

<https://telegram.me/omranihayesharif>

اصول بازرسی چشمی

مقدمه :

در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات، از آزمون چشمی به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی، استفاده می شود. اگر آزمون چشمی بطور مناسب اعمال شود، ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد. بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی، بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات مابعد ساخت بکار گرفته شود.

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

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

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

قبل از جوشکاری:

قبل از جوشکاری، یک سری موارد نیاز به توجه بازرس چشمی دارد که شامل زیر است:

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

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

نقاط نگهداری :

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

روشهای جوشکاری :

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

مواد پایه:

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

مونتاز اتصالات :

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

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

۸. پیش گرم کردن (Preheat)

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

حین جوشکاری:

در حین جوشکاری، چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتاً جوش رضایتبخشی حاصل شود. آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد. این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد. بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد:

(۱) کیفیت پاس ریشه جوش (bead weld root)

(۲) آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

(۳) پیش گرمی و دماهای میان پاسی

(۴) توالی پاسهای جوش

(۵) لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم

(۶) تمیز نمودن بین پاسها

(۷) پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد.

پاس ریشه جوش:

شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد... در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند. بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد. وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید. این مساله معمولاً شامل جداسازی سرباره (slag) و دیگر بی نظمی ها توسط تراشه برداری (chipping)، رویه برداری حرارتی (thermal gouging یا سنگ زنی grinding)) می باشد. وقتی که عملیات جداسازی کاملاً انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است. این کار به خاطر این است که از جدا شدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود. اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

پیش گرمی و دماهای بین پاس:

پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند. محدودیت ها اغلب بعنوان می نیم، ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند. همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش، توالی و جای تک تک پاسها اهمیت دارد. بازرسی باید از اندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی (shrinkage) سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد. بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

آزمایش بین لایه ای :

برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری، بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاسها بخوبی تمیز شده اند یا نه؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد. بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی، آورده شده اند. در این گونه موارد، بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساسا برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد.

بعد از جوشکاری :

بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود. به هر حال اگر همه مراحل که قبلا شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد. از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل که قبلا طی شده و نیچتا جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

- (۱) ظاهر جوش بوجود آمده
- (۲) اندازه جوش بوجود آمده
- (۳) طول جوش
- (۴) صحت ابعادی
- (۵) میزان تغییر شکل
- (۶) عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود. بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد. بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

ناپیوستگی ها :

بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوشها یافت می شوند عبارتند از:

(۱) تخلخل

- (۲) ذوب ناقص
- (۳) نفوذ ناقص در درز
- (۴) پریدگی (سوختگی) کناره جوش
- (۵) رویهم افتادگی
- (۶) ترکها
- (۷) ناخالصی های سرباره
- (۸) گرده جوش اضافی (بیش از حد)

در حالی که ملزومات کد امکان دارد مقادیر محدودی از بعضی از این ناپیوستگی ها را تایید نماید ولی عیوب ترک و ذوب ناقص هرگز پذیرفته نمی شود.

برای سازه هایی که تحت بار خستگی و یا سیکلی (Cyclic) می باشند، خطر این ناپیوستگی های سطحی افزایش می یابد. در اینگونه شرایط، بازرسی چشمی سطوح، پر اهمیت ترین بازرسی است که می توان انجام داد.

وجود سوختگی کناره (Undercut)، رویهم افتادگی (Overlap) و کنتور نامناسب سبب افزایش تنش می شود؛ بار خستگی می تواند سبب شکستهای ناگهانی شود که از این تغییر حالتی که بطور طبیعی روی می دهد، زیاد می شود. به همین خاطر است که بسیاری اوقات کنتور مناسب یک جوش می تواند بسیار با اهمیت تر از اندازه واقعی جوش باشد، زیرا جوشی که مقداری از اندازه واقعی کمتر باشد، بدون ناخالصی ها و نامنظمی های درشت، می تواند بسیار رضایت بخش تر از جوشی باشد که اندازه کافی ولی کنتور ضعیفی داشته باشد.

