

# 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 عمده 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.

## ۱-۱۲- 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 بوقوع بپیوندد. (شکل ۱-۱۲)



شکل ۱-۱۲- 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 نحوه 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 نقطه نظر 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 در خصوص روش‌های جوشکاری توضیحات لازم داده شده است.

## ۱۲-۲-۲- آماده کردن لبه‌ها

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

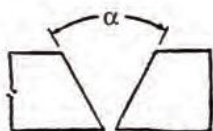


۱. زاویه شیار
۲. دهانه ریشه
۳. پیشانی ریشه
۴. هم محوری درز
۵. پشت‌بند
۶. تمیز بودن اتصال

آماده‌سازی مناسب پیج جوش شیاری

### زاویه شیار

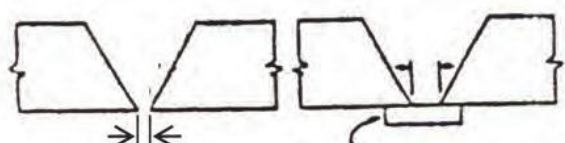
زاویه شیار باید برای دسترسی به ریشه اتصال و ذوب دیواره‌های جانبی اتصال در جوشکاری چند پاسی کافی باشد. بطور کلی هرچه زاویه شیار بزرگتر باشد ورود الکتروود آسان‌تر است ولی برای پر کردن آن فلز جوش بیشتری نیاز است. (شکل ۱۲-۲).



شکل ۱۲-۲- زاویه شیار

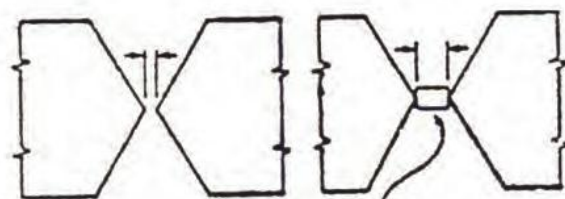
### دهانه ریشه

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



دهانه شیار

تسمه پشت بند



تسمه پرکننده

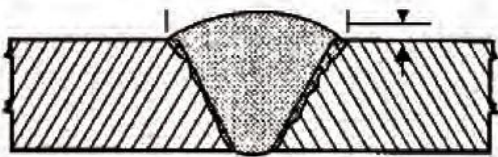
شکل ۱۲-۳- دهانه شیار



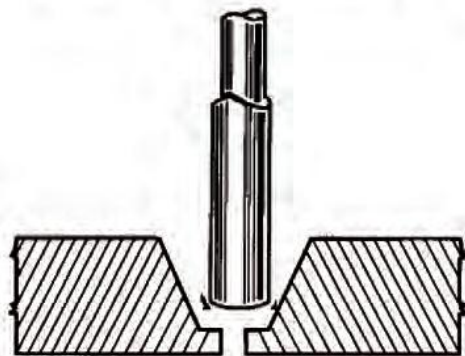
آماده‌سازی نامناسب درز جوش شیاری

در صورت عدم استفاده از تسمه 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 دهانه ریشه کوچک در نظر گرفته می‌شود.

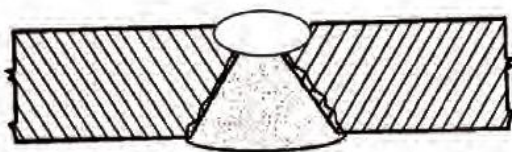
در جوشکاری با تسمه پشت‌بند، عرض ریشه بازتر گرفته می‌شود تا قطعه پشت‌بند نیز خوب ذوب شود، چون در این حالت نمی‌توان پشت جوش را سنگ زد و همچنین سوختن لبه‌های تیز مطرح نیست. اگر برای جوشکاری و پر کردن فاصله از قطعه پرکننده (فیلر) کمک گرفته شود، این قطعه بصورت پشت‌بند عمل می‌کند، ولی قبل از جوشکاری طرف پشت آن را باید سنگ زد تا از سالم و کافی بودن ذوب اطمینان حاصل شود.



