

جوشکاری سازه های فولادی

مصطفی رئوفی - دانشگاه سمنان

Mostafa.raofi@yahoo.com

چکیده :

تحلیل علمی و فنی جوشکاری با تکیه بر فرآیندهای مختلف آن به ویژه در مورد قطعات مربوط به سازه های فولادی یکی از مسائل اصلی است که در راستای بهسازی و مقاوم سازی سازه های فولادی اجتناب ناپذیر می باشد. این امر بخصوص در جوشکاری قطعات فلزی که معمولاً احتمال ایجاد ناپیوستگی و ترک چه در محل خود جوش و چه در ناحیه متأثر از جوش (HAZ) وجود دارد. جوشها ممکن است دچار تخلخل (آخالهای سرباره) و منافذ یا انواع ترکهایی شوند که از سرباره (گل جوش) به وجود آمده اند. تخلخل و آخالهای سرباره شاید در جوش تا حدی قابل قبول باشد، اما ترکها در جوش هرگز قابل قبول نمی باشند. وجود ترک در جوش یا در مجاورت جوش دلالت بر مشکلاتی در فرآیند جوشکاری دارد. با آنالیز دقیق ترکها و مشخصه های آن میتوان علت ایجاد و روشهای بر طرف کردن آن را مشخص کرد این مقاله به بررسی اشکال مختلفی از ترکها پرداخته و در نهایت برخی از راهکار های جلوگیری از وقوع ترکهای احتمالی را با انجام آزمایشهایی بیان می نماید.

واژه های کلیدی : انواع ترکها، منطقه متأثر از جوش، پیچیدگی، آزمایشهای جوش

منطقه متأثر از جوش چیست؟

Heat-Affected Zone (HAZ)

بخشی از فلز پایه که ذوب نشده، اما رنگ آن بر اثر گرمای ناشی از جوشکاری یا برشکاری تغییر کرده است. معمولاً استحکام فلز در منطقه متأثر از حرارت به واسطه تغییرات در خواص مکانیکی و ریز ساختارهای متالورژیکی کاهش می یابد. منطقه مذکور را اغلب با چشم غیر مسلح می توان دید.

منظور از ترک چیست؟

در ابتدا لازم است تصریح شود "ترک" (Crack) یا شکست (Failure) یا خرابی متفاوت است منظور از ترک، پدیده ای است که در اثر عواملی مانند انجماد، سرد شدن و تنش های ناشی از جوشکاری ایجاد شده است. ترکهای جوشکاری در زمان تولید محصول ایجاد می شوند ترکهای گرم گروهی از ترکیدگیها هستند که معمولاً در درجه حرارتهای بالا، ضمن انجماد اتفاق می افتد و پیشرفت آن از مرز دانه ها بوده و ناشی از ضعف در مرز دانه ها است. ترکهای سرد بعد از سرد شدن قطعه کار و رسیدن آن به دمای محیط ایجاد می شوند ممکن است حتی به (HAZ) ربط داشته باشد. هیچکدام از دو نوع ترک فوق به بار و شرایط کاری قطعه ارتباطی ندارند.

علت اساسی ایجاد ترکها :

اغلب ترکها در اثر کرنشهای ناشی از انقباض قطعه کار ایجاد می شوند اگر انقباض در شرایط مطلوب و کنترل شده ای انجام نشود کرنش های ایجاد شده در محل جوش تنش های پسماند تولید می کنند که منجر به ایجاد ترک می شوند در محل جوش دو نیروی مخالف هم وجود دارند:

1- نیروهای ناشی از ایجاد تنش های پسماند بعد از انقباض محل جوشکاری

2- نیروهای محیطی ناشی از صلبیت قطعه کار و محل های اطراف ناحیه جوش (HAZ)

نیروهای انقباضی با افزایش حجم فلزی که دچار انقباض می شود افزایش می یابند. با افزایش اندازه و عمق جوش (نفوذ جوش) کرنش های انقباضی نیز افزایش می یابند. هر چه استحکام فلز جوش (Filler) و فلز پایه (قطعه کار) بالاتر باشد تنش های ناشی از این کرنش ها بیشتر خواهد بود نتیجه احتمال وجود ترک بیشتر است. هر چه مقدار تنش تسلیم بیشتر باشد اندازه تنش های پس ماند بیشتر خواهد بود. در شرایط خاص ممکن است برای جلوگیری از ایجاد و گسترش ترک تمهیدات خاصی اعمال شود:

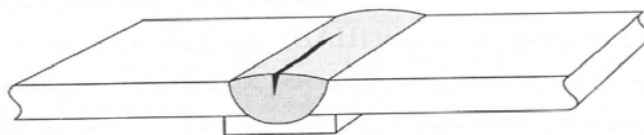
1- ضرورت جوشکاری 2- پیشگرم 3- دمای بین پالسی 5- طراحی نوع اتصال 6- نوع پروسه جوشکاری و فلز جوش 7- مواد پر کننده

همچنین در مواردی ممکن است به علت وجود قید و بند زیادی، عملیات چکش کاری و ضربه زنی برای تنش زدایی واز بین بردن تنش های پسماند استفاده شود.