برای تعیین اینکه مطابق استاندارد بوده است، بازرس باید کنترل کند که آیا همه جوشها طبق ملزومات طراحی از لحاظ اندازه و محل (موقعیت) صحیح می باشند یا نه؟ اندازه جوش گوشه ای (Fillet) بوسیله یکی از چندین نوع سنجه های جوش برای تعیین بسیار دقیق و صحیح اندازه تعیین می شود. در مورد جوشهای شیار (Groove) باید از لحاظ گرده جوش مناسب دو طرف درز را اندازه گیری کرد. بعضی از شرایط ممکن است نیاز به ساخت سنجه های جوش خاص داشته باشند.

عملیات حرارتی بعد از جوشکاری :

به لحاظ اندازه، شکل، یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود. این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما) در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن، صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود. حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس، ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد. بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند. بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی تقریباً 1100°F تا 1200°F (590°C تا 650°C) درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرما داده می شود.

بعد از نگهداری در این دما به مدت یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه، قطعات جوش خورده تا دمای حدود 600°F (315°C) درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود. بازرس در تمام این مدت مسئولیت نظارت بر انجام کار را دارد تا از صحت کار انجام شده و تطابق با ملزومات روش کار اطمینان حاصل نماید.

آزمایش ابعاد پایانی :

اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشد. اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود، ممکن است غیر قابل استفاده شود اگرچه جوش دارای کیفیت کافی باشد.

حرارت جوشکاری، فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد. بنابراین، آزمایش ابعادی بعد از جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده مورد نظر مورد نیاز واقع شود.