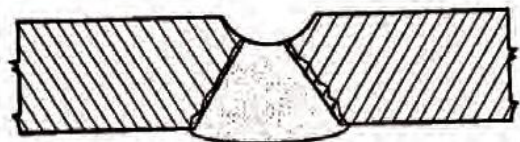
ب- جوش داخل شیار



الف- آماده‌سازی اتصال

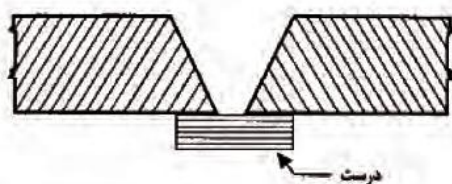


ت- جوشکاری پشت

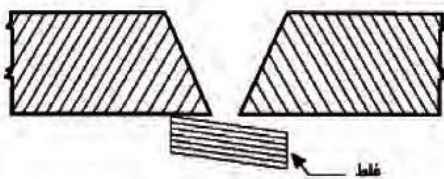


پ- سنگ‌زنی ریشه جوش

شکل ۱۲-۴- مراحل انجام جوش پشت

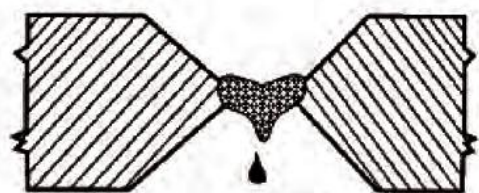


درست

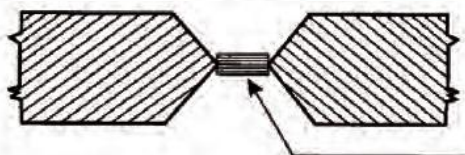


غلط

نصب پشت‌بند جوش



ریزش جوش



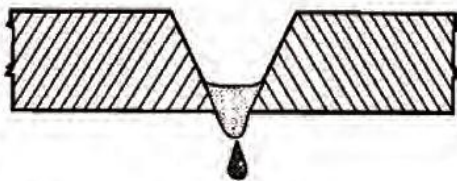
تسمه فاصله دهنده برای جلوگیری از ریزش جوش (این تسمه قبل از جوش طرف دوم باید برداشته شود)

دو عامل زاویه شیار و باز بودن ریشه طوری به هم مربوط هستند که هم باید فضا برای ورود الکتروود 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 ریشه جوش که پیشانی ریشه نامیده می‌شود، از سوختن لبه تیز در ریشه جوش جلوگیری می‌شود (شکل ۱۲-۵).

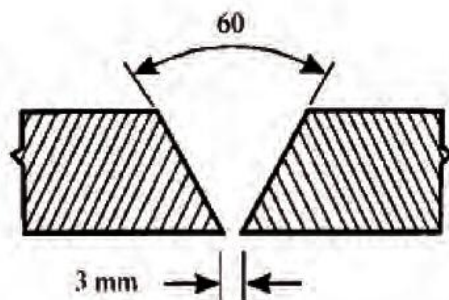
همچنین میزان حداکثری برای پیشانی ریشه وجود دارد تا در هنگام جوشکاری طرف دیگر، جوش طرف پشت با جوش اولین پاس در هم آمیزد و اتصال سالمی را تامین نماید.



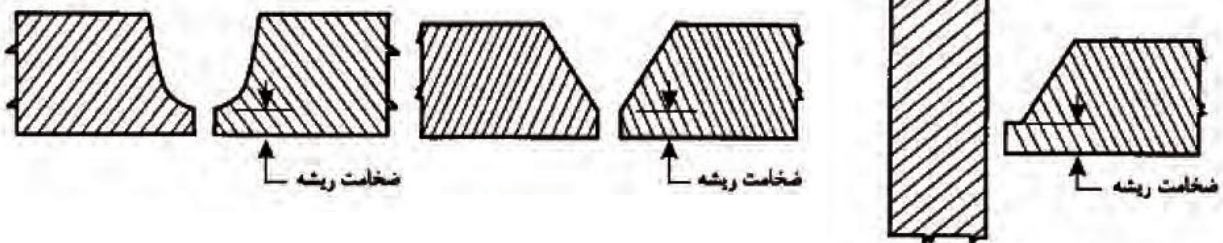
ب- ریزش مذاب در ریشه جوش درز فوق



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



الف- درز شیاری بدون پیشانی ریشه



ضخامت پیشانی ریشه جوش در اتصالات مفصل

شکل ۱۲-۵- پیشانی ریشه

وقتی که از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامتی برای 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 الکتروود در هم آمیزند. سطح هر پاس جوش قبل از جوشکاری پاس بعدی باید کاملاً تمیز شود.



