فصل ۱۲

کنترل کیفیت در جوشکاری ساختمان

هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

۱. اهمیت اجرای جوش خوب و راه حل دستیابی به جوش خوب را شرح دهد.
۲. عواملی که در کیفیت اتصالات جوشی موثرند را به خوبی شرح دهد.
۳. اطلاعات مربوط به دستورالعمل جوشکاری را فهرست‌وار نام ببرد.
۴. انواع عیوب احتمالی جوش را بیان نماید.
۵. علل عمده‌ی ایجاد ترک در جوش را شرح دهد.
۶. اصول بکارگیری بازرسی چشمی جوش را شرح دهد.
۷. وسایل مورد استفاده در بازرسی چشمی را نام ببرد.
۸. انواع روش‌های بازرسی جوش را نام ببرد و هر کدام را شرح دهد.

۱۲-۱- مقدمه

در عمل موارد متعددی وجود دارد که به علت عدم برآورده شدن مشخصات فنی، مقطع جوشکاری شده دچار گسیختگی شده و خسارات زیادی را به بار آورده است.

اگر جوش مطابق مشخصات فنی و طبق دستورالعمل‌های کیفی اجرا شود، فقط در حالتی که نیروی وارده بزرگتر از مقاومت جوش است، می‌تواند گسیخته شود. اما اگر اجرای جوش همراه با عیب باشد، گسیختگی می‌تواند تحت نیروی کمتری نیز به وقوع بپیوندد. (شکل ۱۲-۱)

شکل ۱۲-۱- گسیختگی جوش در زلزله بم

برای هر عیب جوش، علتی منطقی و برای اصلاح و تعمیر آن نیز روشی منطقی وجود دارد. بطور کلی می‌توان گفت، اغلب عیوب جوش مربوط به روش جوشکاری، صلاحیت جوشکار، آماده‌سازی درز و دستورالعمل جوشکاری می‌باشد که در حین کار می‌تواند مورد بازرسی و ارزیابی قرار گیرد.

۱۲-۲- عواملی که در کیفیت اتصالات جوشی موثرند

دستیابی به اتصال جوشی رضایت‌بخش، احتیاج به روند سازمان یافته دارد که از طراحی اتصال و انتخاب روش جوشکاری شروع شده و با انجام عملیات جوشکاری و بازرسی آن پایان می‌یابد. طراح سازه باید از عوامل موثر در کیفیت جوشکاری مطلع بوده و آن‌ها را در طرح اتصالات خود به کار گیرد.

برای حصول جوش خوب باید پنج عامل زیر برآورده شود:

۱- روش جوشکاری (Process selection)

۲- آماده‌سازی درز (Preparation)

۳- دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

۴- پرسنل (Personnel)

۵- بازرسی و تایید جوش (Prove)

به مجموعه دستورالعمل‌های فوق، قانون پنج P گویند.

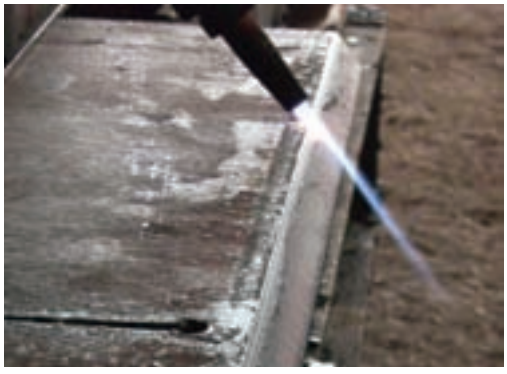
۱۲-۲-۱- روش جوشکاری

برای جوشکاری اولین گام انتخاب روش مناسب است. در این گام مسئولین اجرایی تصمیم می‌گیرند که از کدام یک از روش‌های جوش دستی، نیمه‌اتوماتیک و یا تمام اتوماتیک برای کار استفاده نمایند. این تصمیم‌گیری از نقطه‌نظر زمان و اقتصاد بسیار مهم و تاثیرگذار است. امروزه استفاده از جوشکاری نیمه و یا تمام اتوماتیک باعث افزایش قابل توجه در سرعت و کاهش هزینه‌ها می‌گردد، که البته مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه بیشتر نیز می‌باشد. در فصل هفتم درخصوص روش‌های جوشکاری توضیحات لازم داده شده است.

۱۲-۲-۲- آماده کردن لبه‌های درز:

بحرانی‌ترین قسمت فلز پایه، درز جوش است یعنی ناحیه‌ای است که برای پذیرش فلز جوش به شکل اتصال، آماده‌سازی می‌شود. مواردی که قبل از جوشکاری در مرحله‌ی آماده‌سازی باید کنترل شود، عبارتند از :

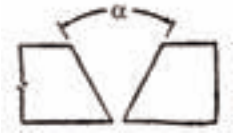
۱. زاویه‌ی شیار
۲. دهانه‌ی ریشه
۳. پیشانی ریشه
۴. هم محوری درز
۵. پشت‌بند
۶. تمیز بودن درز اتصال



آماده‌سازی مناسب پخ جوش شیاری

زاویه‌ی شیار

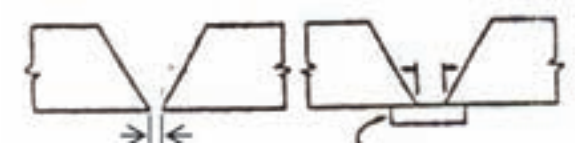
زاویه‌ی شیار باید برای دسترسی به ریشه‌ی اتصال و ذوب دیواره‌های جانبی اتصال در جوشکاری چند پاسی کافی باشد. بطور کلی هرچه زاویه شیار بزرگتر باشد ورود الکترود آسان‌تر است ولی برای پر کردن آن فلز جوش بیشتری نیاز است. (شکل ۱۲-۲).



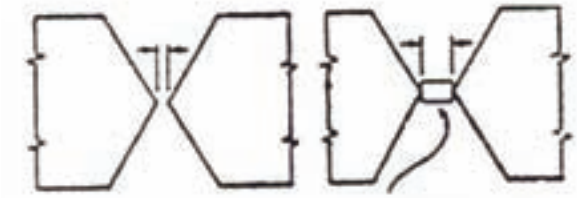
شکل ۱۲-۲- زاویه شیار

دهانه‌ی ریشه

حد فاصل دو لبه‌ی شیار را دهانه ریشه گویند، که این فاصله بین ۲ تا ۴ میلیمتر بسته به نوع جوش، زاویه‌ی شیار و استفاده از پشت‌بند متغیر است. (شکل ۱۲-۳)



تسمه پشت بند دهانه ریشه



تسمه پرکننده

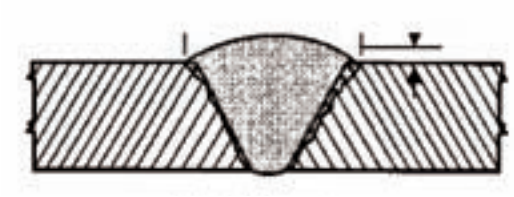
شکل ۱۲-۳- دهانه ریشه

آماده‌سازی نامناسب درز جوش شیاری

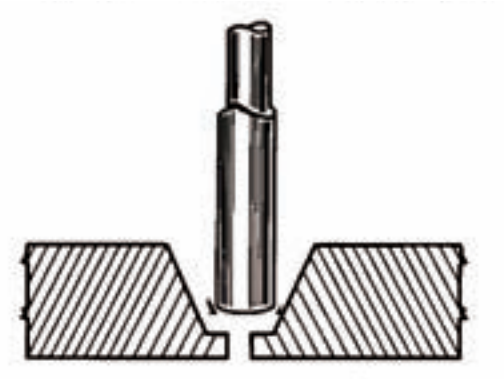
درصورت عدم استفاده از تسمه‌ی پشت‌بند، عدم ذوب ریشه خیلی مهم نیست، چون می‌توان ریشه جوش را از پشت سنگ زده و جوش پشت را انجام داد (شکل ۱۲-۴). در این حالت دهانه‌ی ریشه کوچک در نظر گرفته می‌شود.

در جوشکاری با تسمه‌ی پشت‌بند، دهانه ریشه بازتر گرفته می‌شود تا قطعه‌ی پشت‌بند نیز خوب ذوب شود، چون در این حالت نمی‌توان پشت جوش را سنگ زد و همچنین سوختن لبه‌های تیز مطرح نیست.