عیوب جوشکاری مقدمه چون مواد و فلزات تشکیل دهنده و جوش دهنده و گیرنده از لحاظ متالورژیکی بایستی دارای خصوصیات مناسب باشند، بنابراین جوشکاری از لحاظ متالورژیکی بایستی مورد توجه قرار گیرد که آیا قابلیت متالورژی و فیزیکی جوشکاری دو قطعه مشخص است؟ پس از قابلیت متالورژی، آیا قطعه ای را که ایجاد می کنیم، از لحاظ مکانیکی قابل کاربرد و سالم است؟ آیا می توانیم امکانات و وسائل برای نیازها و شرایط مخصوص این جوشکاری، مثلاً گاز و دستگاه را ایجاد نمائیم و بر فرض، ایجاد نیرو در درجه حرارت بالا یا ضربه زدن در درجه حرارت پایین ممکن باشد؟ زیرا استانداردهای مکانیکی و مهندسی و صنعتی جوشکاری باید در تمام این موارد رعایت شود تا جوش بدون شکستگی و تخلخل و یا نفوذ سرباره و غیره انجام گیرد. تکرار می شود در جوشکاری تخصصی و اصولاً تمام انواع جوش، قابلیت جوش خوردن فلزات را باید دقیقاً دانست. در مورد مواد واسطه و الکتروود و پودر جوش، باید دقت کافی نمود. محیط لازم قبل و در حین جوشکاری و پس از جوشکاری را مثلاً در مورد چدن، باید بوجود آورد. گازهای دستگاههای مناسب و انتخاب فلزات مناسب از لحاظ ذوب در کوره ذوب آهن و بعد در حین جوشکاری از لحاظ جلوگیری از صدمه گاز - آتش و مشعل و برق و هوای محیط و وضعیت جسمانی و زندگی جوشکار، خود نکات اساسی دیگر هستند که مشکلات جوشکاری می باشند. روی هم افتادگی (انباشتگی جوش در کناره ها overlap or over - roll) نقصی در کنار یا ریشه جوش که به علت جاری شدن فلز بر روی سطح فلز پایه ایجاد می شود بدون اینکه ذوب و جوش خوردن با آن ایجاد شود. علت ۱. سرطان حرکت کمتر از حالت نرمال یا طبیعی ۲. زاویه نادرست الکتروود ۳. استفاده از الکتروود با قطر بالا ۴. آمپراژ خیلی کم نتیجه عوامل فوق کاری مانند بریدگی کناره دارد و یک منطقه تمرکز تنش از فلز جوش ترکیب نشده ایجاد می کند. سوختگی یا بریدگی کناره جوش Undercut شیار در کنار یا لبه جوش که بر سطح جوش و یا بر فلز جوشی که قبلاً را سبب شده است قرار دارد. علت ۱. آمپر زیاد ۲. طول قوس زیاد ۳. حرکت موجی زیاد الکتروود ۴. سرعت بسیار زیاد حرکت جوشکاری ۵. زاویه الکتروود خیلی به سطح اتصال متمایل بوده است. ۶. سرباره با ویسکوزیته زیاد نتیجه عوامل فوق موجب یک منطقه تمرکز و یک منطقه مستعد برای ایجاد ترک خستگی می شود. آخالهای سرباره Slag inclusion به هر ماده غیر فلزی که در یک اتصال جوش بوجود می آید آخالهای سرباره می گویند؛ این آخالها می توانند در رسوب جوش نقاط ضعیفی ایجاد کنند. علت ۱. پاک نشدن مناسب سرباره از پاسهای قبلی ۲. آمپراژ ناکافی ۳. زاویه یا اندازه الکتروود نادرست ۴. آماده سازی غلط نتیجه آخالهای سرباره استحکام سطح مقطع جوش را کاهش می دهند و یک منطقه مستعد ترک ایجاد می کنند. ذوب ناقص L.O.F Lack of fusion عدم اتصال بین فلز جوش و فلز پایه یا بین پاسهای جوش علت ۱. استفاده از الکتروودهای کوچک برای فولاد ضخیم و سرد ۲. آمپراژ ناکافی ۳. زاویه الکتروود نامناسب ۴. رعت حرکت بسیار زیاد ۵. سطح کثیف (پوسته نورد، لکه، روغن و ...) نتیجه اتصال جوش را ضعیف می ماند و به یک منطقه مستعد ایجاد خستگی تبدیل می شود. تخلخل Porosity تخلخل سوارخ یا حفره ای است که به صورت داخلی یا خارجی در جوش دیده می شود. تخلخل می تواند از الکتروود مرطوب، الکتروود روکش شکسته یا از ناخالصی روی فلز پایه ایجاد شود. همچنین به نامهای (مک لوله ای)، (مک سطحی) و (سوراخهای کرمی) نیز شناخته می شود. سایر علتها ۱. سطح فلز پایه آلوده مثل آلودگیهای روغن، غبار، لکه یا زنگار ۲. مرطوب بودن روکش الکتروود ۳. محافظت گازی ناکافی قوس ۴.