## پیش گرم کردن درز اتصال

نیاز به پیش گرمایش 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 ضخیم تر (mm)	حداقل دمای پیشگرم یا بین پاسی* (°C)
St 37	SMAW - الکترو د کم هیدروژن با	۱۹ تا ۳	۱۰
		۳۷ تا ۲۰	۲۰
St 44	GMAW -	۶۲ تا ۳۸	۶۵
		بیش از ۶۳	۱۱۰

جدول ۱۲-۱- حداقل دمای پیشگرم یا بین پاسی

## ۱۲-۲-۴- پرسنل



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 مرحله بعد دانش فنی به معنی دقیق‌تر در دانشگاه‌ها آموزش داده می‌شود. در ادامه 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 مرحله به کارگیری این دانش‌ها و آموخته‌ها در عرصه عمل است که توسط تکنسین‌ها، مهندسان و طراحان به کار گرفته می‌شود.



آموزش عملیات جوشکاری

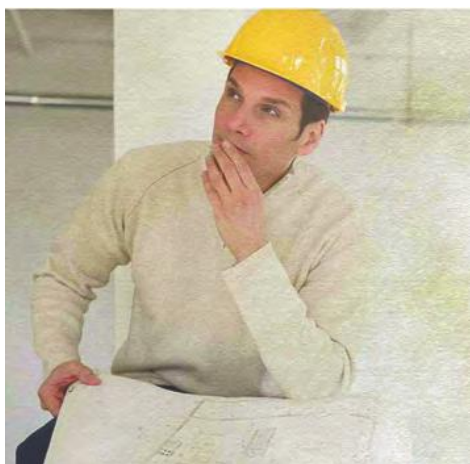
این یک واقعیت است که در جوشکاری با دست، کیفیت جوش نمی‌تواند بهتر از مهارت جوشکار باشد. بنابراین قبل از شروع کار، مهارت جوشکار باید مورد ارزیابی قرار گیرد. روش عملی برای ارزیابی صلاحیت جوشکاران، انجام آزمایش تشخیص صلاحیت



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 برنامه تشخیص صلاحیت و ارزیابی جوشکار بگنجانند.

### ۱۲-۲-۵- بازرسی و تأیید



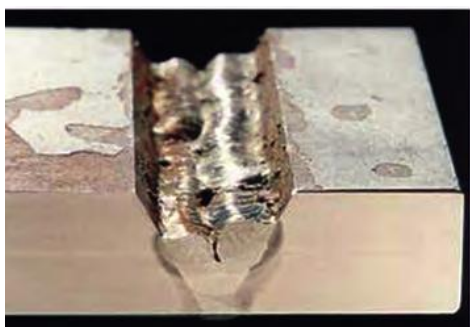
آخرین گام در قانون پنج P، بازرسی و تأیید است. استفاده از بازرسان جوش کارآمد در کارگاه، عموماً باعث می‌شود که جوشکاران بهترین کار خود را ارائه نمایند؛ زیرا احساس می‌نمایند که بازرسی می‌تواند کیفیت جوش انجام شده توسط آن‌ها را ارزیابی کند. بازرسی جوش، خود باید جوشکاری کارآموده و قادر به یافتن معایب احتمالی باشد. در حین بازرسی، هر جوش 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
- ناخالصی‌های حبس شده
- سررفتن جوش روی فلز پایه، لوچه
- گرده اضافی در جوش
- لکه قوس
- انواع ترک‌ها
- عدم پرشدگی شیار
- جرقه و پاشش

## ذوب ناقص



شکل ۱۲-۷- ذوب ناقص در پاس (وی بی جوش)

ذوب ناقص عبارت است از عدم امتزاج (مخلوط شدن) کامل فلز جوش و فلز پایه 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 ۷-۱۲)

## نفوذ ناکافی در درز



نمونه درز جوش شده شیاری

نفوذ ناکافی بدین معنی است که فلز جوش تا عمق کمتری از آنچه مشخص گردیده در داخل درز یا شیار نفوذ می‌نماید. نفوذ ناقص تنها هنگامی که در دستورالعمل‌ها چنین مشخص گردیده، مورد قبول است. این عیب که عمدتاً به جوش‌های شیاری نفوذی مربوط می‌گردد، در صورت طرح نامناسب جوش درزها در رابطه با روش جوشکاری انتخابی، الکترودهای بزرگتر از اندازه، جریان الکتریکی ناکافی، یا سرعت زیاد جوشکاری اتفاق می‌افتد.