اگر برای جوشکاری و پر کردن فاصله از قطعه‌ی پرکننده (فیلر) کمک گرفته شود، این قطعه بصورت پشت‌بند عمل می‌کند، ولی قبل از جوشکاری طرف پشت آن‌را باید سنگ زد تا از سالم و کافی بودن ذوب اطمینان حاصل شود.



ب- جوش داخل شیار



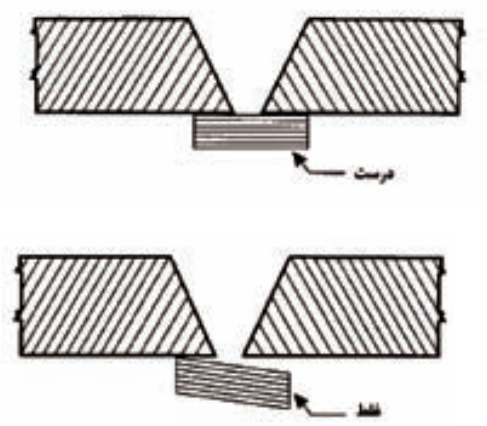
الف- آماده‌سازی اتصال

ت- جوشکاری پشت

پ- سنگ‌زنی ریشه جوش

شکل ۱۲-۴- مراحل انجام جوش پشت

تسمه‌ی پر کننده برای جلوگیری از ریزش جوش (این تسمه قبل از جوش طرف دوم باید برداشته شود)



نصب پشت‌بند جوش

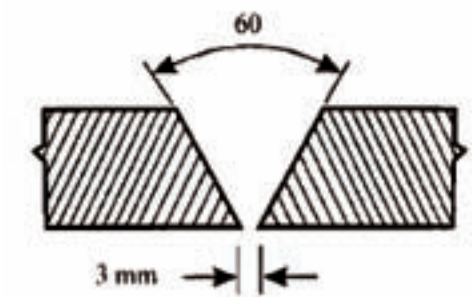
دو عامل زاویه شیار و باز بودن ریشه طوری به هم مربوط هستند که هم باید فضا برای ورود الکترود به داخل اتصال و ذوب صحیح ریشه کافی باشد و هم نیاز به فلز جوش اضافی نباشد.

پیشانی ریشه

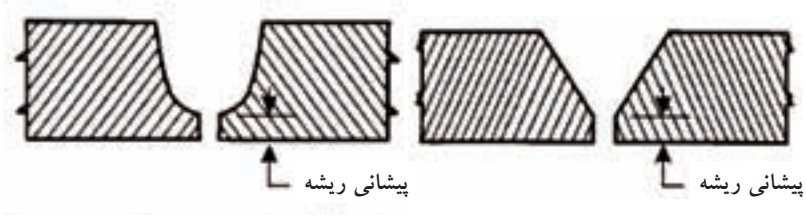
با ایجاد یک سطح صاف به ارتفاع حدود ۳ میلیمتر در ریشه‌ی جوش که پیشانی ریشه نامیده می‌شود، از سوختن لبه‌ی تیز در ریشه‌ی جوش جلوگیری می‌شود (شکل۱۲-۵).
همچنین میزان حداکثری برای پیشانی ریشه وجود دارد تا در هنگام جوشکاری طرف دیگر، جوش طرف پشت با جوش اولین پاس در هم آمیزد و اتصال سالمی را تامین نماید.

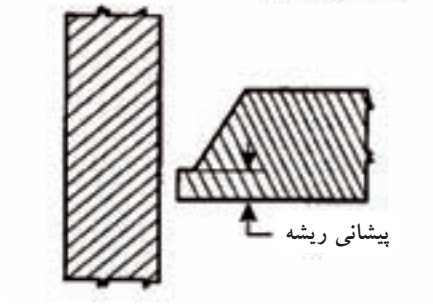
ب- ریزش مذاب در ریشه‌ی جوش درز فوق

پ- درز شیاری با پیشانی ریشه و عدم ریزش پاس ریشه



الف- درز شیاری بدون پیشانی ریشه





ضخامت پیشانی ریشه جوش در اتصالات مختلف

شکل ۱۲-۵- پیشانی ریشه

وقتی که از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامتی برای پیشانی ریشه در نظر گرفت.

هم محوری درز

لبه‌های درز باید قبل از جوشکاری از نظر هم‌راستایی و رعایت رواداری‌های مونتاژ درز کنترل شوند.

تمیزی درز

سطح درز باید از گرد و غبار، چربی و رطوبت پاک شود. این موضوع خصوصاً روی آن سطوحی اهمیت دارد که باید ذوب شده و با فلز جوش الکترود در هم آمیزند. سطح هر پاس‌جوش قبل از جوشکاری پاس بعدی باید کاملا تمیز شود.

۱۲-۲-۳- دستورالعمل جوشکاری

اتصالات مهم هر سازه نیاز به یک دستورالعمل جوشکاری دارد که جزئیات آن به طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته و طرح‌ریزی شده باشد. دستورالعمل جوشکاری را می‌توان با استفاده از تجربه تنظیم نمود، ولی بهترین روش، استفاده از نمونه‌های آزمایشی است.

دستورالعمل جوشکاری کامل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱ - جزئیات اتصال

۲- هندسه و رواداری‌های درز

۳- روش جوشکاری

۴- نوع و اندازه‌ی الکترود

۵- نوع پودر و یا گاز محافظ

۶- شدت جریان و ولتاژ (و تغییرات آن‌ها در پاس‌های مختلف)

۷- پیش‌گرمایش و درجه حرارت عبورهای میانی

۸- توالی عبورها (همراه با یک طرح)

۹- نوع بازرسی مورد نیاز

۱۰- هر اطلاعات دیگر از قبیل زاویه الکترود، قرارگیری نوار جوش و یا تکنیک‌های خاصی که کمکی برای حصول جوش خوب توسط جوشکار باشد.

نام شرکت ..... شماره تجدیدنظر ..... تاریخ ..... توسط .....
شماره دستورالعمل ..... تأییدکننده ..... تاریخ .....
روش جوشکاری ..... دستی ☐ نیمه‌اتوماتیک ☐ اتوماتیک ☐

نوع درز
نوع: یک‌رو ☐ دو رو ☐
پشت‌بند: بله ☐ خیر ☐
مصالح پشت‌بند .....
بازشدگی ریشه ..... ضخامت ریشه .....
زاویه شیار ..... شعاع .....
شیارزنی پشت: بله ☐ خیر ☐ روش .....

فلز پایه
مشخصات فنی .....
نوع یا رده .....
ضخامت .....

مصالح الکترود
مشخصات فنی AWS .....
رده طبق AWS .....

پوشش
نوع پودر ..... گاز .....
ترکیب .....
نوع روکش الکترود .....

پیش‌گرمایش
دمای پیش‌گرمایش: حداقل .....
دمای میان پاس: حداقل ..... حداکثر .....

وضعیت
جوش شیاری ..... گوشه .....
جوشکاری فلانج: سربالا ☐ سرپایین ☐

خواص الکتریکی
نوع انتقال (GMAW): .....
مدار کوتاه ☐ قطره‌ای ☐ پاششی ☐
جریان: AC ☐ DCEP ☐ DCEN ☐ ضربه‌ای ☐
غیره .....
الکترود تنگستن (GTAW): .....
اندازه .....
نوع .....

تکنیک جوشکاری
رنجبری ☐ زیگزاگ ☐
یک‌پاسه ☐ چندپاسه ☐
تعداد الکترود .....
فواصل الکترود: طولی .....
عرضی .....
زاویه .....
فاصله بانطمه کار .....
تمیزی میان پاس .....

عملیات پس‌گرمایش
درجه‌حرارت .....
زمان .....

هندسه درز	جریان			الکترود		روش جوشکاری	عبور
	سرعت حرکت	ولتاژ	آمپراژ	نوع و قطبیت	قطر	رده		
							۱
							۲
							۳

شکل ۱۲-۶- فرم استاندارد دستورالعمل جوشکاری WPS

پیش گرم کردن درز اتصال

نیاز به پیش‌گرمایش و میزان دمای لازم به ضخامت ورق، نوع فولاد، روش جوشکاری و دمای محیط بستگی دارد که در جدول ۱۲-۱ آمده است.

