به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

Nondestructive Testing

عیـــوب و تست‌های غیرمخـــرب جوش

عملیات جوشکاری، یکی از پرکاربردترین روشهای صنعتی و بسیار مهم اتصال فلزات به یکدیگر می باشد. این روش به طور بسیار گسترده در ساخت تجهیزات صنعتی بکار گرفته می شود. قوانین و دستورالعملهای متعددی جهت انجام و کنترل کیفیت اتصالات جوشی تدوین گردیده و بکار گرفته می شوند. از این منظر در این نوشتار، به صورت اجمالی به روشهای اصولی و پایه ی ارزیابی جوش و نیز نواقص عمده ی جوش و نحوه ی تشخیص بوسیله ی تست های غیرمخرب آنها پرداخته می شود.
تست های غیرمخرب (Nondestructive Testing) مجموعه ای وسیعی از تفکیکهای تحلیل و آنالیز در علوم مهندسی است که در آن خواص مواد مورد ارزیابی قرار گرفته بدون اینکه آسیبی به قطعه اصلی برسد. از آنجا که بررسی خواص جوش و کیفیت آن پس از عملیات جوشکاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است و می بایست بدون تخریب اتصال به ماهیت آن پی برد، روشهای غیرمخرب تعیین کیفیت جوش کاربرد وسیعی داشته و تنها راه عملی جهت صحه گذاری سلامت جوشکاری به شمار می رود.
از این جمله می توان پس از تست های دیداری (VT) به آزمـــون مایع نافذ (PT) ، تست ماوراء صوت (UT) ، پرتوسنجی یا رادیوگرافی (RT) . تســـت ذرات مغناطیسی (MT) و نهایتاً تســـت Eddy Current اشاره نمود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

تست دیـــــداری

از تست دیداری VI (Visual Inspection) یا به عبارتی دیگر مشاهده ی چشمی کیفیت بر اساس تجربه بیشتر از سایر تستهای غیر مخرب استفاده می شود. این روش ساده، سریع، آسان و ارزان بوده و به سرعت به نتیجه می رسد. حتی اگر بخواهیم از روشهای دیگر غیر مخرب برای تست جوش استفاده کنیم باید ابتدا یک (VI) خوب روی جوش انجام داده باشیم. اغلب ضروری است که جوش از نظر ترکهای ریز هم تست شود. برای این مورد هم روش (VI) کاربرد دارد و با استفاده از وسایل دقیق مثل دوربینهای CCD، کامپیوترها و میکرو می توان جوش را از این نظر به دقت و با کمترین هزینه مورد بازرسی قرار داد.

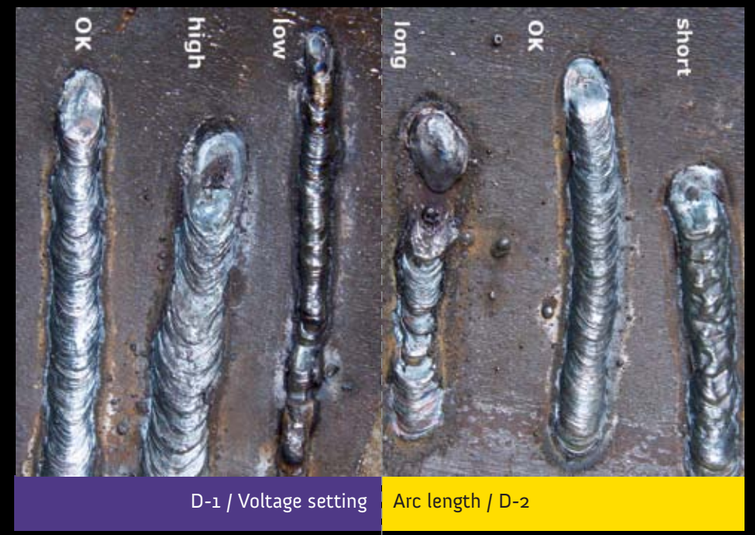
VI کاربرد وسیعی در تست جوش و مواد ریخته گری شده دارد. چه در زمان جوشکاری و چه بعد از آن VI روی جوش انجام می شود اما یکی از ضعفهای این روش در تشخیص ایراد و ترک جوش در زیر سطح است.

تـأثیـر پـارامتـرهـای جـوشـکاری

پارامترهای جوشکاری نظیر شدت جریان، ولتاژ یا طول قوس و سرعت پیشرفت جوشکاری متغییرهایی هستند که می توانند بر شکل ظاهری جوش، راندمان و سهولت عملیات، و حتی کیفیت مهندسی جوش اثر مهمی داشته باشند. به همین جهت می توان تأثیرات پارامترهای ناصحیح را در بخش عیوب متالورژیکی مورد بررسی قرار دارد.

شکل(1) اثر شدت جریان، ولتاژ و سرعت جوشکاری را بر روی ظاهر جوش نشان می دهد. (D-1) شدت جریان کم گرده ی جوش بی قاعده بوجود آورده که بالای سطح کار قرار می گیرد. شدت جریان زیاد، ایجاد ذوب کامل کرده اما توأم با ترشح زیاد ذرات است و موجب سوراخ شدن و سوختن موضع جوش می شود. ولتاژ کم، گرده ی جوش بی قاعده و بدون نفوذ کافی تولید می کند و تمایل به محبوس کردن سرباره در جوش افزایش می هد. ولتاژ زیاد همراه با ترشح بوده و تمایل به جذب ازت از هوا در جوش زیاد می گردد، که نتیجه آن ایجاد حباب یا خلل و فرج در جوش است. (D-2)، سرعت زیاد تولید گرده جوش باریک و لاغر کرده و احتمالاً زیر برش یا سوختگی در کناره ی جوش بوجود می آید. سرعت کم، تولید حوضچه ی جوش بزرگ کرده که کنترل آن ساده نخواهد بود و مذاب به اطراف جاری می شود (به ویژه در وضعیت های غیر مسطح).