انواع ترکها:

ترک در خط میانی (ترک میانی):

ترک در خط میانی جوش به صورت جدایش در مرکز یک پاس جوش یا خط جوش مشخص می شود. اگر جوش طوری طراحی شود که در امتداد خط مرکزی اتصال انجام شود، اغلب این جوشها به صورت یک راه یا یک پاس طراحی می شوند، ترک در خط میانی دقیقاً در مرکز اتصال رخ می دهد. ممکن است در مرکز هندسی اتصال (لبه های جوش) واقع نشود بلکه در اکثر موارد با وجود چند پاسه بودن باز هم ترک در مرکز اتصال واقع می شود.



شکل 1: ترک میانی

کارشناس مهندسی مکانیک - کارشناس پژوهشی دانشگاه سمنان

1 علت ترک میانی یکی از سه عامل زیر می باشد :

- ترکی که ناشی از جدایش فلز جوش باشد.

2- ترکی که مربوط به شکل خاص خط جوش باشد.

3- ترکی که مربوط به نوع پروفیل سطح جوش باشد.

هر سه پدیده فوق منجر به ایجاد ترکهایی با شکل یکسان می شوند و اغلب تشخیص علت ترک در این نوع ترکها مشکل است اغلب تجربه نشان داده است حداقل دو یا حتی هر سه عامل فوق در ایجاد ترک موثرند . درک صحیح مکانیزم اصلی هر یک از این عوامل ایجاد ترک در خط میانی می تواند ما را در دستیابی به راه حل و بر طرف کردن ترک یاری کند.

1- ترک میانی ناشی از جدایش فلز جوش :

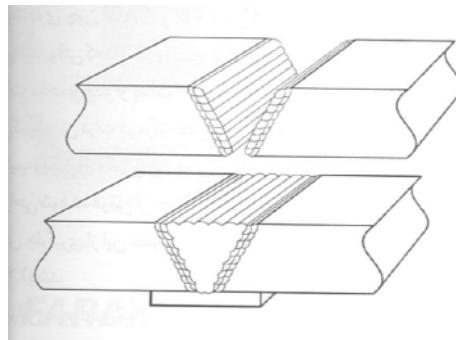
این عامل هنگامی اتفاق می افتد که عناصر با نقطه ذوب پایین نظیر فسفر ، روی ، مس و سولفور در مخلوط (مذاب) جوش باشند و این عناصر در زمان انجماد به طور جداگانه و با فاصله زمانی از همدیگر منجمد شوند . عناصر با دمای ذوب پایین در زمان انجماد مذاب به مرکز اتصال رانده می شوند . با سرد شدن مذاب عناصر با دمای ذوب پایین ، در داخل مواد دیگر محبوس می شوند و با انجماد آنها ازدیاد حجم حاصل شده و ترک ایجاد می شود .

راه حل :

در این نوع ترک های مرکزی چندین راه حل می توان در نظر گرفت . از آنجاییکه آلودگی معمولاً در فلز پایه وجود دارد به عنوان یک راه حل جهت جلوگیری از ایجاد ترک می توان حضور مواد مذکور را در مذاب جوش محدود کرد . برای این منظور می توان عمق (نفوذ) جوش را محدود کرد در بعضی موارد ممکن است احتیاج به طراحی مجدد داشته اتصال و مقاومت آن داشته باشیم . برای جلوگیری از نفوذ بیش از حد جوش می توان شدت جریان الکتریک در زمان جوش را کاهش داد .

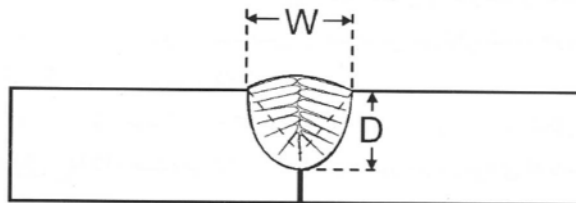
با اعمال روش جوش چند مرحله ای (آسترکشی) می توان از دخالت و حضور اجزا و مواردی که باعث آلودگی فلز جوش می شوند جلوگیری کرد . در این نوع جوشکاری از تکنولوژی جوشکاری قوسی با فلز حفاظت شده می توان بهره گرفت .

