تواند ناشی از سیکل گرم و سرد شدن باشد تبلور مجدد است. این پدیده زمانی معنا پیدا می کند که ما بر روی قطعه کار سرد (*Work Hardening*) انجام داده باشیم. همانطور که می دانیم در حین اعمال کار سرد مانند نورد به جایی می رسیم 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 ریزتر 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

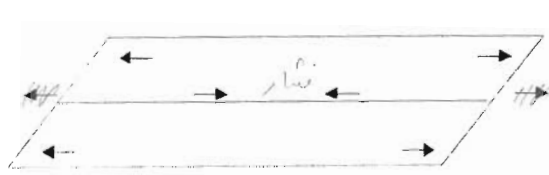
رسوب و تبلور مجدد در HAZ داریم

5- منطقه فلز پایه (Base Metal):

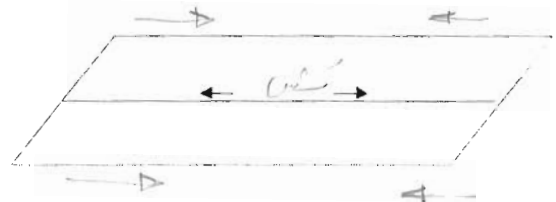
در مورد فلز پایه دو مورد باید مورد بحث قرار گیرد:

- 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 می شود 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

حرارتی - تنش گیری
مکانیکی - تنش گیری

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 مؤهعی 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 انجام پذیر 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 برطرف 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

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 عوامل 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 سازنده‌های 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 پاشش‌های 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 این‌ها می‌تواند پاشش را ایجاد کند. البته نوع جریان، برق ورودی دستگاه این‌ها 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 می‌شود 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.

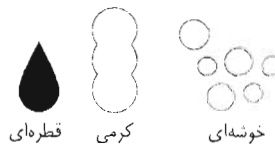
جوشکاری با گاز محافظ

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 هتروژن 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.

- 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:

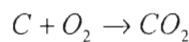
در مواردیکه تعداد و قطر این حبابها از حد مجاز بیشتر است باید این حبابها را با سنگ زدن از بین ببریم و سپس جوش را بشکافیم و مجدداً عمل جوشکاری و بازرسی را انجام دهیم.

علل به وجود آمدن تخلخل:

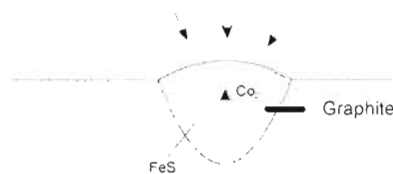
اولین سؤالی که ممکن است پیش آید این است که این تخلخلها محصول جوشکاری ذوبی است و یا خیر؟ جواب مثبت است و ما در جوشکاری حالت جامد چنین حالتی را نداریم و تنها در *Fusion Welding* این حالت را داریم.

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 شرجی 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.

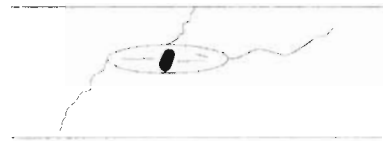


CO_2 This Gas has no effect



- 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.

دانه‌های فلزها
با این است که 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:

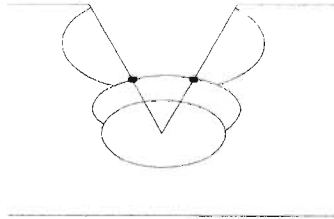
- ریز و کروی که قطر آنها در محدوده $5-50 \mu$ است.
 - تیکه‌ای و درشت: که امکان دارد ابعاد آنها به چند cm هم برسد. این آخال‌ها را در اصطلاح *Slag inclusion* و یا *Slag Interruption* می‌نامند.
- به طور معمول و در کارهای صنعتی آخال‌های ریز و کروی اهمیت چندانی ندارند و تنها در کارهای تحقیقاتی مورد توجه هستند. 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 کروی + 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.