نوع فولاد	فرایند جوشکاری	ضخامت قطعه ضخیم‌تر (mm)	حداقل دمای پیشگرم یا بین پاسی* (°C)
St 37	SMAW - با الکترود کم هیدروژن	۳ تا ۱۹	۱۰
		۲۰ تا ۳۷	۲۰
St 44	GMAW -	۳۸ تا ۶۲	۶۵
		بیش از ۶۳	۱۱۰

جدول ۱۲-۱- حداقل دمای پیش‌گرم یا بین پاسی

۱۲-۲-۴- پرسنل

شکل ۱۲-۷-عملیات جوشکاری

شکل ۱۲-۸- آموزش عملیات جوشکاری

افزایش کیفیت ساخت و ساز و بالا بردن سطح فنی طرح‌های ارائه شده توسط دست اندرکاران ساختمان امکان‌پذیر نمی‌باشد، مگر با افزایش دانش فنی و سطح آگاهی آنان که این مهم به کمک آموزش ایشان تحقق می‌یابد.

مقوله دانش فنی شامل ابعاد گوناگونی است؛ در واقع این موضوع از هنرستان‌های فنی و آموزشگاه‌ها شروع می‌شود که مفاهیم عمومی و مهارتی را آموزش می‌دهند. در مرحله‌ی بعد دانش فنی به معنی دقیق‌تر در دانشگاه‌ها آموزش داده می‌شود. در ادامه‌ی این چرخه فعالیت‌های شرکت‌ها و موسسات تحقیقاتی قرار دارد که از طرق مختلف مانند تحقیق و پژوهش یا مشارکت با متخصصان و یا همکاری‌های خارجی، دانش فنی جدیدتر و کامل‌تری را به دست می‌آورند. نهایتاً آخرین مرحله‌ی به کارگیری این دانش‌ها و آموخته‌ها در عرصه‌ی عمل است که توسط تکنسین‌ها، مهندسان و طراحان به کار گرفته می‌شود.

این یک واقعیت است که در جوشکاری با دست، کیفیت جوش نمی‌تواند بهتر از مهارت جوشکار باشد. بنابراین قبل از شروع کار، مهارت جوشکار باید مورد ارزیابی قرار گیرد. روش عملی برای ارزیابی صلاحیت جوشکاران، انجام آزمایش تشخیص صلاحیت

جوشکار می‌باشد.
انجام این آزمایش برای تشخیص صلاحیت کافی است. لیکن اغلب، این سوال پیش می‌آید که آیا این آزمایش قابلیت جوشکار را برای انجام جوش واقعی در کارگاه نشان می‌دهد یا نه. غالباً با انجام یک آزمایش در کارگاه، فرآیند تشخیص صلاحیت تمام می‌شود. همچنین اگر در مشخصات فنی انجام آزمایش پرتونگاری لازم باشد، بهتر است این آزمایش نیز در تشخیص صلاحیت جوشکار گنجانده شود. در ضمن ممکن است مهندس کارگاه برحسب نیاز، انجام آزمایش‌های خاصی را نیز در برنامه‌ی تشخیص صلاحیت و ارزیابی جوشکار بگنجاند.

۱۲-۲-۵- بازرسی و تأیید جوش:

شکل ۱۲-۹-بازرس جوش

آخرین گام در قانون پنج P، بازرسی و تایید جوش است. استفاده از بازرسان جوش کارآمد در کارگاه، عموماً باعث می‌شود که جوشکاران بهترین کار خود را ارائه نمایند؛ زیرا احساس می‌نمایند که بازرس می‌تواند کیفیت جوش انجام شده توسط آن‌ها را ارزیابی کند. بازرس جوش، خود باید جوشکاری کار آزموده و قادر به یافتن معایب احتمالی باشد. در حین بازرسی، هرجوش ضعیف یا مشکوک باید برداشته و اصلاح گردد.

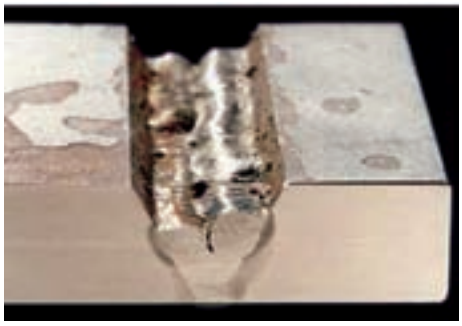
۱۲-۳- عیوب جوش

در صورتی که روش‌ها و فنون صحیح جوشکاری رعایت نشود، ممکن است معایبی در سطح یا داخل فلز جوش به وجود آید. بعضی از این معایب رایج عبارتند از:

- ذوب ناقص
- نفوذ ناقص
- تخلخل
- بریدگی کناره جوش
- تداخل گِل جوشکاری
- سررفتن جوش روی فلز پایه (لوچه)
- گرده‌ی اضافی در جوش
- لکه‌ی قوس
- انواع ترک‌ها
- عدم پرشدگی شیار
- جرقه و پاشش

ذوب ناقص:

ذوب ناقص عبارت است از عدم امتزاج (مخلوط شدن) کامل فلز جوش و فلز پایه‌ی مجاور آن. این عیب ممکن است در اثر تمیز نبودن سطوحی که باید به یکدیگر متصل گردند و پوشیده بودن آن‌ها از گرد و خاک، گل جوش، زنگ‌زدگی یا هر عامل خارجی دیگری اتفاق بیفتد. علت دیگر وقوع این عیب نرسیدن فلز مبنا به نقطه ذوب آن در اثر استفاده از وسایل جوشکاری با شدت جریان کم می‌باشد. سرعت زیاد جوشکاری نیز همین اثر را دارد. (شکل ۱۲-۱۰)



شکل ۱۲-۱۰- ذوب ناقص در پاس رویی جوش

نفوذ ناقص:

نفوذ ناکافی بدین معنی است که فلز جوش تا عمق کمتر از آنچه مشخص گردیده در داخل درز یا شیار نفوذ نماید. نفوذ ناقص تنها هنگامی که با دستورالعمل‌ها مغایرت نداشته باشد، مورد قبول است.

این عیب که عمدتاً به جوش‌های شیاری نفوذی مربوط می‌گردد، در صورت طرح نامناسب درزها در رابطه با روش جوشکاری انتخابی، الکترودهای بزرگتر از اندازه، جریان الکتریکی ناکافی، یا سرعت زیاد جوشکاری اتفاق می‌افتد.

شکل ۱۲-۱۱- نمونه درز جوش‌شده شیاری

تخلخل

تخلخل در صورت ایجاد حفره‌های خالی یا محبوس شدن گازها در فلز جوش هنگام سرد شدن آن اتفاق می‌افتد. این عیب در صورت استفاده از شدت جریان‌های خیلی زیاد یا طول قوس خیلی بلند ایجاد می‌شود. تخلخل ممکن است به طور یکنواخت در طول جوش پراکنده گردد یا ممکن است به صورت یک حفره‌ی بزرگ در ریشه‌ی جوش گوشه یا ریشه‌ی جوش شیاری در مجاورت تسمه‌ی پشت‌بند متمرکز گردد. حالت اخیر به دلیل روش جوشکاری نامناسب و استفاده‌ی غیرصحیح از تسمه‌های پشت‌بند اتفاق می‌افتد. وجود رطوبت، وزش باد در سطح جوش و کاربرد الکترود نامرغوب از دیگر دلایل ایجاد تخلخل در جوش می‌باشد.

الف- تخلخل ردیف شده

ب- حفرات گازی خطی شده که از طریق ترک به هم متصل شده‌اند

شکل ۱۲-۱۲- تخلخل در جوش

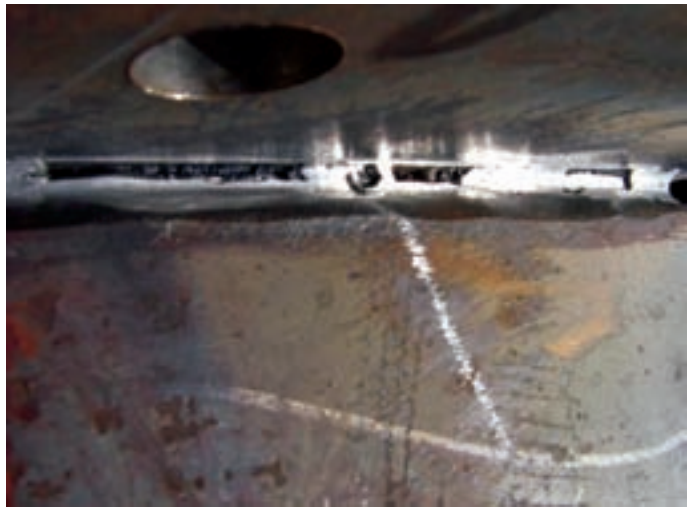
بریدگی کناره جوش

بریدگی به معنای شیار ذوب شده‌ای در فلز مبنا می‌باشد که در انتهای ساق جوش قرار گرفته و به وسیله‌ی فلز جوش پرنشده است. استفاده از جریان قوی یا طول قوس زیاد ممکن است فلز مبنا را بسوزاند یا قسمتی از آن را از جای خود جدا کرده و شیاری به جای بگذارد. این عیب به راحتی با چشم قابل تشخیص است و می‌توان آن را با جوشکاری مجدد ناحیه بریدگی، با الکترودهای نمره‌ی پایین‌تر از فلز جوش پر نمود.