شکل (۱)



www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

عیـــوب جـــوشکاری

در اثر حرارت ناشی از قوس الکتریکی قسمتی از فلز قطعه کار در زیر قوس ذوب شده و همراه با قطرات مذاب حاصل از الکترود، حوضچه ی جوش را تشکیل می دهد. همراه با حرکت قوس در مسیر اتصال، این حوضچه در زیر قوس حرکت می کند و در اثر دور شدن منبع حرارت هدایت شده از حوضچه جوش گرم می شود. طبیعی است این لایه هرچه به حوضچه ی جوش نزدیک تر باشد با درجه حرارت بالاتری گداخته می شود. ضخامت لایه مذکور که تحت تأثیر حرارت فوق، تغییراتی در آن بوجود می آید متفاوت است و به عواملی نظیر: شدت و قدرت حرارتی قوس، سرعت جوشکاری، ضریب هدایت حرارتی، جنس قطعه کار، ضخامت قطعه، درجه حرارت آن، طرح اتصال و بعضی فاکتورهای دیگر بستگی دارد. این لایه به منطقه مجاور خط جـــوش یا متأثـــر از جـــوش Heat Affected Zane موسوم است.

در مطالعات و بررسی های خواص مهندسی و عیوب متالورژیکی جوش باید هر دو منطقه ی فوق یعنی فلز جوش و منطقه ی مجاور آن در نظر گرفته شود. چرا که در بعضی موارد مشکلات در منطقه مجاور جوش به مراتب بیشتر از فلز جوش می باشد.

بطور کلی تولید جوش ایده آل بدون هیچگونه عیبی تقریباً غیر ممکن است و معمولاً جوش ها دارای معایبی می باشند که تا حد معینی بنا به حساسیت کاربردی موضع اتصال قابل چشم پوشی است و معمولاً بازرسین کنترل کیفیت از طریق آزمایش های مختلف میزان این عیب را با استانداردهای مربوطه مقایسه کرده و آنها را قبول یا رد می کنند.

عیوب و مشکلات می توانند ناشی از طرح اتصال نامناسب، انتخاب غلط مواد مصرفی (فلز قطعه کار و الکترود)، پارامترهای جوشکاری نامتناسب، عدم مهارت جوشکار، نحوه سرد شدن و بالنتیجه ساختار میکروسکوپی جوش و منطقه ی مجاور آن و وضعیت بد لبه سازی و سطح مورد اتصال باشد. این عیوب در هر نوع فلز و آلیاژ، با توجه به ضخامت و طرح اتصال آنها متفاوت است، علاوه براین گاهی چند عیب با هم ظاهر شده که تشخیص و بررسی آنها چندان آسان نیست. با این مقدمه به معایبی که اغلب پیش می آید در ادامه اشاره می شود.

لکـــه قـــوس
Arc Strikes

معمولاً جوشکارهای مبتدی و بی دقت برای شروع قوس با الکترود دستی، ابتدا الکترود را بر روی سطح کار در یک یا چند نقطه بطور لحظه ای می کشند تا بدین ترتیب قوس های موقتی ایجاد شده و با گرم شدن نوک الکترود، تشکیل قوس در محل شروع عملیات جوشکاری آسان شود. نقاط تماس لحظه ای الکترود با سطح کار بصورت لکه هایی دیده می شود که در حقیقت لایه نازکی از سطح کار می باشد که در اثر ایجاد قوس موقت ذوب و سپس سریعاً سرد شده است. سطح این لکه ها در زیر میکروسکوپ دارای ترک های ریز و ساختار ترد می باشد. علاوه بر آن بعلت عدم ایجاد سر باره و هاله ی گاز محافظ در این لکه ذوب شده، جذب اکسیژن و نیتروژن هم مشاهده شده و ذرات اکسید و احیاناً خلل و فرج نیز دیده شده است. این لکه ها علاوه بر اینکه موجب زشتی ظاهری سطح کار می شود اگر در نقاط حساس تحت تمرکز تنش قرار گیرد می تواند منشاء شروع ترک های بزرگتر و احیاناً پارگی و شکستگی قطعه کار شود. جوشکار ماهر و با دقت عمل گرم کردن نوک الکترود را بر روی قراضه ای که در نزدیکی نقطه شروع عملیات جوشکار است انجام می دهد. شکل (2) نمایی از این عیب را نشان می دهد.

شکل (۲)
Arc Strikes

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

Nondestructive Testing

خلل و فــرج یـا حفـره هـا
Porosity

این حفره ها در جوش به فرم چند نوع مختلف ظاهر می شود:

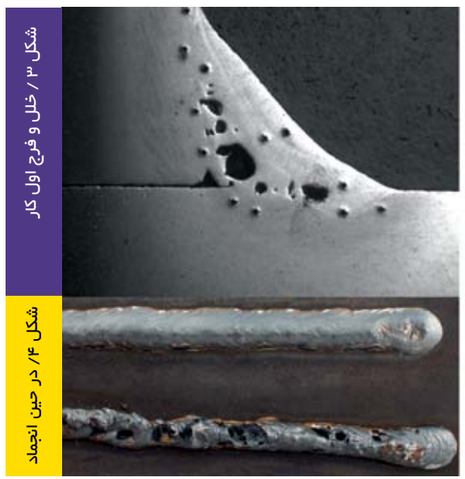
1. خلل و فرجی که در چند سانتی متر اولیه شروع جوشکاری پدید می آید، این نقص بعلت فقدان سرباره کافی، واکنش اکسیژن زدایی مواد موجود در پوشش، شروع قوس غلط و نیز رطوبت در الکترود می باشد شکل (3).

این نوع خلل و فرج را می توان به چند روش کاهش داد، نصب قطعه اضافی در کنار مسیر جوشکاری و شروع جوشکاری بر روی آن و سپس قطع کردن آن و یا تکنیک یک گام عقب (back step) در اینخصوص به کار گرفته می شود. در این روش یعنی نقطه شروع کمی عقب تر از محل شروع واقعی بوده و سپس به محل شروع واقعی برگشت داده می شود.