فلزات پایه با مقادیر بالای گوگرد و فسفر نتیجه به شدت استحکام اتصال جوش شده را کاهش می‌دهد. تخلخل سطحی به اتمسفر خورنده اجازه می‌دهد که فلز جوش را مورد حمله قرار دهد و موجب نقص در آن شود. همراهی نبودن اتصال جوش Join misalignment این مشکل معمولاً همراهی و همسطح نبودن قطعاتی که به هم جوش می‌شوند نامیده می‌شوند. عدم همراهی یک مشکل معمول در آماده سازی روشهای لب به لب است و هنگامی ایجاد می‌شود که صفحات ریشه و صفحات اتصال از فلز پایه در محل درست خود برای جوشکاری قرار نگرفته‌اند. علت ۱. مونتاژ نادرست قطعاتی که باید جوش شوند. ۲. خال جوشهای ناکافی که می‌شکند یا بست زدن ناکافی که موجب حرکت می‌شود. نتیجه همراهی بودن جدی است، زیرا نقص در ذوب لبه ریشه موجب ایجاد مناطق تمرکز تنش می‌شود در سرویس دهی موجب شکست خستگی زود رس اتصال می‌شود. نفوذ ناقص L.O.P Lack of penetration عدم نفوذ کامل فلز جوش به ریشه اتصال علت ۱. آمپر بسیار پائین ۲. فاصله ریشه ناکافی ۳. استفاده از الکتروود با قطر بالا ۴. سرعت حرکت زیاد نتیجه سرعت جوش را ضعیف می‌کند و به مستعد ایجاد خستگی تبدیل می‌شود. ترک جوش Weld cracking انواع مختلفی از عدم اتصال ممکن است در جوش یا مناطقی که تحت تأثیر حرارت قرار می‌گیرند، رخ دهد. جوشها ممکن است دارای تخلخل، آخالهای سرباره یا انواع ترکها باشند. تخلخل و آخالهای سرباره شاید در جوش تا حدی قابل قبول باشد اما ترکها در جوش هرگز قابل قبول نمی‌باشند. وجود ترک در جوش یا در مجاورت جوش نشانگر این مسئله می‌باشد که حتماً مشکلی در حین کار وجود داشته است. بررسی دقیق ترکها، تعیین علت ایجاد آنها و نیز راههای جلوگیری از آنها را برای ما امکان پذیر می‌سازد. در ابتدا ما باید به این مسئله توجه داشته باشیم که بین ترک و شکست تفاوت قائل شویم. منظور ما از ترک، پدیده‌ای است که در اثر عواملی مانند انجماد، سرد شدن و تنشهای داخلی که به علت انقباض جوش می‌باشد ایجاد می‌گردد. ترکهای گرم، ترکهایی می‌باشند که در دماهای بالا رخ می‌دهند و معمولاً به انجماد ربط دارند. ترکهای سرد ترکهایی هستند که بعد از اینکه جوش به دمای اطاق رسید، رخ دهد و ممکن است حتی به HAZ رابط داشته باشد. بیشتر ترکها در اثر تنشهای فیزیکی انقباض که معمولاً با کشیدن یا تغییر شکل جسم همراهی باشد در هنگام سرد شدن جوش رخ می‌دهد، ایجاد می‌شوند، اگر انقباض محدود شود، این تنشهای فیزیکی کرنشی، تنش داخلی پسماند را بوجود می‌آورند که این تنشهای پسماند منجر به ایجاد ترک می‌شوند. در واقع دو نیروی مخالف وجود دارد: ۱. تنش که بوسیله انقباض ایجاد می‌شود. ۲. استحکام و سختی فلز پایه تنشهای ناشی از انقباض با افزایش حجم فلزی که تحت انقباض قرار گرفته است، افزایش می‌یابد. جوشهایی در ابعاد بزرگ و فرآیندهایی با نفوذ زیاد کرنشهای انقباضی را افزایش می‌دهند. تنشهایی که در اثر کرنشهای انقباضی ایجاد می‌شود با افزایش استحکام فلز پر کننده و فلز پایه افزایش می‌یابد. همچنین وقتی که استحکام تسلیم افزایش باید تنش پسماند نیز افزایش می‌یابد. ۱. ضرورت جوشکاری ۲. پیشگرم ۳. دمای بین پالسی ۴. عملیات حرارتی پس از جوش ۵. طراحی اتصال ۶. روشهای جوشکاری ۷. مواد پر کننده ترک به صورت خط مرکزی ترک به صورت خط مرکزی در مرکز یک پاس جوش معین قرار دارد. اگر انتهایی کپاس جوش داشته باشیم و اینپالیدر مرکز اتصال باشد آنگاه این ترک مرکزی در مرکز اتصال نیز رار خواهد داشت. در مورد پاس های چند تایی که چندین پاس در هر لایه وجود دارد ترک مرکزی از نظر هندسیب ممکن است در مرکز اتصال قرار نداشته باشد. از چه اغلب دیده می‌شود که در مرکز اتصال قرار دارد. علت ترک مرکزی یکی از سه پدیده زیر می‌باشد: ۱. ترکی که ناشی از جدایش و تفکیک باشد. ۲. ترکی که مربوط به شکل گرده جوش می‌باشد. ۳. ترکی که مربوط به تغییرات سطحی می‌باشد. متأسفانه تمام سه پدیده فوق خودشان را در قالب یک نوع آشکار می‌کنند و تشخیص دادن ترک مشکل می‌باشد. علاوه بر این، تجربه‌ها نشان داده‌اند که اغلب ۲ یا