شکل ۱۲-۱۳- سوختگی کنار جوش

تداخل گل جوشکاری

گل جوش در حین عملیات جوشکاری در نتیجه ذوب روکش الکترود تشکیل می‌گردد و مخلوطی از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر می‌باشد. به دلیل وزن مخصوص کمتر، گل جوشکاری اغلب به سطح حوضچه‌ی مذاب می‌آید و وقتی جوش سرد شد به راحتی توسط چکش جوش کنده می‌شود. سرد شدن سریع جوش ممکن است گل جوش را قبل از رسیدن به سطح، به دام بیندازد. جوش‌های سقفی بیشتر در معرض تداخل گل جوش قرار دارند و باید به دقت بازرسی شوند. وقتی که برای تامین اندازه‌ی جوشی مشخص احتیاج به چند بار عبور(pass) الکترود می‌باشد، باید بین هر دو عبور، جوشکار گل جوش مرحله‌ی قبل را بردارد. عدم دقت در انجام صحیح این عمل یکی از دلایل عمده‌ی تداخل گل جوشکاری است.



شکل ۱۲-۱۴- گل جوش (سرباره) حبس شده

سررفتن جوش روی فلز پایه (لوچه)

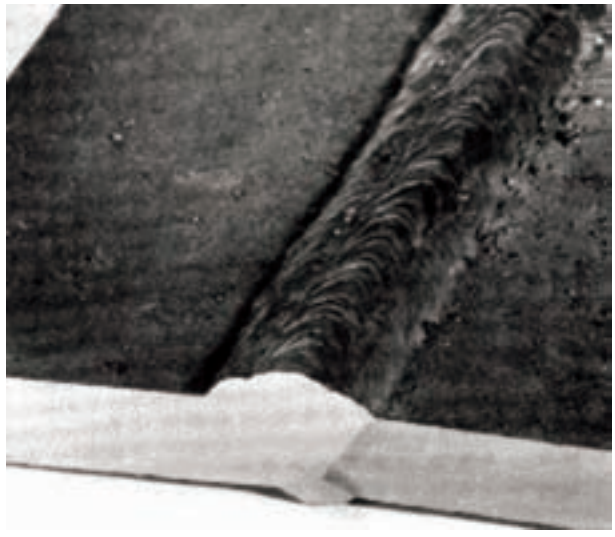
یکی دیگر از ناپیوستگی‌های سطحی که مربوط به بکارگیری تکنیک نامناسب جوشکاری است، سررفتن مذاب یا لوچه نام دارد. لوچه، عبارت است از جاری شدن فلز جوش روی فلز پایه، بدون ذوب نمودن کامل آن.
سررفتگی به عنوان یک ناپیوستگی خطرناک محسوب می‌شود. زیرا باعث ایجاد یک شیار تیز روی سطح قطعه می‌گردد. این شیار به عنوان محل تمرکز تنش می‌تواند باعث ایجاد و رشد ترک شود.

شکل ۱۲-۱۵- سررفتگی در یک جوش گوشه

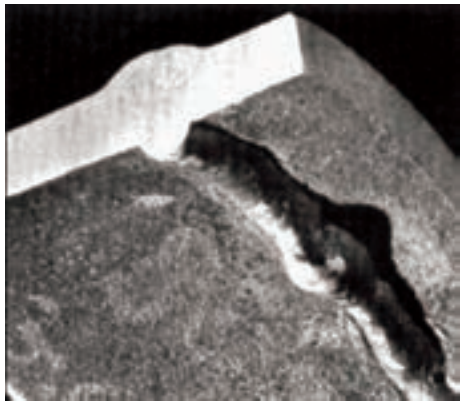
علت اصلی سررفتگی، تکنیک نامناسب جوشکاری می‌باشد. زمانی‌که سرعت جوشکاری خیلی آهسته باشد، مقدار فلز پرکننده ذوب شده، فراتر از حد نیاز جهت پرکردن اتصال بوده و اضافی آن روی فلز پایه جاری می‌گردد؛ به دلیل سرد بودن فلز پایه، ذوب کافی در محل جاری شدن ایجاد نمی‌گردد. در بعضی از الکترودها به دلیل سیال بودن مذاب، حساسیت به این ناپیوستگی بیشتر می‌باشد. و از این الکترودها فقط در وضعیت تخت استفاده می‌گردد. سررفتگی مذاب، به دلیل تأثیر نیروی ثقل، اغلب در وضعیت افقی رخ می‌دهد.

گرده اضافی در جوش

گرده اضافی، عبارت است از فلز جوش اضافه بر مقدار مورد نیاز جهت پر کردن اتصال. مشکل اصلی گرده جوش، احتمال ایجاد گوشه‌های تیز در نواحی پنجه‌ی جوش می‌باشد. با افزایش ارتفاع گرده جوش، حساسیت بیشتری در این نواحی ایجاد می‌شود.



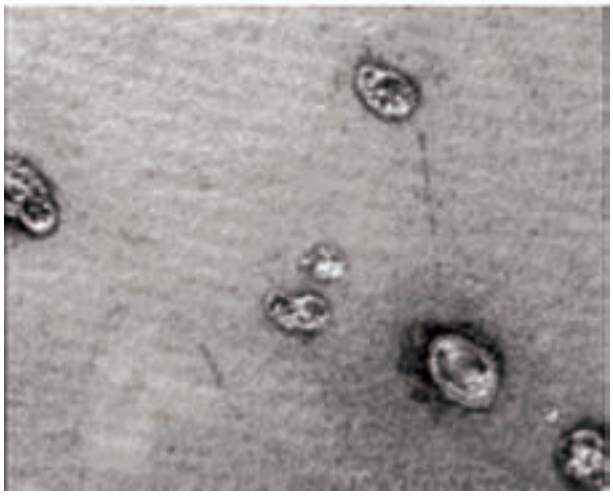
شکل ۱۲-۱۶- گرده اضافی



نفوذ اضافی جوش در جوش شیاری

لکه‌ی قوس:

لکه‌ی قوس در اثر روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه، خارج از درز اتصال بوجود می‌آید که در اثر آن، مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه بطور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد می‌گردد. لکه‌ی قوس قابل پذیرش نیست و وجود آن باعث ترک در فلز پایه می‌گردد.



شکل ۱۲-۱۷- لکه قوس

انواع ترک‌ها:

ترک‌ها، شکستگی‌های فلز جوش می‌باشند که در اثر تنش‌های داخلی در امتداد خط جوش و یا عمود بر آن به وجود می‌آیند. ترک‌ها همچنین ممکن است از فلز جوش به فلز مبنا امتداد پیدا کنند و یا کاملاً در فلز مبنا و در مجاورت خط جوش باشند. ترک‌ها زیان‌بارترین معایب جوش هستند.

بعضی ترک‌ها با شروع سخت شدن جوش شکل می‌گیرند. گرمایش یکنواخت و سردشدن آرام، از ایجاد ترک‌های داغ جلوگیری به عمل می‌آورد.

همچنین ممکن است در دمای عادی محیط سربسته، ترک‌هایی به موازات جوش و در زیر آن در فلز مبنا به وجود آید. این ترک‌ها در فولادهای ساختمانی می‌تواند تحت اثر نفوذ هیدروژن و جلوگیری از انقباض جوش و تاب‌خوردگی قطعه ایجاد شود.