2. خلل و فرجی که در حین انجماد پیدا می شود و ممکن است در سرتاسر جوش دیده شود. این عیب خود دارای دو شکل کروی بصورت مجموعه ای و سوراخهای کرمی (Worm-Holes) یا(Blow Holes) دیده می شود شکل (4). نشانگر وجود بعضی گازها در مذاب محلول بوده که در درجه حرارت های بالا مقدار حلالیت نسبت به درجه حرارت های پایین بیشتر است.

نمونه ای از این نوع گازها هیدروژن می باشد که حاصل از منابع مختلف رطوبت یا چربی هاست. مکانیزم جوانه زدن، رشد کردن و شناور شدن حبابهای گازی و تئوری های مربوطه در حوصله ی این نوشتار نیست.

ازت، گاز CO و SO_2 (ناشی از گوگرد زیاد) هم می تواند موجب وقوع این نوع حفره ها شود. حفره ها گاهی تا روی سطح جوش هم ادامه یافته و مشهود می باشند. بطور کلی وجود ناخالصی ها در فلز قطعه کار نظیر گوگرد و فسفر، کثیفی سطح و لبه ی مورد اتصال (چربی، زنگ زدگی، رنگ)، رطوبت زیاد در الکترود، طول قوس زیاد، شدت جریان زیاد، سرعت جوشکاری بالا، حرکت های موجی و زیگزاکی زیاد، الکترود معیوب از نظر لخت بودن قسمتهایی از آن و یا جوشکاری در شرایط جوی نامساعد عوامل تشدید کننده وقوع خلل و فرج در جوش می باشد.



شکل ۳/ خلل و فرج اول کار

شکل ۴/ در حین انجماد

راههای جلوگیری و کاهش حفره ها

1. تمیز کردن سطح لبه مورد اتصال
2. گرم و خشک کردن الکترود قبل از استفاده
3. انتخاب طول قوس مناسب و پارامترهای دیگر جوشکاری
4. تغییر در تکنیک جوشکاری
5. تغییر الکترود (دارای مواد اکسیژن زدای بیشتر)

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

فقــدان ذوب کامل و یــا نفــوذ ناقــص

Incomplete Fusion

Inadequate Joint Penetration

این عیب علاوه بر تضعیف اتصال، می تواند موضعی برای تمرکز و تشدید تنش بوجود آورده و احتمالاً منجر به ترک برداشتن و گسیختگی اتصال شود. این عیب می تواند به شکلهای گوناگون از قبیل فقدان نفوذ در کناره ها، فقدان نفوذ بین پاس ها، فقدان نفوذ ریشه جوش و نفوذ ریشه ای ناقص در جوشهای دو طرفه دیده شود. این عیب متأثر از چندین فاکتور است که مهمترین آنها حرارتِ ورودی (Heat Input) کم به موضع اتصال است. بعنوان مثال افزایش شدت جریان الکتریکی باعث عمیق تر شدن نفوذ اتصال می شود. از این دسته عیوب می توان به LOP یا (Lack of Penetration) فقدان نفوذ کافی و LOF یا (Lack of Fusion) فقدان همجوشی کافی اشاره نمود. فاکتورهای دیگر که قابل کنترل هستند، سرعت پیشرفت جوشکاری، قطب الکترود نوع پوشش الکترود، طرح اتصال و زاویه الکترود با سطح کار و تکنیک عملیات می باشد. گاهی اوقات وضعیت سطح لبه ی قطعه مورد اتصال نظیر پوسته اکسیدی ضخیم می تواند سبب عمق نفوذ کم یا ناقص شود.

ذرات سربــــاره محبــوس شده

Slag Inclusions

وجود هرنوع ذرات غیر فلزی محبوس در فلز جوش باعث بروز این عیب می شود. منبع این ذرات لزوماً نباید از پوشش الکترود یا سرباره بوده و ممکن است حاصل واکنش های مختلف سرباره گاز-مذاب باشد. شکل و فرم این ذرات شبیه است به آنچه که در قطعات ریختگی دیده می شود و معمولاً بصورت کروی با قطرهای مختلف نمایان می شود. مقدار کم این ذرات تأثیر چندانی بر روی خواص مکانیکی ندارد اما در مقدار زیاد بویژه ابعاد بزرگ و احیاناً کشیده شده (طویل) بر روی خواص مکانیکی خصوصاً مقاومت ضربه ای تأثیر قابل ملاحظه دارد. نفوذ پوسته ی شکسته شده الکترود به مذاب، استفاده از الکترودی که قسمتی از روپوش آن ریخته شده است، ورود هوا در اثر سهل انگاری جوشکار و حرکات نا مناسب الکترود، عدم دقت در تمیز کردن سرباره در انتهای هر پاس یا در تعویض هر الکترود یا گوشه ها و زوایای پاس قبلی (بویژه در پخ های V با زاویه ی کوچک) عوامل بوجود آورنده ی این عیب می باشند.

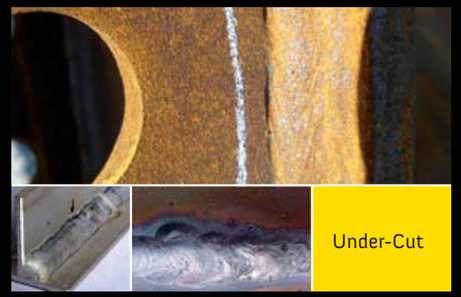
سوختن یا بریدگی کناره ای یا زیر برش

Under - Cut

در حین ایجاد اتصالات با روشهای ذوبی بویژه با قوس الکتریکی، فلز اصلی در سرتاسر دیواره و مسیر اتصال ذوب شده و زبانه ای را بوجود می آورد. در صورتی که از جریان زیاد در عملیات جوشکاری استفاده شود، این امر باعث ایجاد ناحیه ی ذوب شده در فلز پایه و نهایتاً مشاهده ی شکاف در این ناحیه می گردد. عواملی مانع از پر شدن کامل گوشه ها و لبه های این شکاف می شود که به صورت منقطع یا پیوسته با عمق کم یا زیاد در سرتاسر مسیر اتصال مشاهده می شود.