در مورد سولفور (گوگرد) میتوان به این صورت عمل کرد که با افزودن منگنز در محل جوش سولفید منگنز (Mns) تشکیل شود .



شکل 2: لایه های آسترکشی

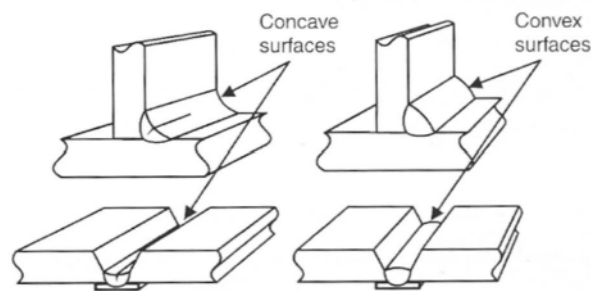
نوع دوم ترک هایی که در خط مرکزی جوش اتفاق می افتند به دلیل شکل خاص جوش ایجاد می شوند در اینجا میزان عمق جوش از عوامل تعیین کننده است و در روش های جوشکاری چون CO_2 و ... این نوع ترکها بیشتر اتفاق می افتد وقتی که در سطح مقطع جوش عمق جوش از عرض آن بیشتر باشد ، ذرات منجمد شده از مذاب جوش به صورت عمود بر سطح فلز پایه شکل می گیرند . این ذرات در مرکز خط جوش با همدیگر تقاطع دارند . اما با همدیگر ترکیب نمی شوند برای اصلاح این شرایط هر پاس جوش باید طوری طراحی شود که عرض آن حداقل کمتر از عمق آن نباشد . بنابراین در مواردی که طراحی جوش به نحوی است که عمق آن نسبت به عرض آن بیشتر است می توان پروسه جوشکاری را با تفکیک به چند پروسه مجزا به صورت چند پاسه انجام داد به این ترتیب در همه پاس ها عرض جوش بیشتر از عمق آن است ولی در جوش کلی حاصله مقدار عمق نسبت به عرض بیشتر است در حالی که هیچگونه ترکی نخواهیم داشت .



شکل 3: ترکهایی که به دلیل شکل خاص جوش ایجاد می گردند

در مواقعی که عمق جوش از عرض جوش بیشتر باشد به منظور جلوگیری از ایجاد ترک ناچاراً طراحی جوش تغییر می کند. از آنجا که عمق جوش تابعی از نفوذ آن است در صورتیکه مقدار نفوذ جوش کاهش یابد می توان از آمپر کمتری جهت جوشکاری و الکترودی با قطر بیشتر استفاده کرد. راهکار های فوق باعث کاهش دانسیته جریان و محدود شدن مقدار نفوذ جوش می شود.

سومین مکانیزمی که باعث ایجاد ترک مرکزی می شود مربوط به پروفیل سطح جوش است. هنگامی که سطح جوش به شکل مقعر باشد تنش های انقباضی در داخل جوش سطح خارجی جوش را به حالت کشش در می آورد. بر عکس وقتی سطح جوش محدب است نیروهای انقباضی داخلی سطح خارجی جوش را به داخل می کشند.

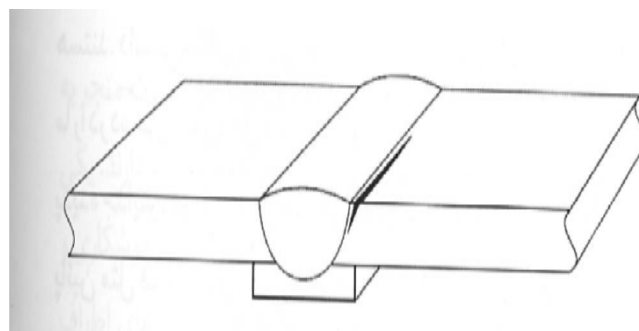


شکل 4: ترک های ناشی از پروفیل سطحی جوش

اغلب جوش های با سطح مقعر نتیجه جوشکاری با ولتاژ بالا هستند. با کاهش جزیی در ولتاژ جوشکاری پروفیل سطح جوش تغییر انحنای داده و به حالت محدب در می آید و از ایجاد ترک جلوگیری می کند. همچنین بالا بودن سرعت حرکت الکتروود می تواند باعث تقعر سطح جوش شود با کاستن از سرعت حرکت الکتروود می توان مقدار مذاب مصرف شده در واحد طول را افزایش داده، سطح جوش را به حالت محدب در آورد. در جوشکاری عمودی پایین رو (سرازیر) سطح جوش تمایل به مقعر شدن و احتمال تولید جوشی با ترک سطحی وجود دارد. در جوشکاری عمودی سر بالا این امر اصلاح شده و بر عکس منجر به تولید سطح جوش محدب می شود.