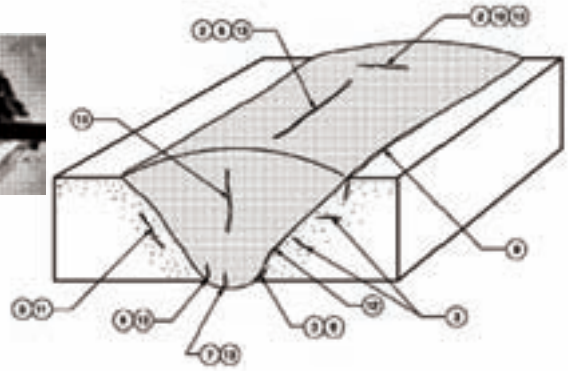
استفاده از الکترودهای کم هیدروژن همراه با پیش‌گرمایش مناسب، از ایجاد این ترک‌های «سرد» پیشگیری می‌کند.

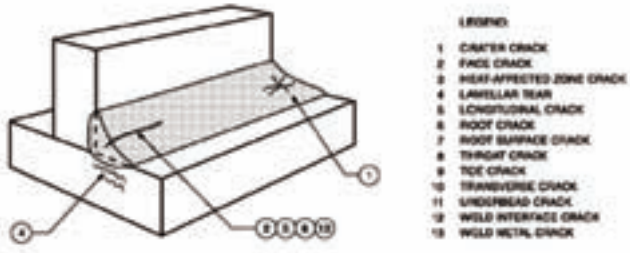
بطور کلی علل عمده‌ی ایجاد ترک در جوش و نواحی اطراف آن عبارتند از:

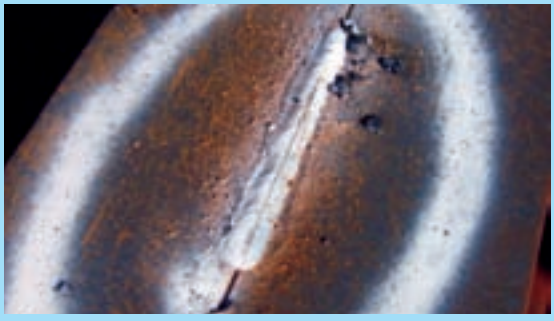
۱. نفوذ هیدروژن
۲. نسبت عمق به عرض زیاد
۳. تقعر سطح جوش
۴. عدم پیش‌گرمایش مناسب درز جوش
۵. وجود چاله‌ی انتهای جوش پرنشده
۶. وجود رطوبت در الکترود یا درز جوش
۷. طرح نامناسب درز جوش

گسترش ترک چاله جوش در قطعه جوشکاری شده آلومینیومی

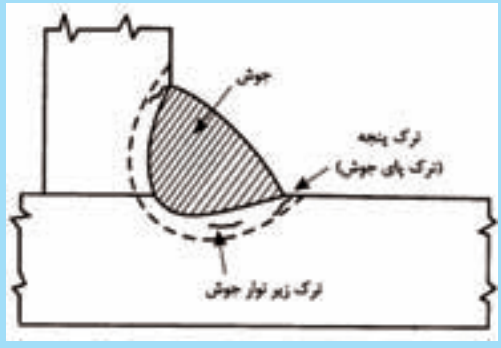
ترک چاله جوش



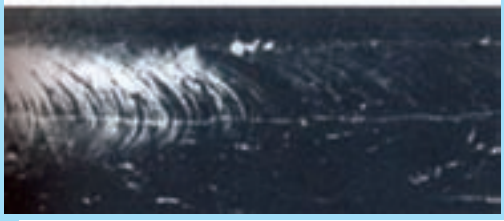




ترک طولی در جوش منقطع

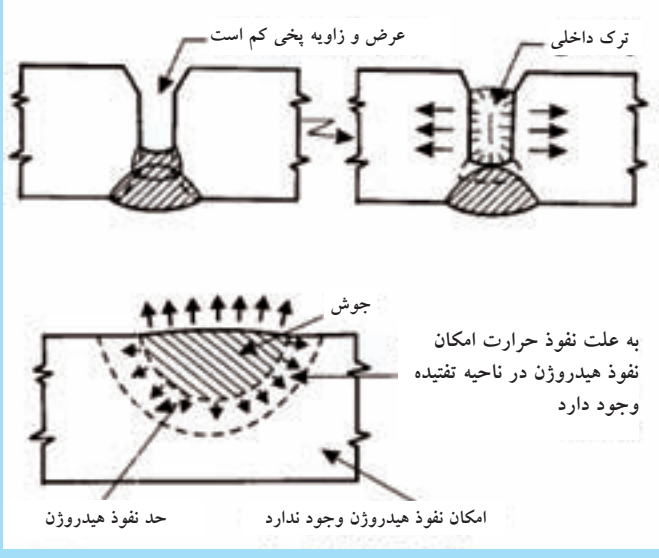


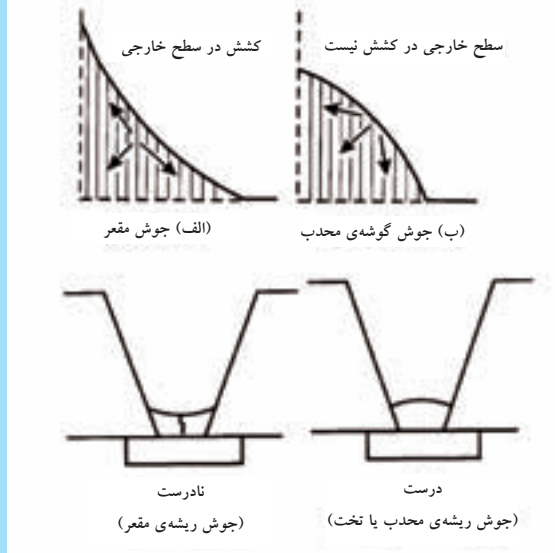
وقوع ترک در پای جوش



ترک طولی در خط مرکزی یک جوش شیاری

شکل ۱۲-۱۸- انواع ترک در جوش

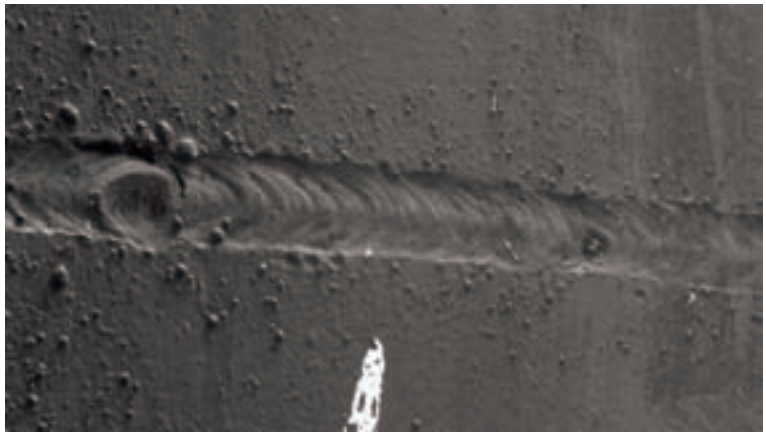




شکل ۱۲-۱۹- علل ایجاد ترک

عدم پرشدگی شیار

این عیب سطحی در اثر کمبود رسوب فلز جوش در مقطع جوش شیاری رخ می‌دهد؛ به عبارتی عدم پرشدگی شیار، زمانی ایجاد می‌شود که فلز پرکننده‌ی رسوب داده شده، جهت پرکردن شیار، کافی نباشد.



شکل ۱۲-۲۰- عدم پرشدگی شیار

جرقه و پاشش

جرقه و پاشش عبارت است از ذرات فلزی که در حین جوشکاری ذوبی به اطراف پرتاب شده و به عنوان بخشی از فلز جوش محسوب نمی‌شوند.

جرقه و پاشش، اغلب از اهمیت و حساسیت کمی در بین معایب جوشکاری برخوردار است، ولی به هرحال در صورتی‌که پاشش به صورت یک قطره‌ی بزرگ باشد، گرمای کافی جهت ایجاد حساسیت به ترک را ایجاد خواهد کرد.

شکل ۱۲-۲۱- نمونه‌ای از پاشش جوش

۱۲-۴- بازرسی جوش

منشأ بعضی عیوب که در جوش و فلز پایه ممکن است دیده شود، عبارتند از :

- عیوبی که ممکن است طی ساخت مواد خام به وجود آیند (ناخالصی های سرباره، حفره‌های گازی، حفره‌های انقباضی، ترک‌های تنشی و ...)
- عیوبی که ممکن است طی ساخت قطعات به وجود آیند (عیوب جوشکاری، عیوب عملیات حرارتی، ترک‌های ناشی از تنش‌های پسماند و ...)
- عیوبی که ممکن است طی مونتاژ قطعات به وجود آیند (مونتاژ نادرست، ترک‌های ناشی از تنش اضافی و ...)
- عیوبی که در مدت کاربری و حمل و نقل به وجود می‌آیند (خستگی، خوردگی، سایش، خزش، ناپایداری حرارتی و ...)