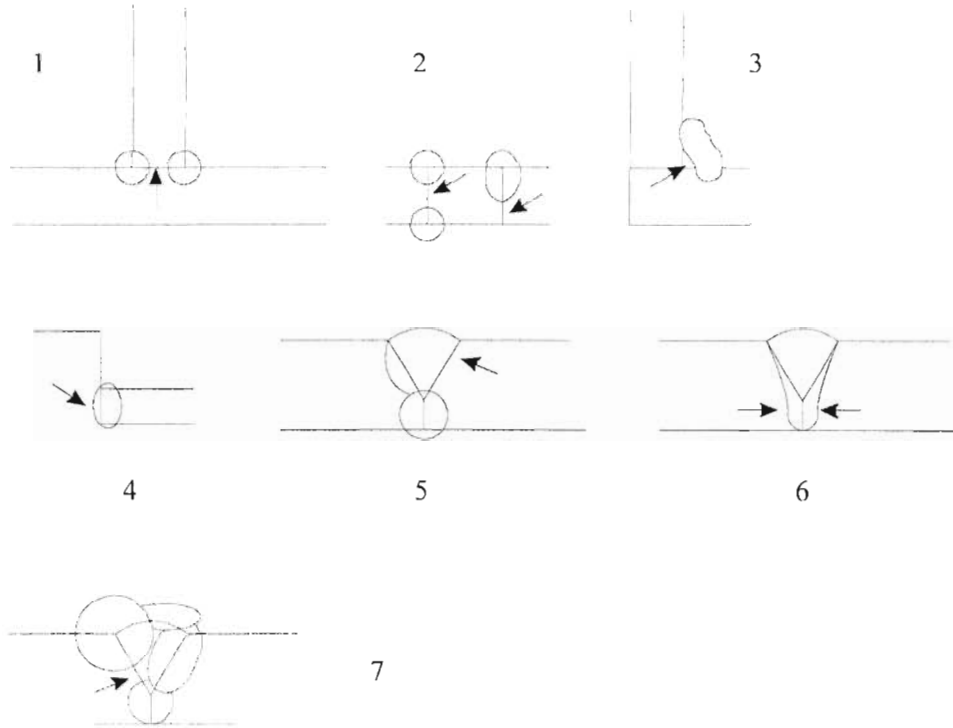
- عدم تمیز کردن لبه‌های کار قبل از جوشکاری: در بسیاری موارد ما لبه‌های جوش را با شعله بریده‌ایم. این بریدن به معنای اکسید کردن است. در حین جوشکاری امکان دارد مقداری از این اکسیدها ذوب شوند و به بیرون آیند اما بخش اعظم آنها در درون ذوب به صورت جامد باقی می‌مانند و تولید آخال می‌کنند.
- عدم مهارت جوشکار 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
تند جدا می‌شود
سخت است

پوشش الکتروود سرباره است
سرباره سفت 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) ۵- ذوب بیرون زده است ولی دیواره‌ها خوب ذوب نشده‌اند
 ۶- ذوب ناقص بین پاسی (*Side Wall Fusion*) (مجبور هستیم دوباره بشکافیم و مجدداً عمل جوش را انجام دهیم).

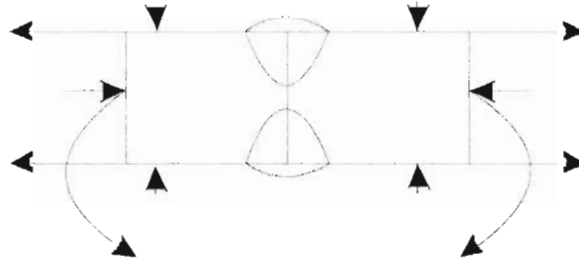
۷ نحوه تشخیص این عیوب:

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.

۷ 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.