ترک در ناحیه متأثر از جوش:

ترک های متأثر از ناحیه جوش (Haz) اغلب به دلیل جدایش سریع و ناگهانی ماده فلز پایه در نزدیکی خط جوش ایجاد می شوند. این نوع ترک در فلز پایه ایجاد شده نه در خود جوش، این نوع ترک همچنین به عناوینی همچون «ترکهای زیر جوشی»، «ترک پنجه ای یا گوشه ای» یا «ترک تاخیری» معروفند. از آنجا که این ترک ها بعد از سرد شدن جوش و منطقه اطراف آن تا حدود 400F (204C) اتفاق می افتند، می توان آنها را ترکهای سرد نیز نامید. همچنین از آنجا که همراه با هیدروژن هستند آنها را تقویت شده به وسیله هیدروژن (Hydrogen Assisted Cracking) می نامند.



شکل 5: ترک های ایجاد شده در ناحیه اطراف جوش

برای اینکه ترک در ناحیه اطراف جوش رخ دهد سه شرط باید به طور همزمان برقرار باشد:

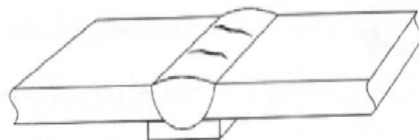
- 1- باید مقدار کافی هیدروژن وجود داشته باشد
- 2- مقدار کافی ماده حساس وجود داشته باشد، بعبارت دیگر جوش به حد کافی نفوذ پذیر باشد.
- 3- به حد کافی تنشهای داخلی یا پسماند وجود داشته باشد.

کاستن مقداری از شروط فوق تا حد مناسب از ایجاد ترک های منطقه جوش جلوگیری خواهد کرد در دستور العمل های جوشکاری اغلب توصیه می شود دو تا از سه شرط فوق کنترل شود . یکی سطح هیدروژن موجود در حین جوشکاری و دیگری حساسیت مواد موجود در جوشکاری می باشند . هیدروژن به طریق مختلفی می تواند می تواند وارد شود . رطوبت و موجودات ارگانیک اولین منابع هیدروژن هستند . رطوبت ممکن است بر روی قطعه کار ، الکتروود ، مواد محافظ و در هوای اطراف وجود داشته باشد . اجزا گل جوش ، چه در خارج الکتروود و چه در هسته داخلی می توانند در شرایطی که در نگهداری و حمل و نقل آنها دقت کافی صورت نگرفته باشد حاوی مقادیری رطوبت باشند . به منظور محدود کردن مقادیر هیدروژن در عملیات جوشکاری، مواد مصرفی در جوشکاری و سطوح جوشکاری باید به طور کامل تمیز و به دور از رطوبت نگهداری شوند .

دومین شرط ضروری برای ترک خوردن ناحیه اطراف جوش ایجاد منطقه ای حساس از لحاظ میکروسکوپی است . با گرم شدن منطقه اطراف جوش و قرار گرفتن در معرض گرمای بالا جوش ، سطوح بطور آبی دچار دگرگونی ساختار میکروسکوپی می شوند .

ترک های عرضی :

ترک های عرضی ترکهایی هستند که در جهت عمود بر مسیر حرکت الکتروود ظاهر می شوند (شکل 6) . این نوع ترکها جزء نادرترین نوع ترکها هستند و عموماً در مواردی که فلز جوش دارای استحکام بسیار بالا است اتفاق می افتند . این نوع ترک ها نیز در اثر دخالت هیدروژن تقویت می شوند ، و همانند ترک های منطقه اطراف جوش (Haz) نشان دهنده وجود هیدروژن ، تنش های پسماند و میکروساختار حساس هستند . اولین تفاوت این نوع ترک با ترکهای (Haz) اینست که ترکهای عرضی در روی فلز جوش و در اثر تنشهای پسماند طولی ایجاد می شوند. با انقباض طولی فلز جوش ، فلز پایه مجاورت جوش با این نیرو مخالفت کرده ، منجر به ایجاد تنش های فشاری می شود . مقاومت فلز پایه باعث محدود شدن انقباض ماده جوش می شود و در نتیجه در فلز جوش در جهت طولی تنشهایی ایجاد می شود که باعث ایجاد ترکهایی در جهت عرضی می شوند . برای جلوگیری از ایجاد ترکهای عرضی شرایط ذخیره و نگهداری الکتروود ها باید به شدت بررسی شود تا از وجود هر گونه رطوبتی در حین جوشکاری جلوگیری شود . در غیر اینصورت استفاده از الکتروودی با فلز جوش ضعیف تر (استحکام کمتر) می تواند کارگشا باشد .