حتی ۳ پدیده فوق با یکدیگر برهمکنش داده و در ایجاد ترک مؤثرند. در واقع درک مکانیسم اصلی هر یک از انواع ترکهای مرکزی به ما کمک می کنند تا به دنبال راه حلی برای از بین بردن ترک باشیم. ترک مرکزی ناشی از جدایش این ترکها وقتی رخ می دهد که ترکیباتی با نقطه ذوب پایین نظیر فسفر، روی، مس و گوگرد در نقاط خاصی در حین فرآیند سرد شدن جدایش یابند. در حین فرآیند انجماد، ترکیباتی با نقطه ذوب پایین در فلز مذاب به نواحی مرکزی اتصال رانده می شود چون آنها تا آخرین ترکیباتی هستند که شروع به انجماد می کنند و جوش در این نواحی تمایل به تفکیک و جدایش می یابد. در جوشکاری می توان از الکترودهایی با مقادیر بالای منگنز استفاده تا بتوانیم بر تشکیل سولفید آهن با نقطه ذوب پایین غلبه کنیم. متأسفانه این مفهوم نمی تواند برای مواد غیر فرار دیگری بجز گوگرد بکار رود. ترک مرکزی ناشی از شکل گرفته جوش نوع دوم ترک مرکزی، ترک ایجاد شده در اثر شکل پالس جوش می باشد، این ترک در فرآیندهایی که همراه با نفوذ عمیق می باشند نظیر فرآیند SAW، FCAW تحت محافظ CO₂ دیده می شود. وقتی که یک پالس جوشکاری دارای عمق بیشتری نسبت به هضم آن جوش (در نمای سطح مقطع) باشد. برای رفع این نوع ترک، پالسهای جوش باید دارای عرضی حداقل برابر با عمق باشد. توصیه می شود که نسبت پهنای جوش به عمق آن برابر با ۱ به ۱/۱۴ باشد تا این نوع ترک رفع شود. اگر از پالسهای چندتایی استفاده شود هر پاس دارای پهنای نبت به عمق آن باشد، یک جوش فاقد ترک خواهیم داشت. وقتی که یک ترک مرکزی بخار شکل پاس تحت بررسی است، تنها راه حل این است که نسبت پهنای جوش به عمق آنرا تغییر دهیم. این موضوع شاید در برگیرنده آن باشد که تغییری در طراحی اتصالات داشته باشیم. از آنجایی که عمق جوش تابعی از نفوذ می باشد شاید مفید باشد که مقدار نفوذ را کاهش دهیم بدین منظور می توانیم از آمپرهای پایینتر و الکترودهایی با قطرهای بالاتر استفاده کنیم. راهکارهای فوق دانسته جریان را کاهش می دهد و مقدار نفوذ را محدود می کند. ترک مرکزی ناشی از شرایط سطحی جوش آخرین مکانیسمی که سبب ایجاد ترک مرکزی می باشد تغییر شرایط سطحی می باشد. وقتی جوشهایی با سطح مقعر ایجاد می شود تنشهای ناشی از انقباضهای داخلی موجب می شود که سطح جوش کشیده شود. برعکس وقتی که سطح جوش محدب باشد نیروی ناشی از انقباضهای درونی موجب می شود که سطح جوش فشرده می شود. سطح جوش مقعر، اغلب ناشی از ولتاژهای بالای قوس می باشد. کمی کاهش در ولتاژ قوس موجب می شود که گرده جوش به حالت محدب تغییر شکل دهد و تمایل به ترک حذف گردد. سرعتهای حرکت بالا نیز ممکن است به این موضوع کمک کند و کاهش در سرعت حرکت جوشکاری، مقدار پراکندگی توسط جوش را افزایش می دهد و سطح جوش به صورت محدب تغییر حالت می دهد. جوشکاری در حالت قائم سر پایین باعث ایجاد این نوع ترک می شود. جوشکاری در حالت قائم رو به بالا می تواند از بروز این نوع ترک جلوگیری نماید. ترک منطقه متأثر از جوش ترک منطقه متأثر از جوش (HAZ) بوسیله جدایشی که بلافاصله مجاور گرده جوش رخ می دهد مشخص می شود، اگر چه این نوع ترک مربوط به فرآیند جوشکاری می باشد با این حال ترکی است که در روی پایه رخ می دهد نه درخود جوش. این ترک به نام تک مجاور جوش، ترک گوشه ای یا ترک تأخیری نیز نامیده می شود. چون این ترک بعد از اینکه فولاد در دمای f ۴۰۰° انجماد یافته است رخ می دهد ترک انجمادی نیز نامیده می شود و چون با هیدروژن نیز همراه می باشد ترک همراه با هیدروژن نیز نامیده می شود. برای اینکه ترک HAZ رخ دهد سه شرط باید بطور همزمان برقرار باشد: ۱. باید مقدار کافی هیدروژن وجود داشته باشد. ۲. جوش باید به حد کافی نفوذ پذیر باشد. ۳. باید به حد کافی تنشهای داخلی یا پسماند وجود داشته باشد. حذف یکی از سه شرط فوق معمولاً باعث می شود که این نوع ترک از بین برود. در جوشکاری، یک راه برای حذف این نوع ترک این است که دو یا سه متغیر (مقدار جوش نفوذ پذیر جوش) را محدود کنیم. هیدروژن از منابع مختلفی