بکارگیری هر یک از سیستم های بازرسی متحمل هزینه است، اما اغلب استفاده‌ی موثر از روش های بازرسی مناسب، موجب صرفه‌جویی‌های مالی قابل ملاحظه‌ای خواهد شد. نه فقط نوع بازرسی، بلکه مراحل بکارگیری آن نیز مهم است. وقتی آزمایش‌های غیرمخرب، علاوه بر بازرسی عینی مورد نیاز باشد، باید اطلاعاتی از قبیل نوع جوش‌هایی که باید آزمایش شوند، درصدی از جوش‌ها که باید تحت آزمایش قرار گیرند و روش‌های آزمایش در مشخصات فنی ذکر شوند.

۱۲-۴-۱- بازرسی چشمی (عینی) جوش

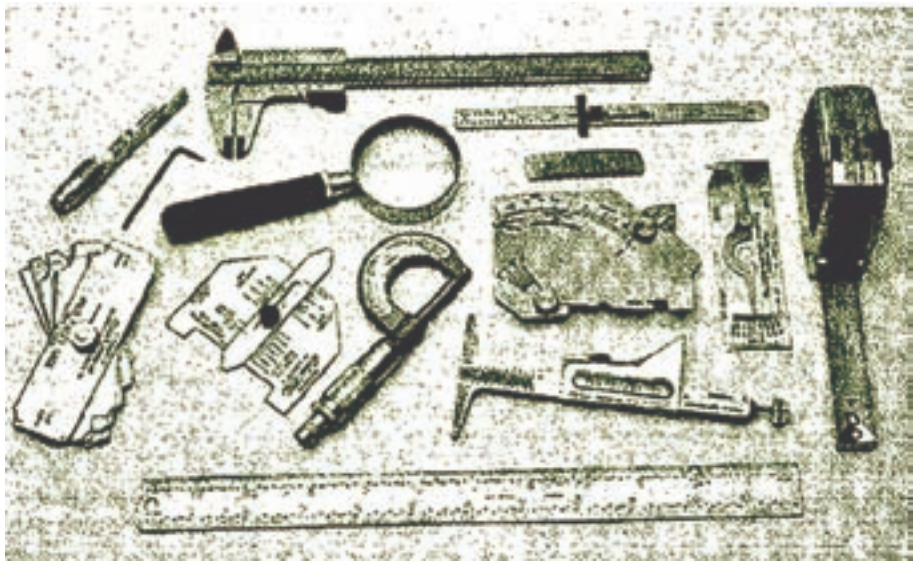
بازرسی چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی جوش می‌باشد. شناسایی و تعمیر این عیوب، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهینه می‌شود که دوره‌ی زمانی قبل، حین و بعد از جوشکاری و تمام مراحل فرآیند جوشکاری را پوشش دهد.

۱۲-۴-۱-۱- وسایل بازرسی چشمی

وسایل گوناگونی برای بازرسی جوش وجود دارد. در این قسمت بعضی از وسایل که بیشتر در بازرسی چشمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به شرح زیر معرفی می‌شوند:

۱- وسایل اندازه‌گیری خطی
۲- آمپرمتر
۳- دماسنج رنگی (گچ حرارتی)
۴ - دماسنج سطحی
۵- گیج‌های جوش (گرده سنج جوش)
۶- چراغ‌ها و آینه‌های بازرسی
۷- متر نواری
۸- کولیس
۹- ذره‌بین با قدرت بزرگنمایی ۲ تا ۵ برابر

۱۰- ماده‌ای برای نشانه‌گذاری جوش
۱۱- برای بازرسی چشمی‌جوش‌های با امکان دسترسی محدود، آینه‌ها، اندوسکوپ‌ها، برواسکوپ‌ها، فیبرهای نوری و دوربین‌های تلویزیونی ممکن است استفاده شود.



شکل ۱۲-۲۲- وسایل بازرسی چشمی جوش

۱۲-۴-۱-۲- بازرسی چشمی‌در آماده سازی اتصال قبل از جوشکاری

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به موارد مقدماتی داشته باشد، می‌تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری نماید. لازم به ذکر است کلیه‌ی این موارد در بخش۱۲-۲-۲ مورد توجه قرار گرفته‌اند.

۱۲-۴-۱-۳- بازرسی چشمی‌در حین جوشکاری

در حین جوشکاری، چندین مورد وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا در نتیجه رعایت آن‌ها، جوش رضایت‌بخشی حاصل شود. آزمون چشمی اولین روش برای کنترل در حین ساخت می‌باشد. بعضی از جنبه‌های ساخت که باید در حین جوشکاری کنترل شوند شامل موارد زیر می‌باشند:

شکل ۱۲-۲۳- وسایل بازرسی چشمی جوش

۱- کیفیت پاس ریشه‌ی جوش
۲- پیش گرمایش و دماهای بین پاسی
۳- توالی پاس‌های جوش
۴- اجرای لایه‌های بعدی با کیفیت جوش معلوم
۵- تمیزکاری بین پاسی
۶- پیروی از دستورالعمل‌های جوشکاری

اگر هر کدام از موارد فوق‌الذکر نادیده گرفته شود، سبب به‌وجود آمدن معایبی می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش جدی کیفیت جوش گردد.

۱۲-۴-۱-۴- بازرسی چشمی پس از جوشکاری

بسیاری از افراد فکر می‌کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می‌شود، که این طرز تفکر صحیح نمی‌باشد. به هر حال اگر همه‌ی مراحلی که قبلا شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله‌ی بازرسی چشمی، بازرسی پس از جوشکاری می‌باشد. در این مرحله از بازرسی، نسبت به مراحلی که قبلا طی شده و جوش رضایت بخشی را بوجود آورده، اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به بازرسی پس از جوشکاری دارند عبارتند از:

۱- ظاهر جوش

۲- طول جوش

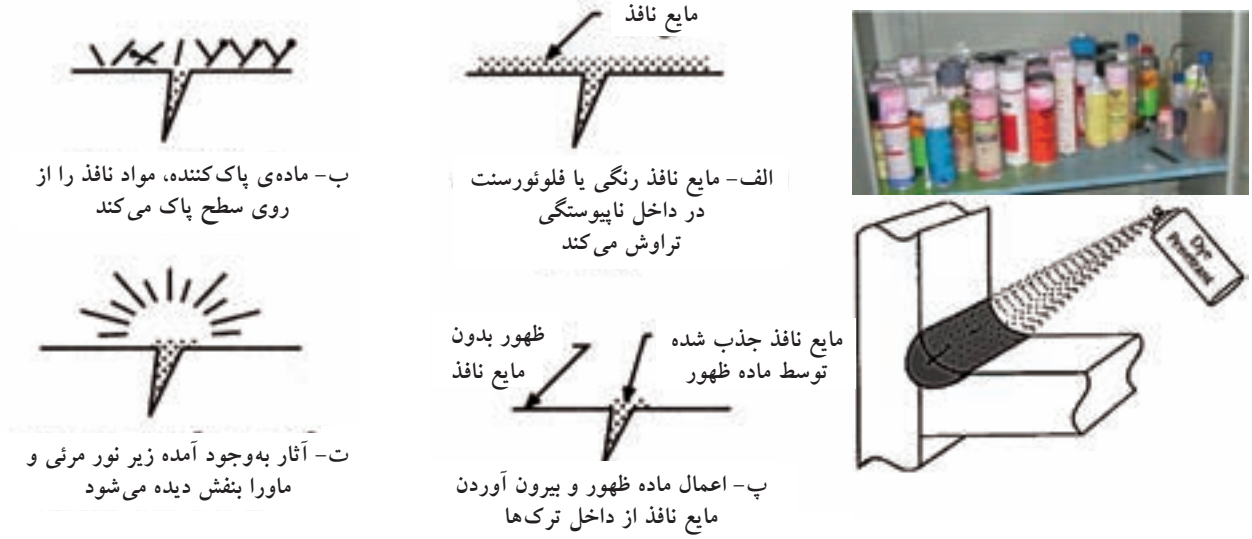
۳- بعد جوش

۴- میزان تغییر شکل

۱۲-۴-۲- آزمایش رنگ نافذ Dye Penetrant Testing (PT)

ترک‌های سطحی و منافذی که با چشم عادی قابل رویت نمی‌باشند، به وسیله‌ی آزمون رنگ نافذ شناسایی می‌شوند. این روش در شناسایی منافذ جوش کاربرد فراوانی دارد. قابل ذکر است که فولادهای آستنیتی (زنگ نزن) و فلزات غیر آهنی که از روش ذرات مغناطیسی نمی‌توان آن‌ها را آزمایش نمود، به روش مایع نافذ ارزیابی می‌شوند.