در بسیاری موارد به نظر می رسد که این حجم کوچک باقی مانده و پر نشده در کنار لبه ی جوش نمی تواند اهمیت چندانی داشته باشد. اما باید توجه داشت که چون حجم مذکور بصورت شکاف با زاویه عمیق می باشد، هنگامیکه موضع اتصال تحت تنش قرار می گیرد می تواند موجب تمرکز تنش شده و منجر به شروع شکستگی اتصال از آن محل شود.

این عیب در اتصالاتی که در شرایط خستگی یا تنش های سیکلی قرار می گیرد می بایست مورد توجه قرار گرفته و باید حتماً با ذوب و رسوب مقدار دیگری از فلز پر و برطرف شوند. دلایل بوجود آمدن این عیب عبارتند از: سرعت جوشکاری بالا، الکترود باریک، سرباره با ویسکوزیته زیاد، جهت نیروی قوس نادرست (زاویه الکترود) و حرکت های نا مناسب الکترود. برای رفع آن حرکت های زیگزاکی مناسب با مکث های کوتاه در کناره های لبه اتصال و کاهش سرعت پیشرفت جوشکاری ساده ترین راه است.



www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

ترشح یا جرقه
Spatter

قطرات ریز فلز را که در ناحیه ی جوش در اثنای جوشکاری به اطراف پرتاب می شود جرقه یا ترشح می گویند. این قطرات ممکن است از حوضچه ی جوش یا غالباً از نوک الکترود ناشی شده باشد. ایجاد پل در فاصله ی قوس و انفجار آن، گاز اضافی ایجاد شده در اثر سریع شدن مذاب، واکنش بین برخی عناصر در فلز مذاب نظیر گوگرد با بعضی گازهای اتمسفر اطراف حوضچه جوش نمونه هایی از واکنش های جرقه زا می باشند. در بعضی موارد جرقه های درشت در اثر طول قوس اضافی و جرقه های ریز ناشی از شدت جریان اضافی ایجاد می شود. جرقه ها غالباً در هوا اکسیده و سرد شده و نهایتاً بر روی سطح می افتد که در این صورت، لکه هایی را ایجاد می کنند. جرقه های چسبیده بر روی سطح کار بر روی نقاط دورتر از مسیر جوشکاری راحت تر تمیز می شوند، اما جرقه های نزدیک را به سختی می توان پاک کرد.
جرقه علاوه بر ایجاد مشکلات برای جوشکار نظیر سوزاندن پوست و لباس، ظاهر جوش را خراب کرده و در بعضی موارد ممکن است اثرات منفی تری شبیه لکه ی قوس هم داشته باشد، تنظیم پارامترهای جوشکاری و احیاناً تغییر نوع الکترود تدابیر مفیدی برای کاهش این گونه ترشح هاست.

سر رفتن
Over Lapping

بیرون افتادگی فلز جوش از شکاف یا دهانه ی اتصال و یا جاری شدن مذاب به اطراف لبه اتصال را سر رفتن (Over Lapping) می گویند. این عیب در اثر سرعت پیشروی کم جوش، زاویه ی اشتباه الکترود و استفاده از الکترود بزرگ با حوضچه جوش روان به وقوع می پیوندد؛ که برای جلوگیری از آن، سرعت جوشکاری و زاویه ی الکترود باید اصلاح شود.
عیب دیگری که دلایلی شبیه مورد یاد شده دارد نفوذ اضافی (Excessive Penetration) به معنی جاری شدن مذاب در پشت درز جوش و برآمدگی اضافی در این ناحیه است. این عیب ناشی از سرعت آهسته جوشکاری، حرارتِ ورودی زیاد و یا طرح نامناسب لبه سازی می باشد.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

تـــرک بـــرداشتن یـا تـــرکیـدگی
Cracking

ترک برداشتن جوش یا منطقه ی مجاور آن احتمالاً یکی از مهمترین، حساسترین و مضرترین عیوب در جوشها هستند. از یک طرف احتمال وقوع آن در طیف وسیعی از فولادها، و فلزات و آلیاژهای غیر آهنی وجود دارد، از طرفی دیگر این موضوع تا حدی پیچیده است چون اولاً شکل ها، ابعاد، جهت ها و اندازه های مختلف داشته و ثانیاً در محل های مختلف فلز جوش، خط ذوب و منطقه مجاور جوش ایجاد می گردد. از همه مهمتر، دلایل گوناگونی از قبیل ترکیب شیمیایی مواد مصرفی جوشکاری، پارامترهای جوشکاری، طراحی قطعه و محل اتصال، شرایط عملی و تکنیکی جوشکاری می تواند عوامل تشدید کننده یا تقلیل دهنده وقوع ترکیدگی باشد. انواع گوناگون ترک برداشتن در مناطق مختلف عبارتند از:

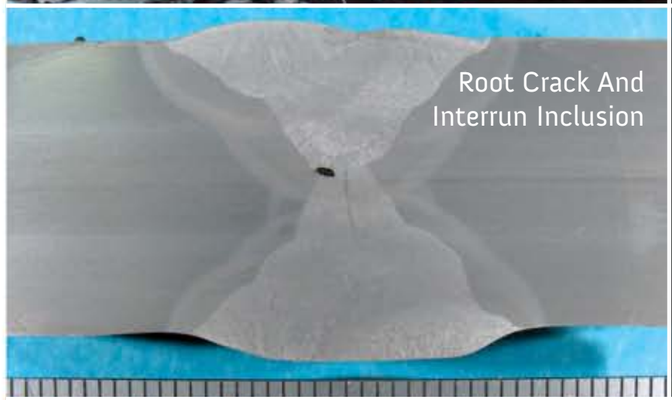
1. ترک برداشتن در حوضچه یا دهانه جوش / Weld Metal Cracking
2. ترک برداشتن عرضی در فلز جوش/ Weld Metal Transverse Cracking
3. ترک برداشتن عرضی مجاور جوش / H. A. Z Transverse Cracking
4. ترک برداشتن طولی یا میان خطی در فلز جوش/ Center Line Cracking
5. ترک برداشتن زبانه یا گوشه ای / Toe Cracking
6. ترک برداشتن زیر فلز جوش / Under Bead Cracking
7. ترک برداشتن ریشه فلز جوش / Weld Metal Root Cracking