شکل 6: ترک های عرضی

پیچیدگی:

پیچیدگی یا اعوجاج تا حدی در تمام انواع جوشکاری وجود دارد ، در بسیاری موارد آنقدر کوچک است که به سختی قابل رویت است ، ولی در بعضی موارد باید پیش از جوشکاری به اعوجاجی که متعاقباً ایجاد می شود توجه کرد . علل اعوجاج هنگامی که فلز تحت بار ، تحت کرنش قرار می گیرد و تغییر شکل می دهد ، فلزات تحت بارگذاری ضعیف به صورت الاستیک باقی می مانند که تحت عنوان محدوده الاستیک شناخته می شوند . گاهی اوقات فلزات تحت بار خیلی زیاد ، تحت تنش قرار می گیرند که به شکل اولیه خود باز نمی گردند که این نقطه، نقطه تسلیم و به تنش در این نقطه نیز تنش تسلیم می گویند .

فلزات در حین جوشکاری در اثر حرارت و سرما دچار انبساط و انقباض می شوند موجب ایجاد تنشهای بالا ناگهانی و اعوجاج می شوند . در صورتیکه این تنشهای زیاد از محدوده الاستیک بگذرند از نقطه تسلیم نیز رد شوند ، برخی پیچیدگی های دائمی در فلز پدید می آید، و در نهایت تنش فلز در دمای بالا کاهش می یابد . در اینصورت اعوجاج اثر ناخواسته انبساط و انقباض فلز حرارت دیده است .

انواع پیچیدگی:

سه نوع اصلی پیچیدگی وجود دارد:

1- زاویه ای 2- طولی 3- عرضی

کنترل پیچیدگی می تواند در سه مرحله انجام گیرد:

1- قبل از جوشکاری 2- حین جوشکاری 3- بعد از جوشکاری

کنترل پیچیدگی قبل از جوشکاری توسط روشهای زیر انجام می شود :

1- خال جوش زدن 2- استفاده از گیره ، بست و نگهدارنده 3- پیشگرم کامل و سرتاسری 4- مونتاژ اولیه مناسب

کنترل اعوجاج پس از جوشکاری:

1- سرد کردن آرام 2- صافکاری شعله ای (حرارت دهی معکوس) 3- آبیل کردن 4- تنش زدایی 5- نرمال کردن 6- صافکاری مکانیکی

در سازه های فلزی ساختمان معمولاً روشهای 1 و 2 بیشتر اعمال می گردند سایر روشها در کارهای صنعتی بیشتر کاربرد دارند.

آزمایشهای جوش:

ارزیابی جوشکار:

آزمونی که صلاحیت جوشکار را برای اجرای ضوابط آیین نامه ای تایید می کند ، آزمایش تشخیص صلاحیت یا ارزیابی جوشکاری یا آزمون کیفیت اجرا خوانده می شود. این ارزیابی جهت تشخیص دانش و مهارت لازم در به کارگیری دستور العمل های جوشکاری در رابطه با رده بندی جوشکار به کار گرفته می شود . ارزیابی جوشکار ممکن است با تجهیزات جوشکاری دستی و یا با تجهیزات جوشکاری تمام اتوماتیک انجام شود.

اتصالات جوش داده شده در یک اسکلت یا سازه باید قابلیت تحمل تنش های ساده یا مرکبی که بر روی آنها بصورت استاتیکی یا دینامیکی اعمال می شود را داشته باشند. طراحی و محاسبات جوشها نیز بر اساس این شرایط انجام می گیرد. اما چون نمی توان قضاوت کیفی جوش را تنها بر اساس ظاهر آن گذاشت لازم است وضعیت جوش را تجزیه و تحلیل نمود.

روشهای آزمایشی که کیفیت یک جوش را تعیین می کند، در سه طبقه بندی وسیع قرار می گیرد:

1-آزمایش های غیر مخرب

2-آزمایش های مخرب

3-بازرسی عینی

1-آزمایش های غیر مخرب:

هدف از این آزمایش ها، بازرسی و تشخیص عیوب مختلف جوش (سطحی و عمقی) و تایید آن می باشد، بدون اینکه قطعه جوش داده شده غیر قابل استفاده شود. اگر آزمایش نشان دهد که محلی از جوش معیوب است می توان از طرفین محل مذکور به اندازه لازم برداشته و با جوش مجدد اتصال کاملی را به دست آورد.