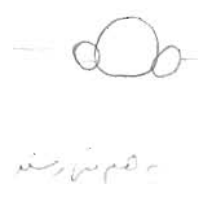
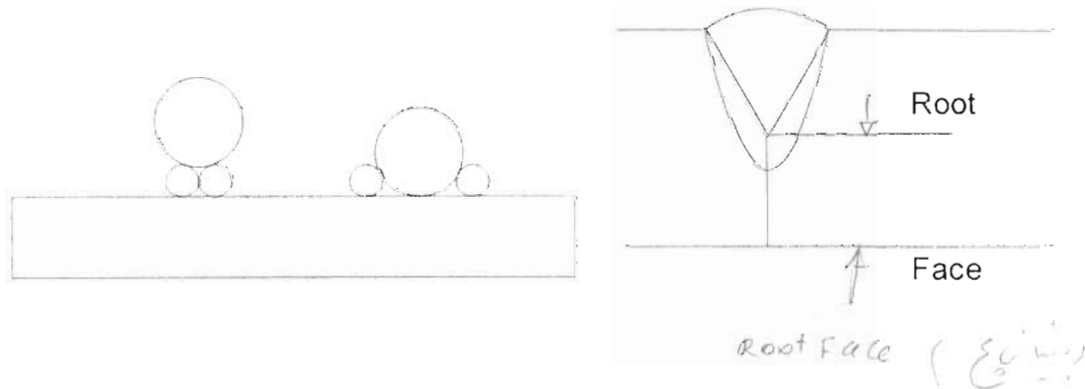


اگر این عیب در سرتاسر جوش وجود داشته باشد برای بازسازی آن مجبور هستیم کل جوش را بشکافیم و مجدداً آن را جوش دهیم. همچنین اگر جوش در یک پاس داده شده است می‌توان برای رفع آن از پشت جوش مجدداً جوشکاری کرد تا نفوذ به طور کامل انجام شود (شکل ۶) اما اگر همانند شکل ۷ در چند پاس جوشکاری را انجام داده باشیم باید کل جوش را بشکافیم و مجدداً جوش دهیم.

تیماس ← بیت راجس را هم
میدانیم ← کل جوش را بشکافیم

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.



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 الکتروود به صورت متقارن گرفته نشده است و یا الکتروود 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 الکتروود را طوری نگاه داشت که حرارت کمتری به قطعه نازک‌تر برسد.

در مورد شکل ۶ الکتروود 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 الکتروود 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 الکتروُد 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 الکتروُد 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) در این مرحله ترک‌ها بسیار کوچکتر از حد چشمی هستند

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

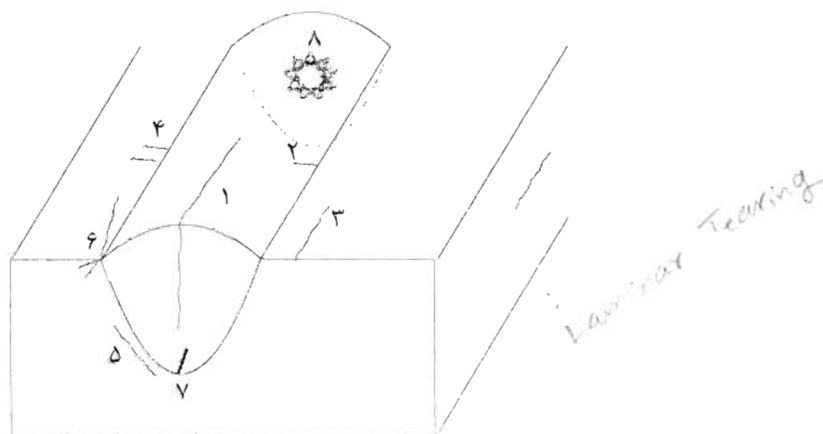
Transverse HAZ -4

Fusion Line -5

Toe -6

Root -7

Crater -8



یک حالت دیگر هم هست که جز ترکیدگی ها 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 ترکیدگی ها ترک سرد و کدام ترک گرم است؟ معمولا ترکیدگی گرم داخل جوش است و ترکیدگی سرد در H.A.Z است البته حالت های 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