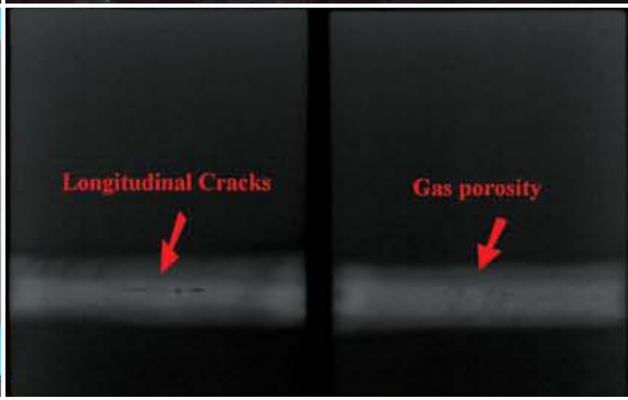
بطور کلی ترکهایی که در حین انجمـــاد اتفاق می افتند به ترکـهای گرم (Hot Cracking) یا بالای خط انجماد (Super Solidus Cracking) و آنهایی که پس از سرد شدن یا انجماد و گاهی اوقات چندین روز بعد از جوشکاری بوجود می آیند به ترکهای سرد (Cold Cracking) یا زیر خط انجمـــاد (Sub Solidus Cracking) موسوم هستند. این تَرکها ممکن است آنقدر توسعه یابند که با چشم قابل رویت باشند اما در بیشتر موارد نیاز به روش های خاص برای مشاهده و مطالعه آنها است.

یکی از عوارض مهم این تَرکها غالباً شکسته شدن قطعه بدون تغییر فرم پلاستیکی می باشد که اصطلاحاً به آن شکست ترد یا (Brittle Fracture) گفته می شود. این نوع شکست در ابتدا کُند بوده و پس از رشد تا حد معینی (حد بحرانی طول ترک) پیشرفت بسیار سریع بوده و تا چند متر در ثانیه می رسد. این ترک حتی بدون نیاز به تنش اولیه ادامه یافته و در زمانی کوتاه سریعاً پیشرفت می کند. در نتیجه در این مرحله فرصت برای جلوگیری از شکستگی و گسیختگی کامل اتصال کم است.

مکانیزم ترک برداشتن گرم و سرد و توضیحات جزئی در مورد شرایط لازم برای انواع ترک برداشتن با زبان ساده در چند جمله مشکل است. بطور کلی دو شرط یا حالت لازم است تا در حین انجماد در جوش ترکیدگی ایجاد شود. اولاً باید نرمی و انعطاف پذیری (Ductility) فلز به اندازه کافی نباشد، ثانیاً تنش کششی ایجاد شده بین کریستال های جامد ناشی از انقباض، از تنش شکست (Fracture Stress) فلز در آن درجه حرارت تجاوز کند. بعضی ناخالصی ها نظیر سولفورها تشدید کننده ترک برداشتن گرم می باشند. در فلزات مختلف حساسیت در مقابل ترک برداشتن گرم متفاوت بوده و در فلزات بسیار حساس شیب استحکام نسبت به درجه ی حرارت کم و دامنه ی درجه حرارت تردی (Brittle Temperature Range) زیاد می باشد.

ترک برداشتن سرد معمولاً در عرض دانه ها ادامه یافته و ممکن است چندین ساعت یا روز پس از جوشکاری مشاهده شود. در اینجا سریع سرد شدن و ایجاد بعضی فازهای ترد همراه با حضور هیدروژن (تردی هیدروژنی) می تواند عوامل مؤثر در وقوع این گونه ترک شود. این نوع ترک برداشتن هم در جوش و هم در منطقه مجاور جوش H. A. Z بوجود می آید. بعنوان مثال در جوشکاری فولادهای پر کربن و ضخیم ایجاد ساختمان ترد و شکننده سمنتیت در منطقه مجاور خط جوش براحتی شرایط وقوع ترک برداشتن زیر فلز جوش را فراهم می کند. همچنین در فولادهای آلیاژی با استحکام بالا حضور هیدروژن عامل بسیار مؤثر در وقوع این گونه ترکهای سرد می باشد.





تـــرک بـــرداشتن یـا تـــرکیـدگی
Cracking

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

پـــــاشش رنـــگ
Liquid Penetrant Testing

LPT (Liquid Penetrant Testing) یکی از روشهای NDT می باشد که توانایی تشخیص ترکهای سطحی و همچنین آن دسته از ترکهای زیر سطحی که تا سطح جوش پیشرفت کرده اند را دارد. این روش در حین جوشکاری برای پاس ریشه و پاسهای دیگر نیز بکار می رود. در این روش مایع مخصوص روی سطح جوش پاشیده می شود. این مایع در روی سطح پخش شده و وارد ترکهای سطحی جوش می شود. پس از این عملیات مایع اضافی از روی سطح برداشته می شود. نهایتاً سطح خشک شده و ماده دیگری به سطح پاشیده می شود. رنگی که در مرحله ی اول پاشیده شده با این ماده ترکیب شده و محل اندازه و نوع ترک مشخص می شود.

این روش بهترین روش مورد قبول برای تشخیص انواع ترکها، Porosity، LOP و ناهمگونی ها بوده و با موفقیت روی مواد فلزی و غیر فلزی، سرامیکها و شیشه ها و ... آزمایش شده است.