## تخلخل



الف- تخلخل ردیف شده



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

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 حفره بزرگ در ریشه جوش گوشه یا ریشه جوش شیاری در مجاورت تسمه پشت‌بند متمرکز گردد. حالت اخیر به دلیل روش جوشکاری نامناسب و استفاده غیر صحیح از تسمه‌های پشت‌بند اتفاق می‌افتد. وجود رطوبت، وزش باد در سطح جوش و کاربرد الکتروود نامرغوب از دلایل ایجاد تخلخل در جوش می‌باشد.

شکل ۱۲-۸- 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 وسیله 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 گذارد. این عیب به راحتی با چشم قابل تشخیص است و می‌توان آن را با جوشکاری مجدد ناحیه بریدگی، با الکترودهای نمره پایین‌تر از فلز جوش پر نمود.



شکل ۱۲-۹- سوختگی کنار جوش

بیشتر بدانیم



کیفیت نامناسب جوش و گسیختگی مقاطع در زلزله بم

## تداخل گل جوشکاری

گل جوش در حین عملیات جوشکاری در نتیجه ذوب روکش الکتروود تشکیل می‌گردد و مخلوطی از اکسید فلزات و ترکیبات دیگر می‌باشد. به دلیل وزن مخصوص کمتر، گل جوشکاری اغلب به سطح حوضچه 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 اندازه جوشی مشخص احتیاج به چند بار عبور (pass) الکتروود می‌باشد، باید بین هر دو عبور، جوشکار گل جوش مرحله قبل را بردارد. عدم دقت در انجام صحیح این عمل یکی از دلایل عمده تداخل گل جوشکاری است.