Hot crack

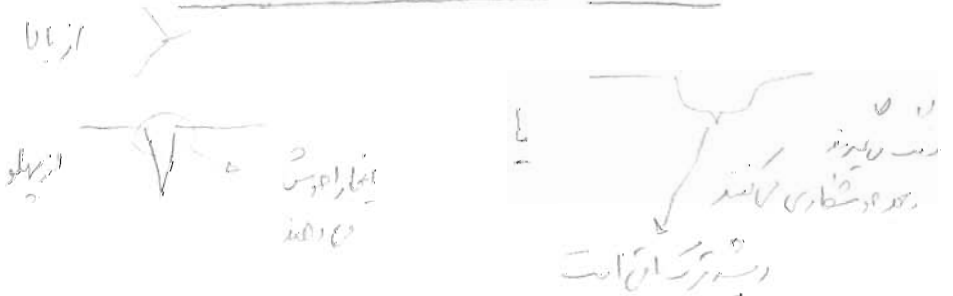
Cold crack

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.

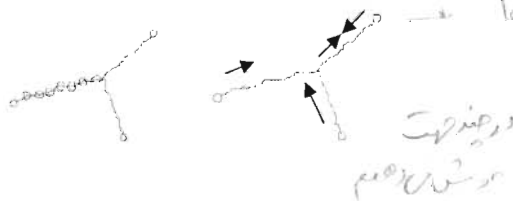
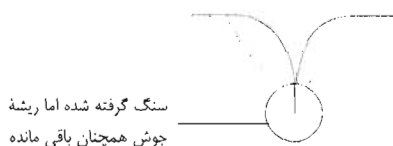
بعد از این که ماهیت عیب را بررسی کردیم نحوه تشخیص آن را بررسی می کنیم. ترکیب باز از آن دسته از عیوبی است که بسته به حساسیت کار و اهمیت قطعه روش های مختلفی را برای تشخیص آن پیشنهاد می کنند ساده ترین حالتی که می توان با آن عیوب را تشخیص داد V.T است اما در مواردی که قطعه اهمیت بیشتری دارد P.T پیشنهاد می 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.

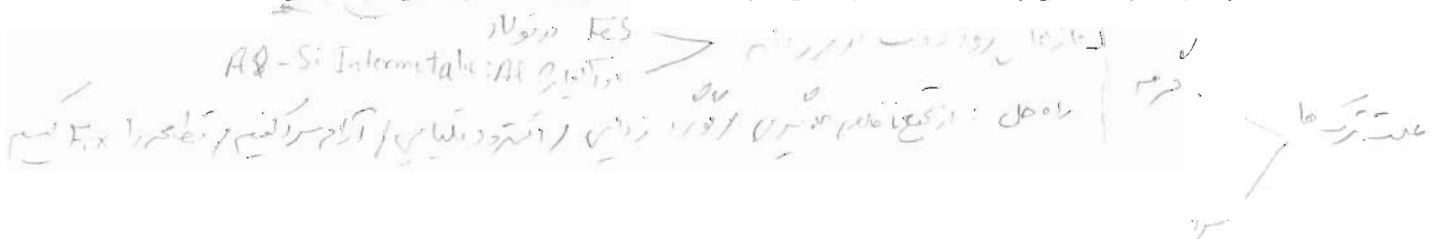
در ارتباط با تعمیر ترکیب باز نکاتی است که عموماً رعایت نمی شود. برای مثال تصور کنید که ترکی به شکل زیر داریم که دهانه آن باز شده و تا حدی هم عمق پیدا کرده است در این حالت برای باز سازی آن یا خود محدوده ترک را جوش می دهند و یا اینکه مقداری ترک را می شکافند و دیواره های آن را سنگ می زنند و بعد به ظاهر 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