می‌تواند وارد جوش شد. رطوبت و ترکیبات آلی منابع اصلی هیدروژن در جوش می‌باشند. هیدروژن می‌تواند در فولاد ، الکتروود ، ترکیبات روپوش الکتروود و در آتمسفر وجود داشته باشد. ترک عرضی ترک عرضی ترک متقاطع نیز نامیده می‌شود. ترکی است که در جهت عمود بر طول جوش ایجاد می‌شود. این نوع ترک از انواعی است که اغلب در جوشکاری با آن مواجه می‌شویم و معمولاً جوشی که دارای استحکام بالاتری در مقایسه با فلز پایه می‌باشد دیده می‌شود. این نوع ترک می‌تواند همراه با هیدروژن نیز باشد و کل ترک منطقه متأثر از جوش HAZ که پیشتر شرح داده شد ناشی از مقدار بالای هیدروژن ، تنشهای پسماند و ریز ساختارهای حساس می‌باشد. فرق عمده بین این دو ترک این می‌باشد که ترک عرضی در فلز جوش نتیجه تنش پسماند طولی می‌باشد. چنانچه پاس جوشکاری بصورت طولی انقباض یابد، فلز پایه در مقابل این نیرو مقاومت می‌کند و در واقع دچار تراکم و فشردگی می‌شود. استحکام بالای فلز پایه‌ای که در مجاورت جوش می‌باشد در برابر فشردگی ناشی از انقباض جوش مقاومت می‌کند و در واقع فشردگی جوش را محدود می‌کند. بخاطر ممانعتی که فلز پایه به عمل می‌آورد، تنشهای طولی در جوش گسترش می‌یابد. وقتی با ترکهای عرضی مواجه می‌شویم باید سطح هیدروژن و شرایط نگهداری الکتروودها را مد نظر داشته باشیم. در مورد ترک عرضی ، کاهش استحکام فلز جوش معمولاً یکی از راهکارهای حذف این نوع ترک می‌باشد. تأکید زیادی بر روی فلز جوش وجود دارد چون فلز پر کننده به تنهایی ممکن است جوشی رسوب دهد که دارای استحکام پایینی باشد و نیز تحت شرایط عادی فلزی نرم باشد. البته با تأثیر عناصر آلیاژی استحکام جوش بالا می‌رود و از نرمی آن کاسته می‌شود. استفاده از جوشهایی با استحکام پایینیتر ، یک راه حل مؤثر در کاهش ترک عرضی مؤثر می‌باشد، البته به شریطی که استحکام جوش با استانداردهای تعریف شده مطابقت داشته باشد. پیچیدگی پیچیدگی یا اعوجاج تا حدی در تمام انواع جوشکاری وجود دارد، در بسیاری موارد آنقدر کوچک است که به سختی قابل رؤیت است، ولی در بعضی موارد باید پیش از جوشکاری به اعوجاجی که متعاقباً ایجاد می‌شود توجه کرد. مطالعه و بررسی اعوجاج بسیار پیچیده است و آنچه در ادامه آمده خلاصه است: علل اعوجاج هنگامی که فلز تحت بار ، کرنش می‌کند یا حرکت می‌کند و تغییر شکل می‌دهد: تحت بار گذاری ضعیف