تست رادیـــو گـــرافی
Radiography Testing

روش معمول رادیوگرافی به این صورت است که یک شیء تحت تشعشع پرتوهای X یا گاما قرار می گیرد و آن قسمت از اشعه که توسط شیء جذب نشده باشد روی یک فیلم تصویر می شود.

فیلم رادیو گرافی یک سایه ی دو بعدی از شیء بوده و تغییرات چگالی، ضخامت و ... در نقاط مختلف جسم، در آن مشخص می شود. از این منظر از روشهای رادیوگرافی و تفسیر فیلمهای آن می توان کیفیت جوش را به صورت غیر مخرب مورد بررسی قرار داد.

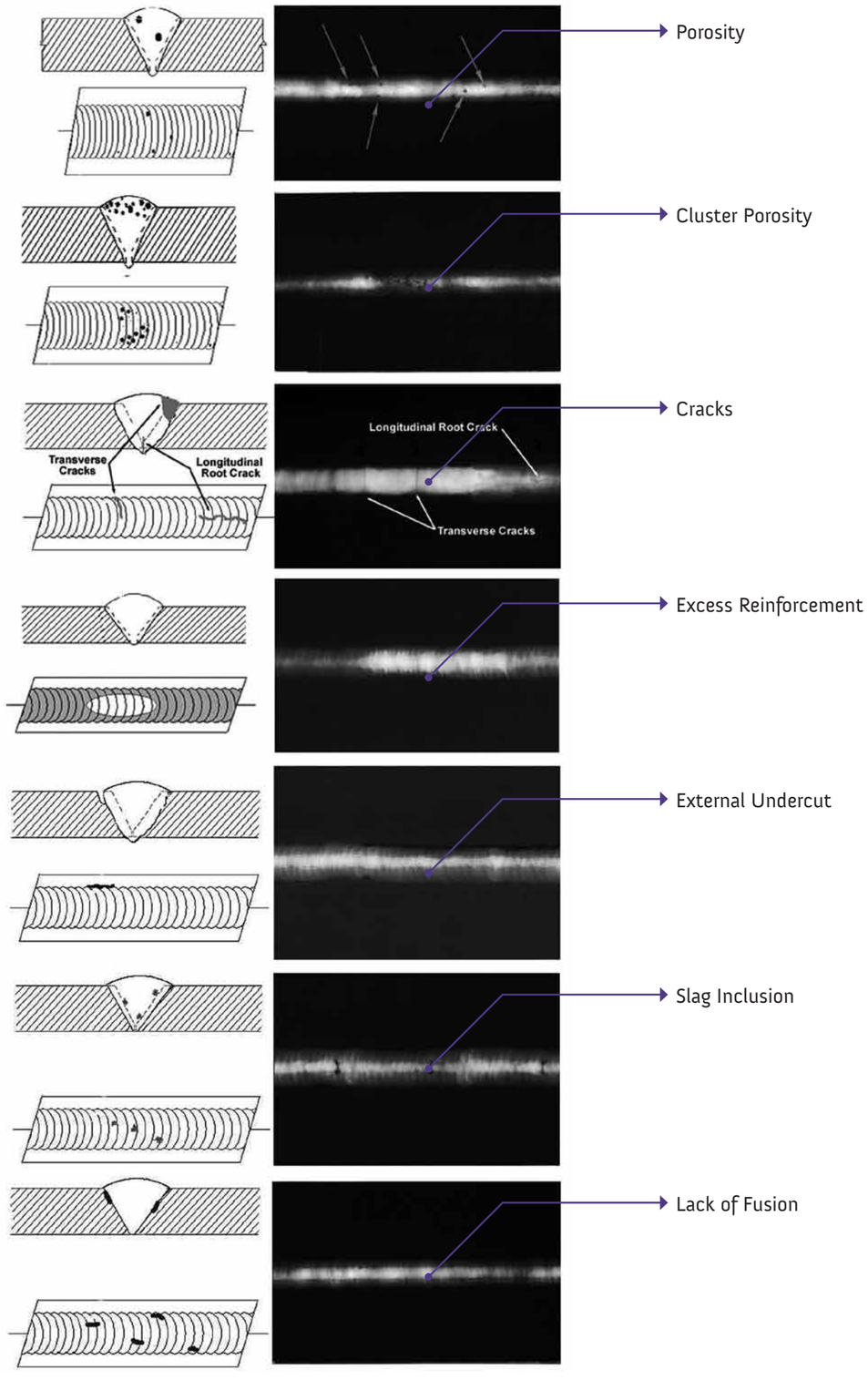
تفسیر رادیـــو گرافی جـــوش
Radiograph Interpretation-Welds

علاوه بر تهیه عکس رادیوگرافی با کیفیت بالا، شخص با مشاهده عکس رادیوگرافی باید توانایی و مهارت گزارش و ارزیابی عکس را داشته باشد. ارزیابی عکس رادیوگرافی در سه مرحله صورت می گیرد:

1. کشف
2. تفسیر و گزارش
3. ارزیابی

هر سه مرحله ی مذکور نیاز به هوشمندی در مشاهده ی شخص دارد. هوشمندی در مشاهده به معنای تحلیل کردن یک الگوی مشخص در عکس رادیوگرافی است. توانایی در گزارش ترک ها و ایرادهای جوش در عکس رادیوگرافی بستگی به عوامل دیگری همچون نحوه ی تابش نور و تجربه فرد در تشخیص انواع ایرادها دارد. در مطالب زیر سعی شده است انواع ترکها و ایرادهای جوش که قابل تشخیص در عکس رادیوگرافی هستند ذکر شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



انـواع نـــا پیـــوستگی هـــای جوش

Discontinuities

ناپیوستگی ها شامل بریدگی و قطع شدن ساختار یک ماده در یک نقطه است. ناپیوستگی ها می توانند در فلز پایه، ماده جوش یا ناحیه تحت تأثیر حرارت اتفاق بیافتد. ناپیوستگی های زیر نمونه ای از اتـمام انواع جـــوشکاری است.