در این روش، ابتدا سطح قطعه‌ی مورد نظر را تمیز و خشک نموده (سطح باید عاری از هرگونه شیء خارجی مثل براده‌ها باشد تا مایع نافذ بخوبی داخل عیوب نفوذ نماید). سپس بوسیله‌ی مایع نافذ (Penetrant)، سطح مورد نظر را می‌پوشانیم که می‌توان این عمل را با پاشیدن رنگ نافذ انجام داد. بر اثر خاصیت مویینگی، مایع نافذ به درون عیوب نفوذ می‌کند و برای اینکه از نفوذ آن اطمینان حاصل شود، مدتی صبر کرده (حدود ۳۰ دقیقه) و سپس ماده‌ی نافذ اضافی از روی سطح پاک می‌شود.



شکل ۱۲-۲۴- مراحل انجام آزمایش مایع نافذ PT

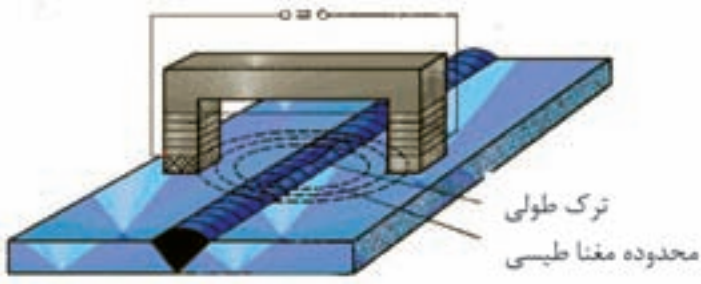
در مرحله‌ی بعدی ظاهرکننده (Developer) که پودر سفید رنگی می‌باشد، روی سطح موردنظر پاشیده می‌شود. ظاهرکننده باعث می‌شود مایع نافذ از داخل عیوب و ترک‌ها بیرون کشیده شود و در نتیجه رنگ بر روی سطح آشکار می‌شود. مراحل کاری این آزمایش در شکل ۱۲-۲۴ نشان داده شده است.
سپس بوسیله بازرسی چشمی نشانه‌های رنگی ایجاد شده را مشاهده نموده و محل عیوب و ترک‌ها مشخص می‌گردد.

۱۲-۴-۳- روش ذرات مغناطیسی (MT) Magnetic Particle Testing :

روش ذرات مغناطیسی جهت بازرسی و شناسایی عیوب سطحی و زیر سطحی تا عمق حدود ۵ میلیمتر در فلزات مغناطیس شونده مانند فولاد کاربرد دارد.

روش ذرات مغناطیسی به این صورت است که براده‌های آهن را در اطراف جوش ریخته و در اثر عبور جریان الکتریکی یک میدان مغناطیسی در اطراف جوش ایجاد کرده تا براده‌های آهن در امتداد این میدان قرار گیرند. در محل عیوب، پیوستگی و نظم براده‌های آهن بهم خورده که توسط بازرس مربوطه قابل تفسیر می‌باشد.

بازرس آزمایش ذرات مغناطیسی در حال انجام آزمایش



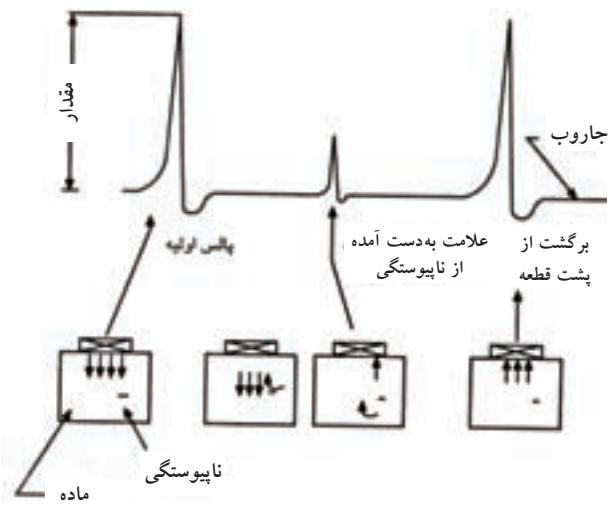
شکل ۱۲-۲۵- آزمایش ذرات مغناطیسی MT

بیش‌تر بدانیم

گسیختگی جوش اعضای مهاربند در زلزله‌ی بم

نمونه آموزشی جوش گوشه در وضعیت سربالا در ابعاد مختلف

۱۲-۴-۴- روش امواج فراصوت Ultrasonic Testing (UT)



شکل ۱۲-۲۶- صفحه نمایش دستگاه امواج فراصوت (التراسونیک)

در آزمایش امواج فراصوت (UT)، امواج صوتی با فرکانس بالا (در محدوده‌ی چند مگاهرتز) به داخل ماده‌ی مورد آزمایش وارد می‌شوند و عیوب داخلی را ردیابی می‌کنند.

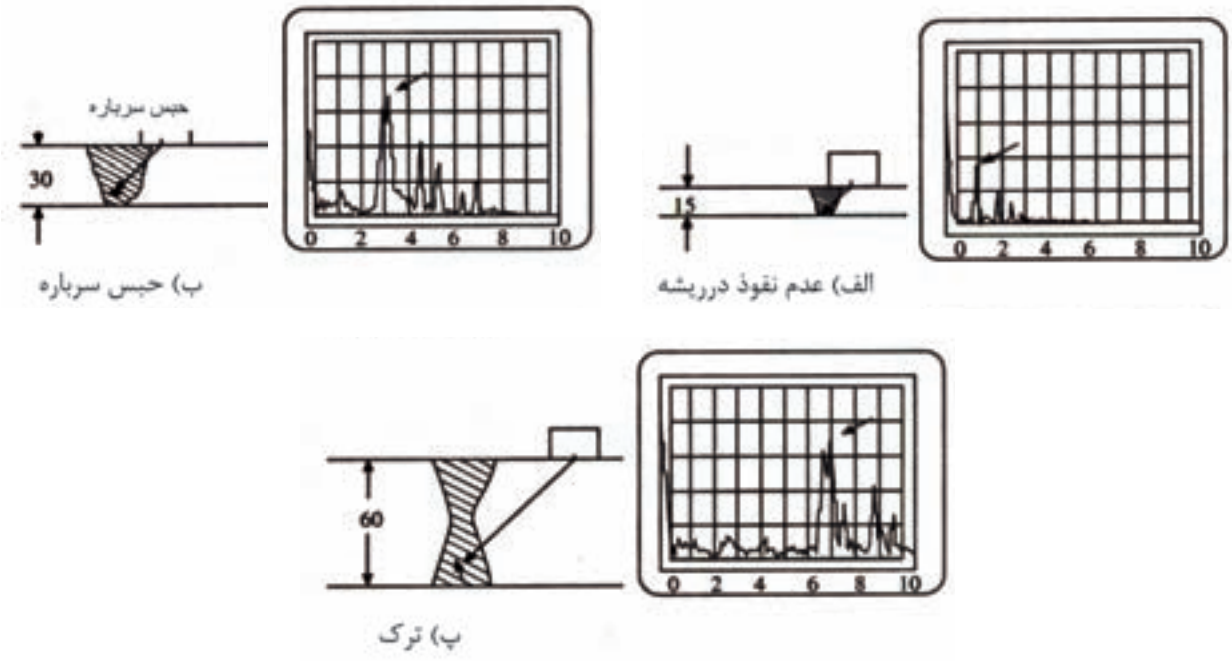
امواج صوتی با مقداری کاهش انرژی در داخل مواد حرکت می‌کند و از مرزها منعکس می‌شود. موج منعکس شده برای تشخیص وجود و محل عیب و ارزیابی‌های کمی، ردیابی و تحلیل می‌شود.

مجموعه‌ی تجهیزات آزمایش شامل موارد زیر می‌باشد:

(۱)ردیاب عیوب که دارای یک مدار جارو کننده، تولید کننده‌ی پالس، سرعت و یک لوله‌ی اشعه‌ی کاتدی می‌باشد.