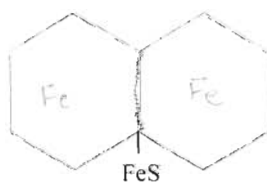
باز در انتهای عمقی که شکافتیم را تست کنیم که اگر ترک باز هم ادامه داشته باز هم شکافتن را عمیق تر کنیم و بعد زمانی که مطمئن شدیم دیگر ترکیدگی وجود ندارد شروع به جوشکاری کنیم. باید توجه داشت که با این استدلال که اگر عمق ترک ما 10cm است و نفوذ جوش ما 4cm نمی توانیم مقدار کمتری ترک را بشکافیم چون در همان پاس اول با گرم شدن و جوشکاری انتهای ترک که باقی گذاشتن 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

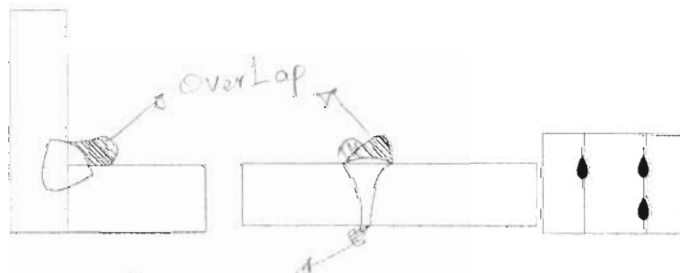


با دما های پایین سروکار داریم و در انی جا دیگر ترک در دمای پایین رخ می دهد یعنی دیگر مشکل ما در مرزدانه ها نیست بلکه از درون دانه ها شروع می شود و ما اشاعه ترک را از درون دانه داریم. در این جا به صورت کلی می توان عواملی را که باعث ترک سرد می شود را یکی تنش ها و مواضع تشدید تنش دیگری ساختار میکروسکوپی ترد و شکننده نظیر مارتنزیت پر کربن در فولاد ها و در نهایت هیدروژن نام برد. باید توجه داشت که در این جا دیگر منظور ما کل تنش ها است برای مثال در ارتباط با فولاد می توان به تنش های پس ماند اولیه، تنش های حین سرد شدن و انجماد، تنش های تغییر فاز (یعنی تنش هایی که به جسم در حین تشکیل و شکل گرفتن مارتنزیت وارد می شود) و تنش های ضمن سرویس اشاره کرد. مواضع تمرکز تنش هم مشخص است برای مثال یک گوشه تیز داشته باشد یا گرد می تواند تاثیر جداگانه ای داشته باشد که این بحث طراحی است و حتی در خیلی از موارد حتی در عملیات حرارتی هم گفته می شود اگر گوشه کار تیز باشد قطعه می شکند و باید حتما 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 می توان این گونه بیان کرد که اتم هیدروژن چون بسیار کوچک است می تواند نفوذ کند و از منطقه جوش وارد H.A.Z شود و هیدروژنی که جذب منطقه جوش می شود به دو صورت بخشی به صورت مولکول H₂ می شود و موضوع تخلخل را ایجاد می کند و بخشی از هیدروژن که به صورت اتمی است نفوذ می کند و در فضاهای باقی مانده در ساختار تجمع می کنند و در آنجا به صورت مولکولی تبدیل می شوند و مشار بسیار زیادی را به شبکه وارد می کنند که همین می تواند موجب ترکیدگی و شکست شود. بنابراین پیشنهاد یک سیکل پیش گرم و پس گرم می تواند یک راه حل بسیار جدی و مهم باشد چون آرام سرد کردن جوش هم می تواند در کمتر کردن تنش ها تاثیر داشته باشد و هم می تواند تا حدی مانع ایجاد ساختار مارتنزیتی و تنش داخلی شود و همین طور می تواند فرصتی برای خروج گاز هیدروژن از داخل شبکه شود. البته باید توجه داشت علاوه بر این که می توان 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 می تواند موثر باشد. در عین حال اگر هرگونه عاملی که هیدروژن را ایجاد می کند مثل رطوبت، چربی یا هر چیز دیگر را بر طرف کنیم می تواند از ایجاد ترکیدگی سرد جلوگیری کرد.