Cold Lap

حالتی است که در آن ماده ی جوش به طور مناسب با فلز پایه یا پاس جوش قبل (Cold Lap Interpass) ترکیب نشده است. در این حالت قوس نتوانسته است فلز پایه را به اندازه کافی ذوب کند و تنها باعث شده است که گدازه ی جوش در فلز پایه جریان پیدا کند بدون اینکه قید لازم و کافی را ایجاد کند.

Porosity

نتیجه گیر کردن گاز در مرحله انجماد فلز است.
(Porosity) می تواند اشکال مختلفی در عکس رادیوگرافی داشته باشد ولی اغلب به صورت لکه های گرد و تیره به تنهایی یا بصورت دسته و ردیف دیده می شوند. بعضی اوقات این لکه ها بلندتر می شوند و به نظر می رسد که کشیده شده اند. این به آن دلیل است که گاز در حال خروج بوده است و فلز در حالت مایع و گداخته، لذا در این بین به دام افتاده است. این نوع (Porosity) تحت عنوان(Wormhole Porosity) نیز شناخته می شود.

Cluster Porosity

زمانی اتفاق می افتد که روکش الکترودها با رطوبت هوا واکنش دهند. رطوبت توسط گرما به گاز تبدیل شده و هنگام جوشکاری در فلز مذاب گیر می افتد. (Cluster Porosity) مانند (Porosity) در عکس رادیوگرافی ظاهر می شود با این تفاوت که لکه ها در این حالت به یکدیگر نزدیکتر می باشند.

Slag Inclusions

زمانی اتفاق می افتد که مواد جامد غیر فلزی در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه وارد شده و هنگام جوشکاری گیر می افتند. در عکس رادیوگرافی به شکل اشکال تیره، بریده بریده و نامتقارن در جوش یا در راستای آن دیده می شود.

Incomplete Fusion

شرایطی است که در آن فلز جوش به طور مناسب با فلز جوش ترکیب نشده است نحوه تشخیص به طوری است که اغلب در فرم یک خط یا خطوط تیره مشاهده می شود. این خطوط در جهت خط جوش در لبه های اتصال قرار گرفته اند.

LOP , IP

هنگامی اتفاق می افتد که فلز جوش نتوانسته است در فلز پایه نفوذ کند. این مورد یکی از بیشترین موارد قابل اعتراض به نحوه ی جوشکاری است. کمبود نفوذ اجازه ی افزایش طبیعی تنش را در نقطه جوش می دهد و باعث رشد ترکها می شود. نحوه ی تشخیص آن در عکس رادیوگرافی به این گونه است که یک ناحیه تیره دارای لبه های و در مرکز به صورت خط مستقیم صاف دیده می شود.

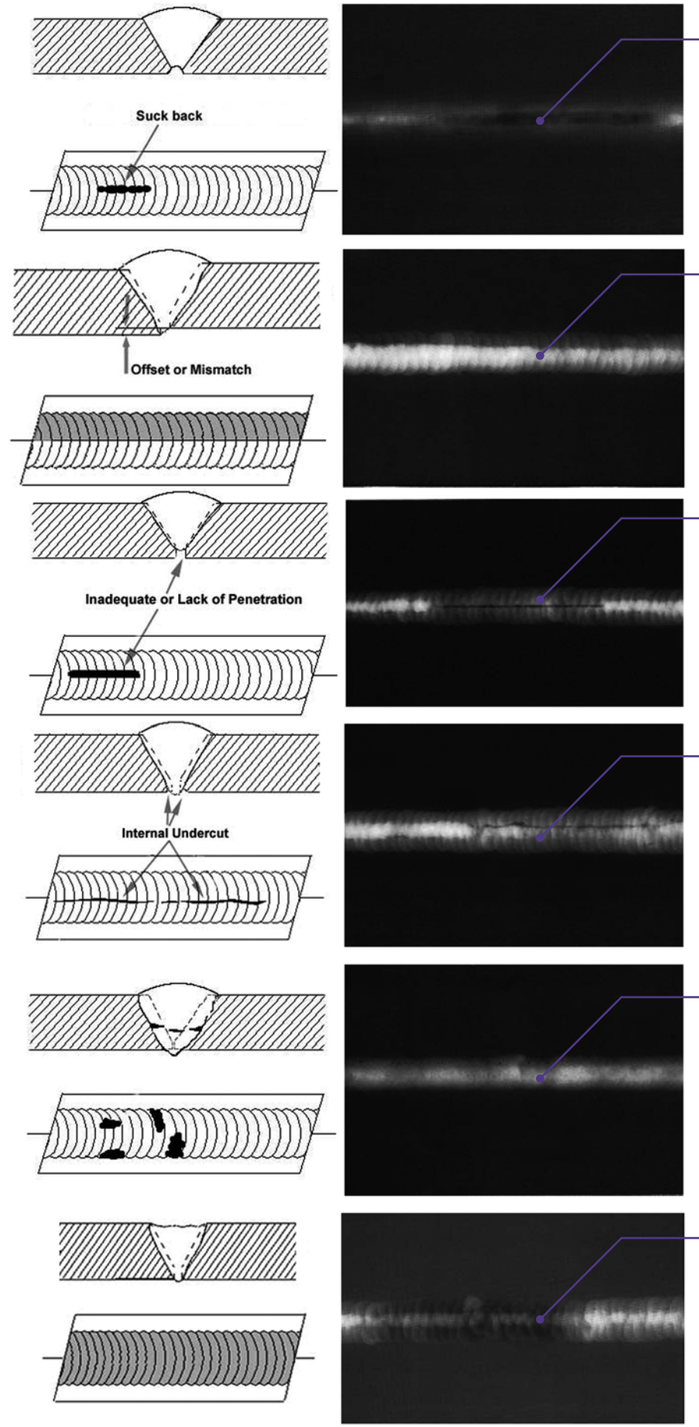
Internal Concavity

یا (Suck back) شرایطی است که در آن فلز جوش هنگام سرد شدن منقبض شده است و در قسمت ریشه جوش به سمت بالا حرکت کرده است. در عکس رادیوگرافی بسیار شبیه به LOP است با این تفاوت که خط دارای لبه های ناهموار است، پهنای بیشتری داشته و در مرکز جوش دیده می شود.