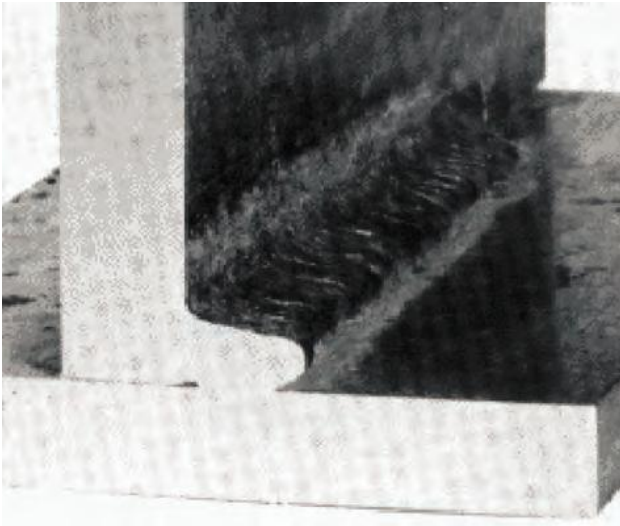


شکل ۱۲-۱۰- گل جوش (سرباره) مپس شده



## سرفتن جوش روی فلز پایه (لوچه)

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

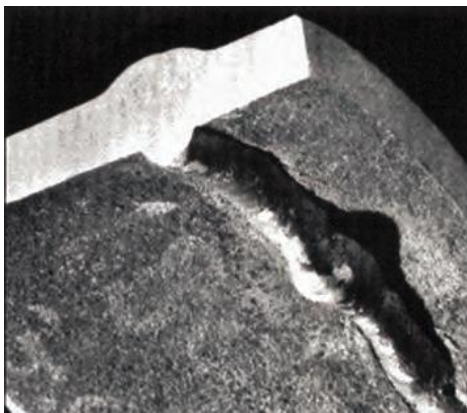


شکل ۱۲-۱۱- سرفتنگی در یک جوش گوشه

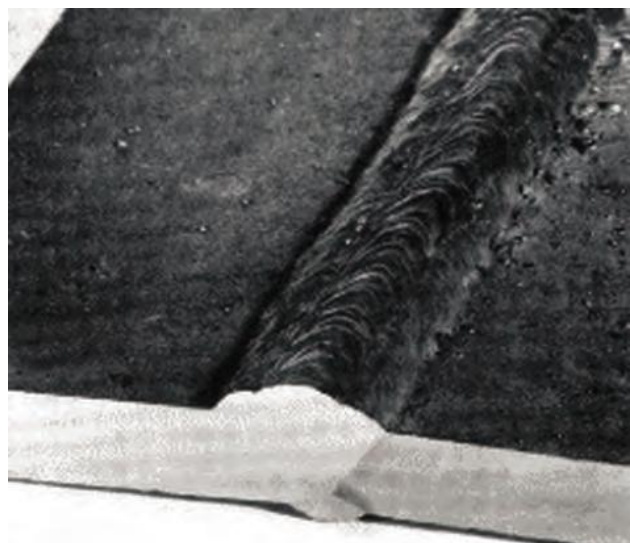
علت اصلی سرفتنگی، تکنیک نامناسب جوشکاری می‌باشد. زمانی که سرعت جوشکاری خیلی آهسته باشد، مقدار فلز پرکننده ذوب شده، فراتر از حد نیاز جهت پرکردن اتصال بوده و اضافی آن روی فلز پایه جاری می‌گردد؛ به دلیل سرد بودن فلز پایه، ذوب کافی در محل جاری شدن ایجاد نمی‌گردد. در بعضی از الکترودها به دلیل سیال بودن مذاب، حساسیت به این ناپیوستگی بیشتر می‌باشد. و از این الکترودها فقط در وضعیت تخت استفاده می‌گردد. سرفتنگی 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 پنجه جوش می‌باشد. با افزایش ارتفاع گرده جوش، حساسیت بیشتری در این نواحی ایجاد می‌شود.

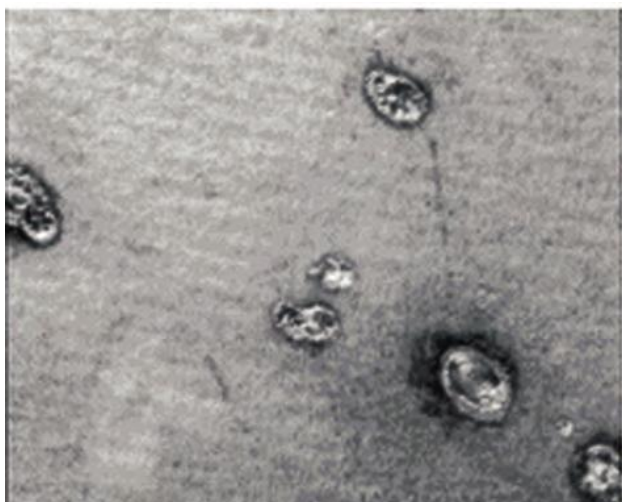


نفوذ اضافی جوش در جوش شیاری



شکل ۱۲-۱۲- گرده اضافی

## لکه قوس



شکل ۱۲-۱۳- لکه قوس

لکه 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. لکه قوس قابل پذیرش نیست و وجود آن باعث ترک در فلز پایه می‌گردد.

## 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.

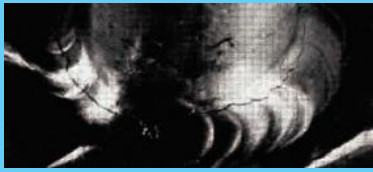
بعضی ترک‌ها با شروع سخت شدن جوش شکل می‌گیرند. گرمایش یکنواخت و سرد شدن آرام‌تر، از ایجاد ترک‌های داغ جلوگیری به عمل می‌آورد.

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.

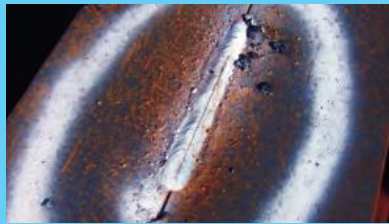
بطور کلی علل عمده ایجاد ترک در جوش و نواحی اطراف آن عبارتند از:

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

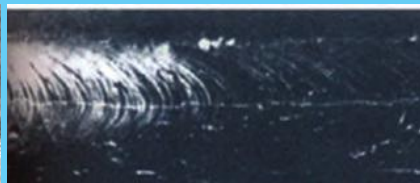
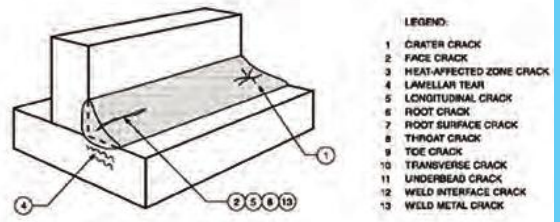
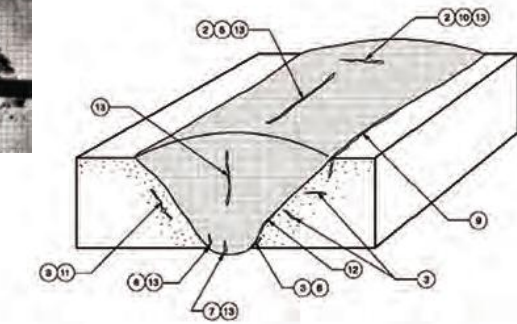


گسترش ترک چاله جوش در قطعه جوشکاری شده آلومینیومی

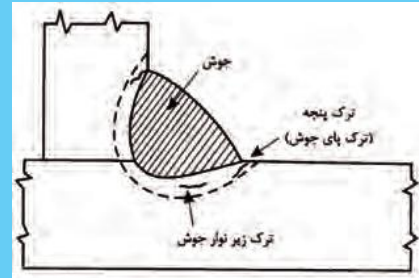
ترک چاله جوش



ترک طولی در جوش منقطع

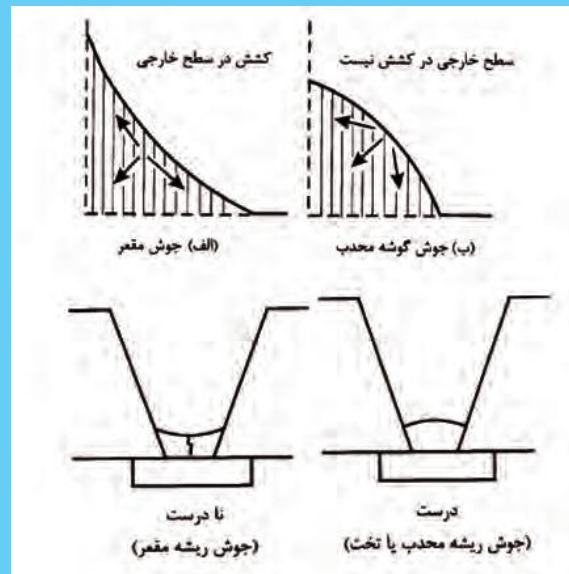
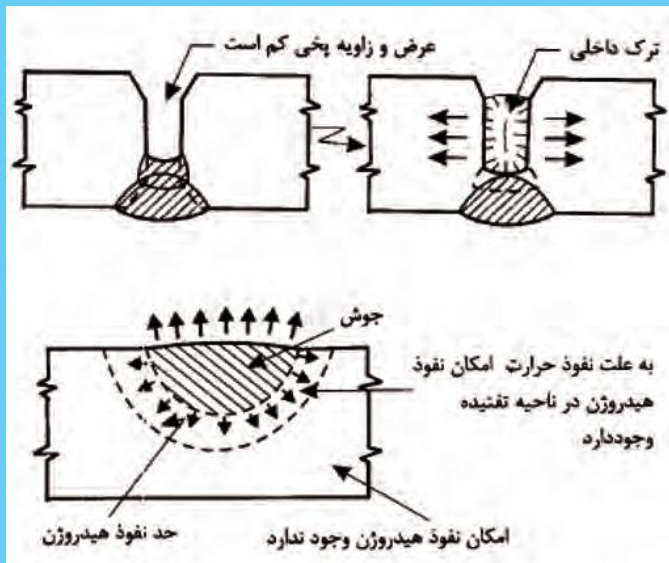


ترک طولی در خط مرکزی یک جوش شیاری



وقوع ترک پای جوش

شکل ۱۲-۱۴- انواع ترک در جوش



شکل ۱۲-۱۵- علل ایجاد ترک

## عدم پرشدگی شیار

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



شکل ۱۲-۱۶- 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 هر حال در صورتی که پاشش به صورت یک قطره بزرگ باشد، گرمای کافی جهت ایجاد حساسیت به ترک را ایجاد خواهد کرد.