فلزات بصورت الاستیک باقی می‌مانند) . به شکل اصلی خود باز می‌گردند یا پس از اینکه بار برداشته شد شکل می‌گیرند) که این تحت عنوان محدوده الاستیک شناخته می‌شود. تحت بار خیلی زیاد ، فلزات تا حدی تحت تنش قرار می‌گیرند که دیگر به شکل اول خود باز نمی‌گردند یا شکل نمی‌گیرند و این نقطه (نقطه تسلیم) نامیده می‌شود (تنش تسلیم). فلزات با حرارت دیدن انبساط می‌یابند و وقتی سرد می‌شوند منقبض می‌شوند، فلزات در حین جوشکاری گرم و سرد می‌شوند که موجب تنشهای بالای ناگهانی و اعوجاج می‌شوند. اگر این تنشهای زیاد از محدوده الاستیک بگذرند و از نقطه تسلیم نیز رد شوند، برخی پیچیدگیهای دائمی در فلز پدید می‌آید، تنش فلز در دمای بالا کاهش می‌یابد. اعوجاج اثر ناخواسته انبساط و انقباض فلز حرارت دیده است. انواع پیچیدگی سه نوع اصلی پیچیدگی وجود دارد: ۱. زاویه‌ای ۲. طولی ۳. عرضی کنترل پیچیدگی می‌تواند در سه مرحله انجام گیرد: * قبل از جوشکاری * حین جوشکاری * بعد از جوشکاری کنترل پیچیدگی قبل از جوشکاری توسط روشهای زیر انجام می‌شود: ۱. خال جوش زدن ۲. گیره ، بست و نگهدارنده ۳. پیشگرم کامل و سرتاسری ۴. مونتاژ اولیه مناسب کنترل اعوجاج پس از جوشکاری: ۱. سرد کردن آرام ۲. صافکاری شعله‌ای (حرارت دهی معکوس) ۳. آنیل کردن ۴. تنش زدایی ۵. نرمال کردن ۶. صافکاری مکانیکی در سازه‌های فلزی ساختمان معمولاً روشهای ۱ و ۲ بیشتر اعمال می‌گردد و سایر روشها در کارهای صنعتی بیشتر کاربرد دارند. آنیل کردن یک پروسه عملیات حرارت است که برای نرم کردن فلزات جهت کل سرد یا ماشین کاری بکار می‌رود، قطعه یا کار نهائی معمولاً در کوره تا دمای بحرانی (برای فولاد با ۰.۵۲٪ کربن حدود C° ۸۲۰ - ۷۲۳)

حرارت داده می‌شود و سپس به آرامی سرد می‌شود. تنش زدائی حرارت دهی یکنواخت قطعات جوش شده تا دمایی زیر دمای بحرانی است که با سرد کردن آرام دنبال می‌شود، این پروسه نقطه تسلیم فلز را کاهش می‌دهد، لذا تنشهای باقی مانده در قطعه کاهش می‌یابد. نرمال کردن پروسه‌ای برای ریز کردن ساختار دانه‌ای فلز است که موجب بهبود مقاومت آن در برابر شوک و خستگی می‌شود. در نرمال کردن قطعات جوش شده تا بالای دمای بحرانی ($^{\circ}\text{C}$) ۸۲۰ برای فولاد با کربن ۰.۲۵٪ (تقریباً یک ساعت برای هر ۲۵ mm ضخامت حرارت می‌بیند و سپس در هوا سرد می‌شود) مستقیم کاری).