(۲)فرستنده (پروب) شامل یک کریستال پیزوالکتریک که در اثر اعمال ولتاژ متناوب به آن، امواج فراصوت منتشر می‌کند.

(۳)یک کوپلنت (مایع برای اتصال) برای انتقال انرژی امواج فراصوت به داخل ماده‌ی تحت آزمایش.



شکل ۱۲-۲۷- الگوهای به دست آمده از عیوب جوش در روش فراصوتی UT

شکل ۱۲-۲۸- دستگاه تست فراصوت

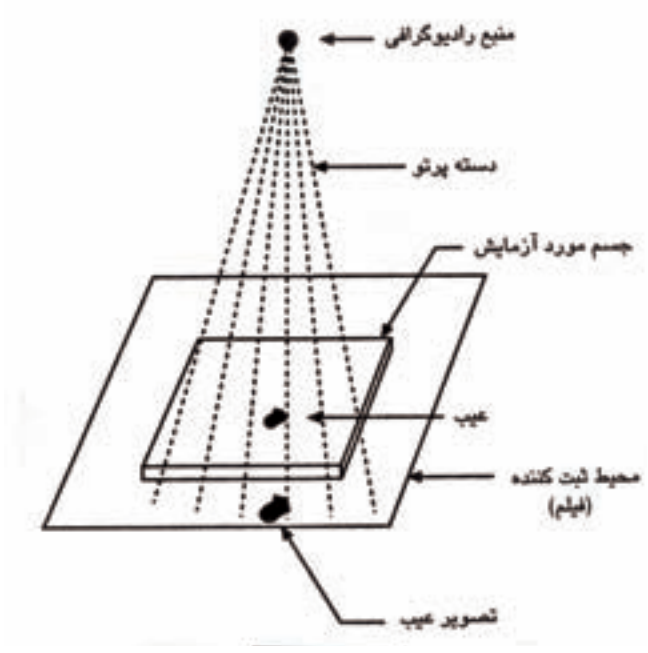
شکل ۱۲-۲۹- بازرس آزمایش فراصوتی در حال انجام آزمایش

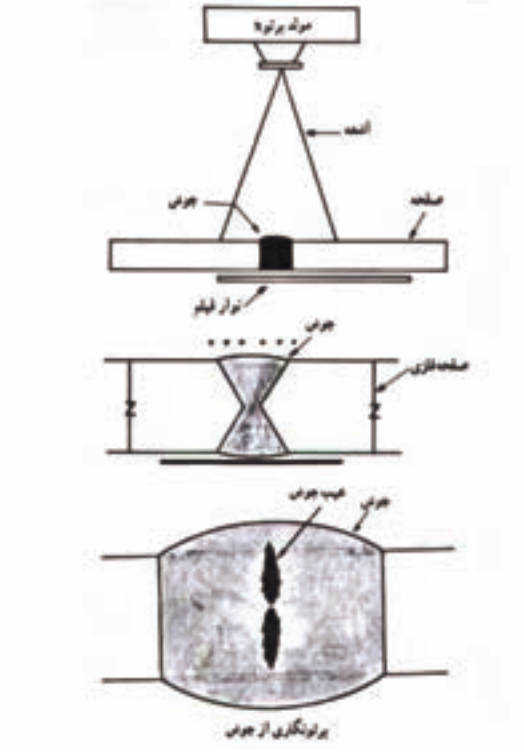
شکل ۱۲-۳۰- اتاق X-ray

۱۲-۴-۵- روش پرتونگاری Radiographic Testing (RT)

روش پرتونگاری با استفاده از اشعه‌ی ایکس و گاما صورت می‌گیرد و با عکس‌برداری عیب جوش مشخص می‌شود.

در روش‌های معمول رادیوگرافی، جسم موردنظر توسط اشعه‌ی X یا اشعه‌ی گاما، پرتودهی می‌شود. قسمتی از تشعشع که از نقاط معیوب عبور کرده و به وسیله‌ی جسم جذب نشده است، روی یک برگه فیلم برخورد می‌کند و اثری شبیه به اثر نور در فیلم عکاسی روی فیلم می‌گذارد. این فیلم مبنای تفسیر عیوب داخلی جوش خواهد بود.





شکل ۱۲-۳۱-اصول روش رادیوگرافی

به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱ – عوامل موثر در کیفیت جوشکاری را نام ببرید.

۲ – زاویه‌ی شیار به چه منظوری و در چه نوع جوش‌هایی وجود دارد؟

۳ – دلیل استفاده از پشت‌بند در جوش شیاری چیست؟

۴ – دستورالعمل جوشکاری چیست؟ و شامل چه اطلاعاتی می‌باشد؟ نام ببرید.

۵ – اهمیت مهارت گروه جوشکاری در چیست؟ شرح دهید.

۶ – عیوب جوش را نام ببرید و انواع ترک در جوش را بطور ترسیمی نمایش دهید.

۷ – عیب نفوذ ناکافی در اثر کدام یک از عوامل زیر ممکن است بوجود آید؟ چرا؟

الف – طرح نامناسب درز جوش ب – استفاده از الکترود با قطر بزرگتر از اندازه

پ – آمپر پایین ت– سرعت زیاد جوشکاری ث– همه موارد

۸ – علل ایجاد تخلخل در جوش چیست؟ روش های جلوگیری از آن را شرح دهید.

۹ – روش اصلاح بریدگی کناره‌ی جوش را بیان کنید.

۱۰ – لکه‌ی قوس باعث چه نوع عیبی در قطعه می‌شود؟

۱۱ – علل وقوع ترک در جوش را بیان کنید.

۱۲ – مراحل بازرسی چشمی جوش را شرح دهید.

۱۳ – برای تشخیص عیوب سطحی بسیار ریز، از چه روشی استفاده می‌کنید؟ چرا؟

۱۴ – روش بازرسی فراصوتی به چه منظوری انجام می شود؟

۱۵– آمپر بالا باعث ایجاد چه نوع عیوبی در جوش می شود؟ شرح دهید.

منابع:

۱. شناخت و خواص مواد، محسن اکبری...{و دیگران}، وزارت آموزش و پرورش، شاخه آموزشی فنی و حرفه‌ای،۱۳۸۳.

۲. طرح سازه‌های فولادی بر مبنای آیین‌نامه فولاد ایران، شاپور طاحونی، انتشارات علم و ادب، ۱۳۸۵

۳. راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی، شاپور طاحونی، وزارت مسکن و شهرسازی- معاونت امور مسکن و ساختمان، ۱۳۸۶

۴. مصالح ساختمان، حامی ا.، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوازدهم، تهران، ۱۳۸۰.

۵. بروشور صنایع فولاد اهواز.

۶. جداول و استانداردهای فولاد - کلید فولاد، ولی نژاد ع.، نشر طراح، چاپ ششم، ۱۳۸۵

۷. آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن۱۳۸۴.

۸. بم وزمین لرزه‌اش می آموزد، نشریه‌ی شماره یک - ۴۰۷، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۲.

۹. تاریخ مهندسی در ایران، مهدی فرشاد، نشربلخ، ۱۳۷۶.

۱۰. طرح و محاسبه‌ی سازه‌های فولادی، جلد اول و دوم، فریدون ایرانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۵.

۱۱. طرح و محاسبه ایستایی، مجلدات ۱،۲،۳،آرک مگر دیچیان، ۱۳۶۲.

۱۲. طرح و محاسبه قاب‌های شیب‌دار، آرک مگردیچیان.

۱۳. فناوری ساختمان‌های فلزی، محمدحق نگر...{و دیگران}، وزارت آموزش و پرورش،شاخه آموزشی فنی و حرفه‌ای،۱۳۸۳.

۱۴. فرهنگ مهندسی راه و ساختمان، علی گلصورت پهلویانی، انتشارات معین، ۱۳۷۷.

۱۵. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث۱۰: طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، انتشارات مدیریت، ۱۳۸۴.

۱۶. مقررات ملی ساختمان ایران،مبحث۱۲: ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، انتشارات مدیریت، ۱۳۷۹.

17-Design of steel structure, E.H. cay lord C.N cay lord, J.E. stallemeyer, Mc-.Graw Hill Inc, 1992

18-Structure steelwork design to limit state Theory, D.Lam, T.C.Ang, S.P.chiev .Elsevier Butterworth – Heinemam, 2004