Root or Internal Undercut

مبین فرسایش فلز پایه در نزدیکی ریشه ی جوش است. در عکس رادیوگرافی بصورت یک خط ناهموار تیره با فاصله ای نسبت به خط مرکز جوش دیده می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد



Crown or External Undercut

این نوع عیب مبین فرسایش فلز پایه در نزدیکی بالا (آخرین پاس) جوش است. در عکس رادیوگرافی بصورت یک خط ناهموار تیره در راستای لبه ی خارجی جوش دیده می شود. این خطوط مانند آنچه که در LOP مشاهده می شود به صورت مستقیم نمی باشد.

Offset or Mismatch

مربوط به شرایطی است که دو قطعه جوشکاری به طور مناسب تنظیم نشده اند. در عکس رادیوگرافی تفاوت رنگ قابل توجهی دیده می شود. تفاوت رنگ در اثر اختلاف در ضخامت است. خط مستقیم تیره بدلیل ناتوانی فلز جوش در نفوذ پدید آمده است.

Inadequate Weld Reinforcement

هنگامی است که ضخامت فلز جوش کمتر از ضخامت قطعات جوشکاری شده باشد. تشخیص آن بسیار ساده است زیرا نقاطی که با این مشکل همراه باشند در عکس رادیوگرافی بسیار تیره تر از نقاط دیگر دیده می شوند.

Excess Weld Reinforcement

هنگامی اتفاق می افتد که گرده جوش در بعضی نواحی بیشتر از حد مجاز طراحی باشد. در عکس رادیوگرافی به شکل یک ناحیه روشن در جوش دیده می شود. با استفاده از تست دیداری (VI) این نقص جوش براحتی قابل تشخیص است.

Craks

تنها زمانی در عکس رادیو گرافی قابل مشاهده می باشند که ترکها در جهتی رشد کرده باشند که تفاوت ضخامت بطور موازی با پرتوهای اشعه X بوجود آمده باشد. در عکس رادیوگرافی به شکل خطوط ناهموار و اغلب تیره دیده می شوند. ترکها گاهی نیز بصورت ادامه ی (Porosity) و یا Inclusion ها دیده می شوند.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

تســت ذرات مغنـــاطیســی
Magnetic Particles

ابتدا قطعه جوشکاری شده تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می گیرد. سپس ذرات آهن که با ماده رنگی پوشانده شده اند روی سطح جوش پاشیده می شوند. این ذرات تحت اثر مغناطیسی روی سطح ترک قرار می گیرند و در شرایط وجود نور مناسب مشخص می شود.

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد

جدول لیستی از عیوب جوشکاری و علل رخداد آنها را به اختصار نشان می دهد.

Prosity	وجـــود روغـــن، گـرد و خـاک زیـــاد و سایـــر آلودگی ها روی سطح جوشکاری نامناسب بـــودن الکترود ممکن است به میـــزان بیشتریMn وSig در ترکیب شیمیایی نیاز باشد مشکل در پـــوشش جـوشکاری به وزیدن بـــاد استفاده از نـــازل کوچک و نـــامنـــاسب عـــدم وجود گـــاز کافی و یا بیش از حد مورد نیاز در پروسه ی جوشکاری عـــدم بـــرداشت نـــاخالصی ها در بین پـــاسهای جـــوشکاری وجـــود سربـــاره یا Slag بیش از انـــدازه در الکترودهای پـــوشش دار
LOP	شـکاف جـــوش خیلی بـــاریک می باشد شدت جریان یا خیلی زیاد بـــوده یا خیلی کـــم عـــدم نفوذ کافی ناحیه ی مـــذاب جـــوش
LOF	ولتـــاژ یـــا شدت جـــریان خیلی پـــایین است قطبیـــت نـــادرست ســـرعت جـــوشکاری کـــم دامنه ی نوسان یا حرکت زیگزاکی مشعل جـــوشکاری خیلی زیاد یا خیلی کم است وجود لایه ی اکسیـــد بیش از حد بر نـــاحیه جـــوشکاری
Undercutting	سرعت پیشـــروی جـــوشکاری خیلی زیاد است ولتـــاژ جـــتوشکاری زیاد است شـــدت جـــریان بیش از حد است
Cracking	تـــرکیب شیمیایـــتی نـــا مناسب سیم جوشکاری Bead جـــوش خیلی کوچـــک است کیفیت کم مـــوتدی که جـــوش می شوند
Unstable Arc	نقـــص در سیستم تغذیه ی سیـــم جـــتوشکاری نقـــص در سیستم تغذیه ی گاز محافظ
عـدم امکان شـروع مناسب جوشکاری	ولتـــاژ جـــوشکاری بسیار پایین است وجود ناخالصی و آلودگی در ناحیه جوشکاری
وجـود Spatter خیلی زیـــاد	بجای Co۲ از ArO۲ و یا ArCo۲ استفاده شود باید نفوذ He را کاهش داد ولتاژ قوس خیلی کم است
Burn Trough	شدت جریان زیاد است سرعت پیش روی کم است عرض ریشه ی جوش زیاد است بجای Co۲ از ArO۲ و یا ArCo۲ استفاده شود
Convex Bead	ولتاژ یا شدت جریان خیلی پایین است گستردگی طول ریاد الکترود جوشکاری قطبیت نادرست شکاف ناحیه ی اتصال خیلی نازک است

www.iran-mavad.com
مرجع علمی مهندسی مواد