شکل ۱۲-۱۷- نمونه‌ای از پاشش جوش



## ۱۲-۴- بازرسی جوش

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

- عیوبی که ممکن است طی ساخت مواد خام به وجود آیند (ناخالصی های سرباره، حفره های گازی، حفره های انقباضی، ترک های تنش و ...)

- عیوبی که ممکن است طی ساخت قطعات به وجود آیند (عیوب جوشکاری، عیوب عملیات حرارتی، ترک های ناشی از تنش های پسماند و ...)

- عیوبی که ممکن است طی مونتاژ قطعات به وجود آیند (مونتاژ نادرست، ترک های ناشی از تنش اضافی و ...)

- عیوبی که در مدت کاربری و حمل و نقل به وجود می آیند (خستگی، خوردگی، سایش، خزش، ناپایداری حرارتی و ...)

بکارگیری هر یک از سیستم های بازرسی متحمل هزینه است، اما اغلب استفاده موثر از روش های بازرسی مناسب، موجب صرفه جویی های مالی قابل ملاحظه ای خواهد شد. نه فقط نوع بازرسی، بلکه مراحل بکارگیری آن نیز مهم است. وقتی آزمایش های غیرمخرب، علاوه بر بازرسی عینی مورد نیاز باشد، باید اطلاعاتی از قبیل نوع جوش هایی که باید آزمایش شوند، درصدی از جوش ها که باید تحت آزمایش قرار گیرند و روش های آزمایش در مشخصات فنی ذکر شوند.

## ۱۲-۴-۱- بازرسی چشمی (عینی) جوش

بازرسی چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد. شناسایی و تعمیر این عیوب، کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت. تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهینه می شود که دوره 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 می گیرند، به شرح زیر معرفی می شوند:

۱- وسایل اندازه گیری خطی

۲- آمپر متر

۳- دماسنج رنگی (گچ حرارتی)

۴- دماسنج سطحی

۵- گیج های جوش (گرده سنج جوش)

۶- چراغ ها و آینه های بازرسی

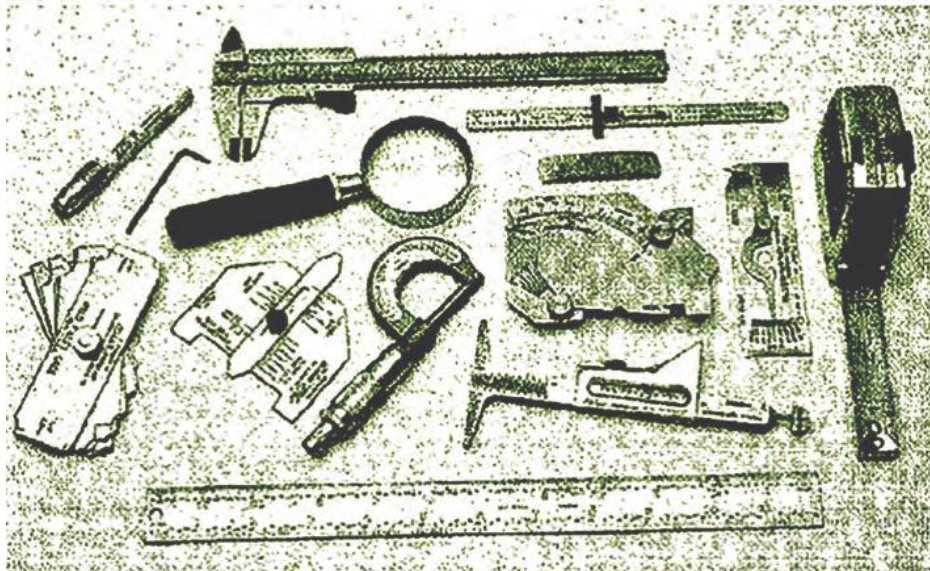
۷- متر نواری

۸- کولیس

۹- ذره بین با قدرت بزرگنمایی ۲ تا ۵ برابر

۱۰- ماده‌ای برای نشانه‌گذاری جوش

۱۱- برای بازرسی چشمی جوش‌های با امکان دسترسی محدود، آینه‌ها، اندوسکوپ‌ها، برواسکوپ‌ها، فیبرهای نوری و دوربین‌های تلویزیونی ممکن است استفاده شود.