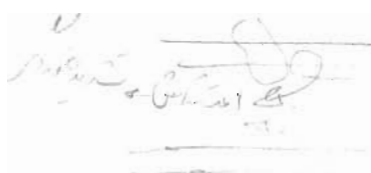
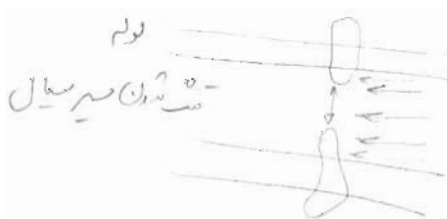


۶- پیچیدگی یا Distortion: چون این مورد به مسئله طراحی مربوط است خیلی در ارتباط با آن بحث نمی کنیم تنها این که ما نمونه را صاف کنار هم جوش می دهیم ولی بعد از کار می بینیم که قطعه ما تاب خورده است.

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 آیدن) (سرم)



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 (فرتی - 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 100000 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:

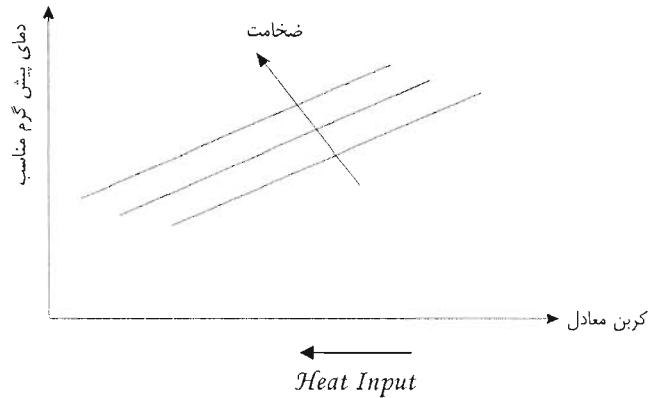
دسته اول یعنی فولادهای ساختمانی استحکام بالا قابلیت جوشکاری بسیار خوبی دارد و با اکثر فرآیندهای جوشکاری می توان آن را جوشکاری کرد اما باید توجه شود که برای جوشکاری آنها باید از الکترودهای با *Grade* بالا استفاده کرد (سری ۷۰، ۸۰ و به ندرت بالاتر از ۸۰). در هنگام جوشکاری این فولادها معمولاً نیازی به پیش 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 آنیل 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 آنها 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:

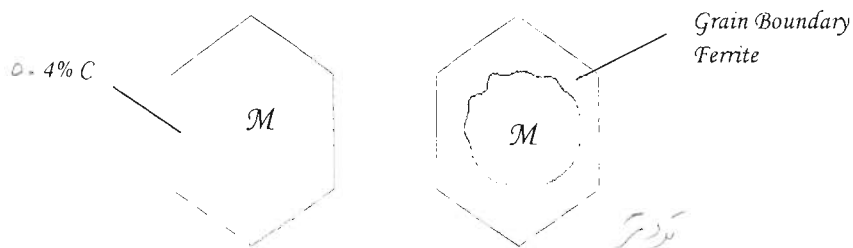
این فولادها قابلیت جوش پذیری خوبی ندارند و اگر برخی مسائل متالورژیکی را رعایت نکنیم با مشکل ترکیدگی در جوش و کنار جوش به طور جدی مواجه هستیم. درصد کربن فولاد نسبتاً بالاست و همچنین مقدار عناصر آلیاژی و این خود احتمال ترکیدگی را بسیار بالا می برد به خصوص اگر بخواهیم این فولادها را به صورت کوئنچ - تمپر 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.