آزمون ذرات مغناطیسی :

آزمون ذرات مغناطیسی یکی از آسانترین آزمایش های غیر مخرب جوشکاری است. این روش جوش را برای معایبی از قبیل ترکهای سطحی، ذوب ناقص، تخلخل، بریدگی کنار جوش، نفوذ ناقص ریشه جوش و اختلاط سر باره کنترل می کند. این آزمایش محل ترکهای داخلی و سطحی بسیار ریز را برای رویت با چشم غیر مسلح آشکار می کند. قطعه مورد آزمایش با استفاده از جریان الکتریکی، با قرار دادن آن در داخل یک سیم پیچ مغناطیسی می گردد. سطح مغناطیسی شده قطعه با لایه نازکی از یک گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز پوشیده می شود و این لایه گرد مانند، در صورت وجود یک عیب سطحی یا داخلی در درون حفره یا ترک مربوط فرو می رود.

بازرسی با مواد نافذ :

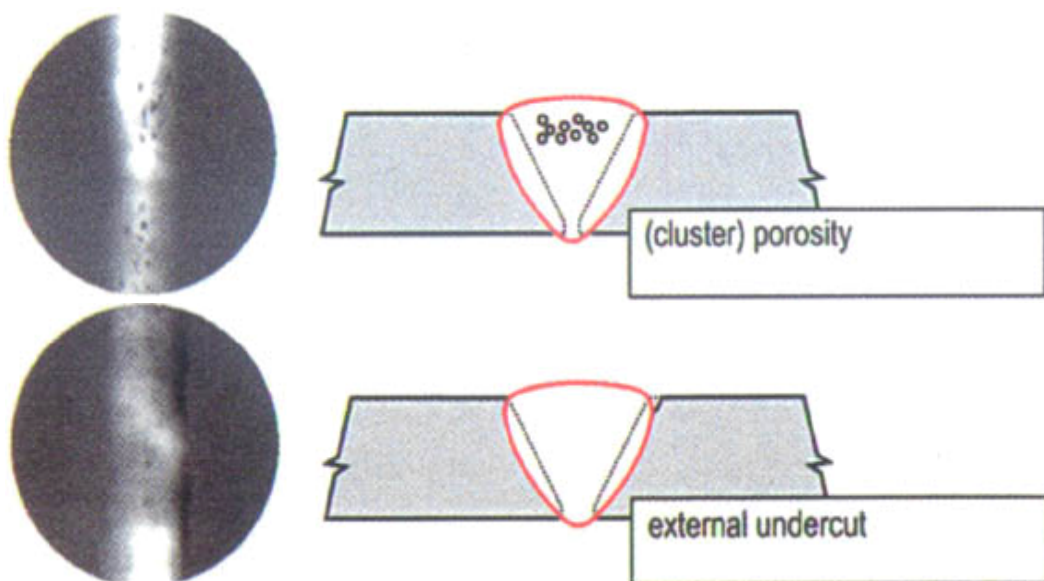
بازرسی با مواد نافذ یکی از شیوه های غیر مخرب برای محل یابی معایب سطحی می باشد. سطح مورد بازرسی باید ابتدا از لکه های روغن، گریس و مواد ناخالص و خارجی تمییز شود. سپس ماده رنگی مورد نظر بر روی سطح پاشیده شده و در داخل ترکها و سایر ناهمواریها نفوذ می کند. رنگ اضافی از روی سطح پاک شده و سپس یک ماده فوق العاده فرار حاوی ذرات ریز سفید رنگ بر روی سطح پاشیده می شود. تبخیر مایع فرار باعث بر جای ماندن گرد خشک سفید رنگ بر روی ماده قرمز نفوذ کرده در ترک می گردد و بر اثر عمل مویبگی، ماده قرمز از ترک بیرون کشیده شده و پودر سفید کاملاً قرمز می شود.

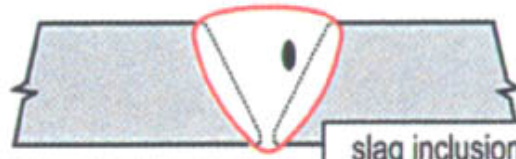
آزمون فرا صوتی:

آزمون فرا صوتی قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می باشد. موج های فرا صوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می شوند و با هر گونه تغییر در تراکم داخلی قطعه منعکس می شوند، امواج منعکس شده به صورت برجستگی هایی نسبت به خط مبنا، بر روی صفحه نمایش دستگاه ظاهر می شوند هنگامی که عیب یا ترک داخلی توسط واحد جست و جو پیدا شود تولید ضربان سومی می کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود. بنابراین مشخص می شود که این عیب بین سطوح بالا و پایین مصالح (در داخل جسم مصالح) می باشد.

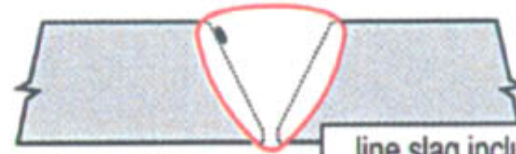
آزمایش پرتو نگاری:

پرتو نگاری یکی از روشهای آزمایش غیر مخرب است که نوع و محل عیوب داخلی و بسیار ریز جوش را نشان می دهد. پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور این ضخامت لکه ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می کند. میزان جذب پرتوهای رادیویی توسط مواد مختلف متفاوت است. نفوذ گل، حفره گازی، ترکها، بریدگی های کناره جوش و قسمت های نفوذ ناقص جوش، تراکم کمتری نسبت به فولاد سالم دارند. بنابراین در حوالی این قسمتها پرتو بیشتری به سطح فیلم می رسد و عیوب فلز جوش، به صورت لکه های تاریکی بر روی فیلم ثبت می شوند.

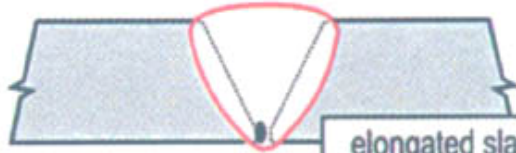




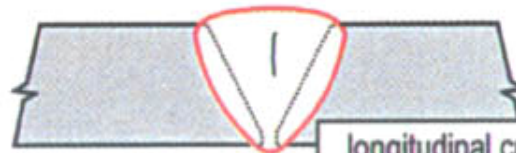
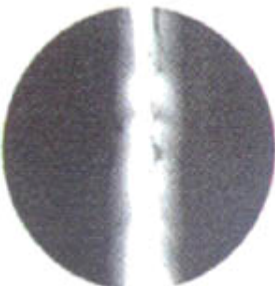
slag inclusions