مسأله 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 و *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 استنیتی 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 (۴% - ۲۶% 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 26% Cr

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 بازیسته بالا باشد مثلا اگر بازیسته 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 بازیسته $2-2.7$ 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 زیگزاگی 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

کب Had F

رست
نم ۴ رست وای

← 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 آلیاژهایی 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 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 فولادها به سختی جوشکاری می شوند و مسئله پیش گرم و پس گرم کردن بسیار اهمیت دارد و باید دقیقا کنترل شده باشد. فولادهای 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 فولادها 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 M_s قرار دهیم و بعد از سرد شدن و رسیدن به یکنواختی دما، بیاپیم 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 فولادهای 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 فولادها 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 فولادهای معمولی است و ضریب هدایت الکتریکی آنها کمتر از فولادهای 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 عموما 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 فولادها 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.

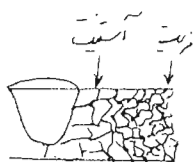
اما در ارتباط با Filler Metal یا الکتروود یا مفتول یا سیم جوش، در ارتباط با فولاد های کروم مولی بایست همان توصیه هایی که در ارتباط با فولاد های کم آلیاژی کروم مولی داشتیم را در نظر داشته باشیم و برای فلز پر کننده از فلز پر کننده مشابه با کربن کمتر و کروم بیشتر استفاده کنیم یا این که از فلز پر کننده آستنیتی 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 تنش‌ها 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 زنگ‌نزن 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.

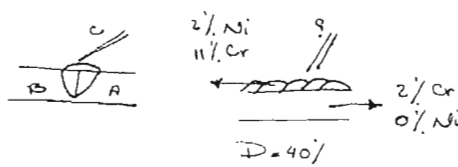
برای مثال تصور کنید یک فلز پایه یا $205\% Cr$ و $1\% Ni$ داریم و می‌خواهیم با فلزی جوشکاری کنیم که $16\% Cr$ و $8\% Ni$ دارد می‌خواهیم جوشکاری کنیم و $D=40\%$ است در این حالت ترکیب نهایی فلز جوش را می‌توانیم بدست آوریم:

$$0.4 \times 2.5 + 0.6 \times 16 = 10.6 \Rightarrow \%Cr = 10.6$$

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:

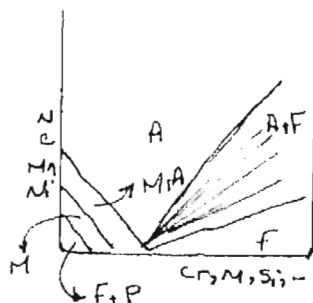


$$0.4 \times 2 + 0.6 \times x = 11 \Rightarrow x = \frac{10.2}{0.6} \Rightarrow \%Cr = 17$$

$$0.4 \times 0 + 0.6 \times y = 2 \Rightarrow y = \frac{2}{0.6} \Rightarrow \%Ni = 3.33$$

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 N, C, Mn, Ni 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

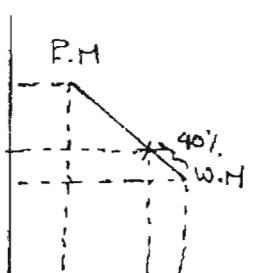
که آیا با این عیب ما روبه‌رو هستیم یا نه و عملیاتی را در نظر بگیریم که این خطر را برای ما کاهش دهد یا اینکه به نوعی ترکیب فلز جوش را اگر در توان ما هست تغییر دهیم.



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 بینابین 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 است یعنی در پاس دوم ما 16% از قطعه کار ذوب می‌شود یعنی برای پاس دوم 16% Dilution 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 منگنزی یا آستنیت منگنزی 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 10% 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 ما 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 (سمتیت

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.

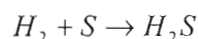
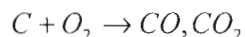
در مقابل دو محدودیت جدی برای چدن‌ها وجود دارد یکی بحث Form ability است همان‌طور که می‌دانیم چدن را تنها با روش ریخته‌گری یا ماشین کاری می‌توانیم بدست آوریم. برای مثال برای چدن سفید ما فرم پذیری حتی کمتر از 1% را داریم برای چدن خاکستری با توجه به زمینه امکان دارد تا 6-7% هم فرم‌پذیری را داشته باشیم اما 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 اصلاً نمی‌توانیم جوشکاری کنیم برخی دیگر هم تنها تحت شرایطی می‌توانیم آنها را جوشکاری کنیم. برای مثال بهتر است که چدن‌های سفید و آلیاژی را اصلاً 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 حتماً 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.

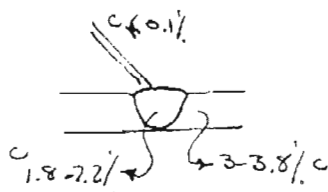
تخلخل در فلز جوش در چدن‌ها: اکثر چدن‌هایی که ما بر روی آنها جوشکاری انجام می‌دهیم دارای کربن آزاد یا گرافیت هستند. از طرفی خود گرافیت پوک و تو خالی است و خیلی منسجم و فشرده نیست و از طرف دیگر چربی و رطوبتی که در روی سطح است می‌تواند جذب گرافیت شود و بین کربن و اکسیژن داخل خود چدن یا اکسیژنی که از هوا وارد می‌شود و یا حتی از اکسیژنی که از اکسیدهای ناپایدار راه می‌شود (مثل اکسید سیلیسیوم) واکنش صورت گیرد و CO_2 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 H_2 را هم می‌تواند ایجاد کند به دو دلیل اول اینکه خود H_2 در چدن ایجاد تخلخل کند و هم این که با گوگردی که در چدن‌ها عموماً وجود دارد واکنش دهد و تولید H_2S 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

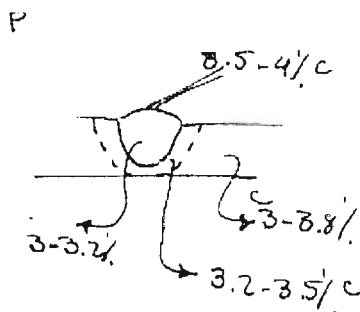
می‌کنیم این مورد را در پوشش الکتروود پیش بینی می‌کنند که مقداری کربن در آن وجود داشته باشد که این کربنی که در پوشش الکتروود است در هنگام تشکیل قوس می‌سوزد و یک محیط احیایی هم در اطراف قوس ایجاد می‌کند که این محیط احیایی خود امکان ورود اکسیژن به داخل قوس را کمتر می‌کند. برای همین است که بیان می‌شود حتی 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.



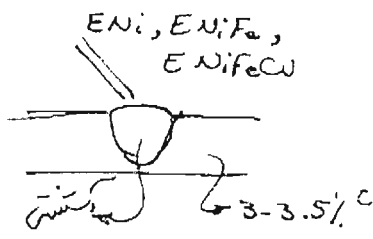
در مقابل راه هایی که برای بر طرف کردن این مورد، اول این که ما می توانیم بر روی ترکیب فلز جوش از روی انتخاب فلز پر کننده مناسب، میزان رقت و کنترل سیکل گرم و سرد شدن تغییر دهیم. برای مثال در ارتباط با فلز پرکننده، ما به عنوان فلز پر کننده می توانیم از فلز پرکننده پایه آهنی ساده استفاده کنیم اگر D را بتوانیم 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 فرایندهایی 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 برنج سرد شده است با این روش می توانیم در این روش هم استفاده کنیم
 صورت دیگر روش استیلن



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 الکتروود نیکلی استفاده کنیم بدون این که آن را پیش گرم کنیم و با الکتروود 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 آرام‌تر 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 اکستروود 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.