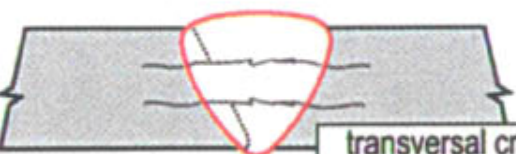
line slag inclusion



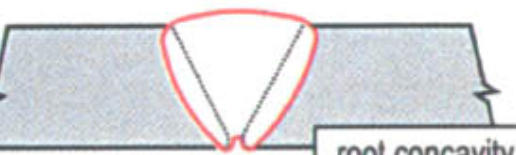
elongated slag inclusion
in the root



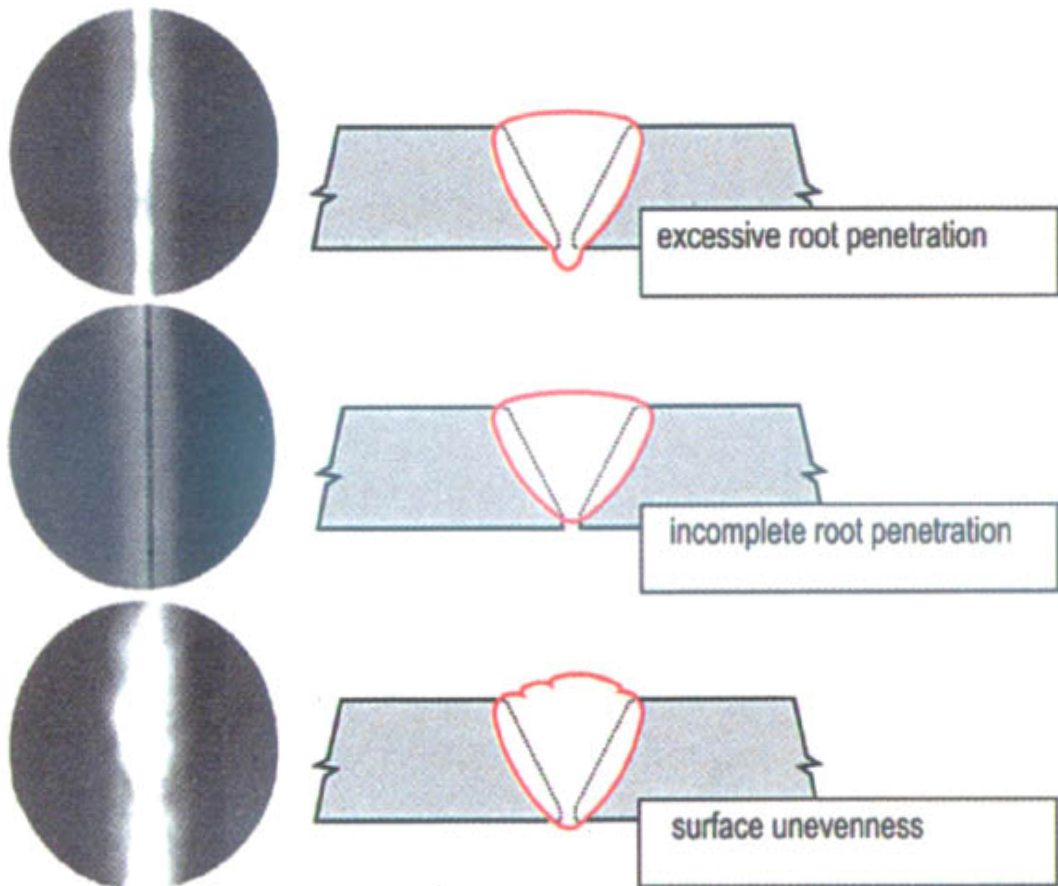
longitudinal crack



transversal crack in the weld
- in the heat area
- in the weld



root concavity



شکل 7: عیوب جوش در فیلم های رادیو گرافی

آزمایش های مخرب:

این آزمایش های مکانیکی نمونه جوش شده جهت تعیین مقاومت و سایر خواص مکانیکی بسیار کاربردی هستند به همین جهت در سطح وسیعی برای ارزیابی و تایید دستور العمل جوشکاری و صلاحیت جوشکار به کار می روند. این آزمایشات بر روی نمونه هایی از جوش انجام می گیرد که قابل استفاده مجدد نیستند. (به علت پاره شدن نمونه ها پس از آزمایش)

آزمایشات معمول مخرب بر روی جوش شامل آزمایشات کشش، خمش، ضربه، شکست، سختی و... می باشند.

3-بازرسی عینی:

جهت مشخص شدن وضعیت جوش هر یک از روش های فوق بدلیل نوع کار و حساسیت مورد نیاز کاربرد دارند. در بعضی موارد بازرسی و قضاوت ظاهری جوش کافی به نظر می رسد.

نتیجه گیری:

ساختمانهای فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهند و یکی از مهمترین موضوعات در هر ساختمان فولادی بویژه از نقطه نظر مقاومت لرزه ای، کنترل جوشکاری آن می باشد، عمده مشکلات و نقایص مربوط به اتصالات جوشی است. جوشها در همه بخشها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از لحاظ بعد و طول جوش و کنترل کیفیت لازم بررسی گردد. اجرای جوش کارگاهی و نبود آموزش کافی برای مهندسان و عدم نظارت کافی بر حسن اجرای جوش و... مشکلاتی است که این صنعت با آن مواجه می باشد. در این خصوص حتی ممکن است در یک ساختمان فولادی کوچک به انجام آزمایشات غیر مخرب (NDT) بر روی جوش نیاز باشد. در استاندارد 2800، آزمایشات اولتراسونیک و رادیو گرافی برای کنترل اتصالات جوشی قابلهای خمشی ویژه اجباری شده است که البته بسته به تشخیص مهندس ناظر در سایر حالات نیز انجام می گیرد. از اینجا می توان به حساسیت و اهمیت جوشکاری سازه ها پی برد.

پیشنهاد می شود موارد ذیل مد نظر قرار گیرد:

- 1- جوشکاری ها در صورت امکان در کارخانه ها انجام گیرد نه به صورت کارگاهی.
- 2- آموزش جوشکاری به جوشکاران و دادن گواهینامه به جوشکاران ماهر ساختمانی (ارتقاء وضعیت فعلی).
- 3- آموزش جوشکاری به عنوان واحد درسی به مهندسين عمران و مکانیک به شیوه ای کاربردی، در صورت امکان ایجاد شاخه جدیدی با عنوان بازرسی جوش سازه های فولادی برای مهندسين عمران و مکانیک.
- 4- تقویت روشهای کنترلی بر عملکرد نظارتی مهندسين ناظر.

منابع و ماخذ:

1- مجموعه مجلات فنی مهندسی ساخت و تولید

2-weld cracking : an excerpt from the fabricators and erectors guide to weld steel construction

3- تکنولوژی جوشکاری، مولف: امیرحسین کوکبی

4-مجموعه مجلات صنعت تاسیسات

5-فرهنگ لغات کارگاه جوشکاری ، توسط: مهندس فرشید مومنی فراهانی