شکل ۱۲-۱۸- وسایل بازرسی چشمی جوش

#### ۱۲-۴-۱-۲- بازرسی چشمی در آماده سازی اتصال

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 کلیه این موارد در بخش ۱۲-۲-۲ مورد توجه قرار گرفته‌اند.

#### ۱۲-۴-۱-۳- بازرسی چشمی در 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 می‌باشد:

۱- کیفیت پاس ریشه جوش

۲- آماده‌سازی ریشه اتصال

۳- پیش گرمایش و دماهای بین پاسی

۴- توالی پاس‌های جوش

۵- اجرای لایه‌های بعدی با کیفیت جوش معلوم

۶- تمیزکاری بین پاسی

۷- پیروی از دستورالعمل‌های جوشکاری

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



وسایل بازرسی چشمی جوش

## ۱۲-۴-۱-۴- بازرسی چشمی پس از جوشکاری

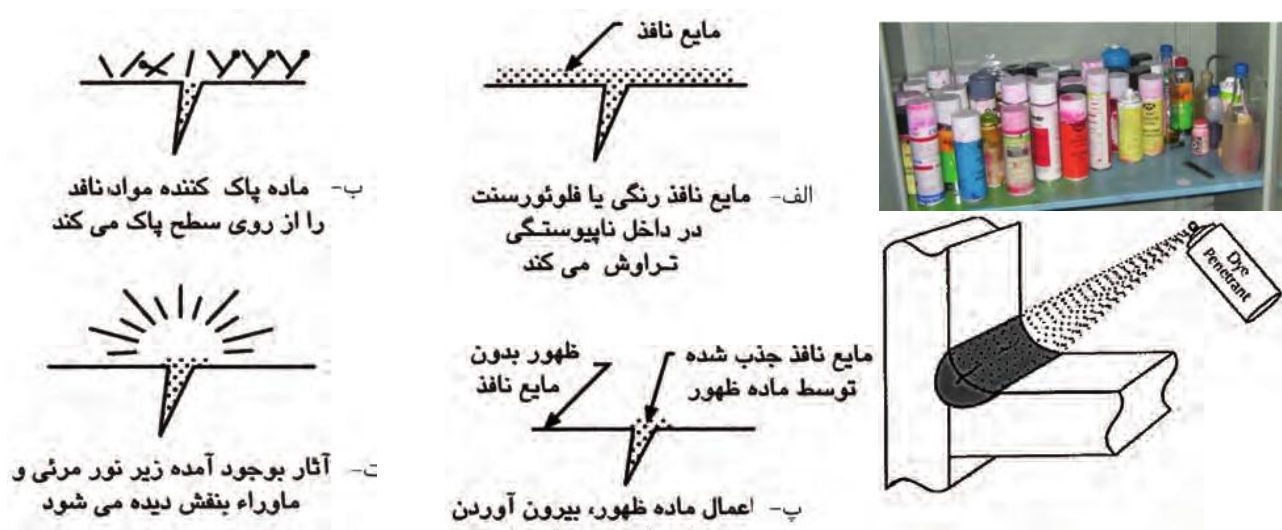
بسیاری از افراد فکر می‌کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می‌شود، که این طرز تفکر صحیح نمی‌باشد. به هر حال اگر همه مراحل که قبلاً شرح داده شد، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد، آخرین مرحله بازرسی چشمی، بازرسی پس از جوشکاری می‌باشد. در این مرحله از بازرسی، نسبت به مراحل که قبلاً طی شده 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- اندازه جوش
- ۳- صحت ابعادی
- 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 وسیله آزمون رنگ نافذ شناسایی می‌شوند. این روش در شناسایی منافذ جوش کاربرد فراوانی دارد. قابل ذکر است که فولادهای آستنیتی 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 قطعه 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 بوسیله مایع نافذ (Penetrant)، سطح مورد نظر را می‌پوشانیم که می‌توان این عمل را با اسپری نمودن رنگ نافذ انجام داد. بر اثر خاصیت موینگی، مایع نافذ به درون عیوب نفوذ می‌کند و برای اینکه از نفوذ آن اطمینان حاصل شود، مدتی صبر کرده (حدود ۳۰ دقیقه) و سپس ماده نافذ اضافی از روی سطح پاک می‌شود.



شکل ۱۲-۱۹- مراحل انجام آزمایش مایع نافذ PT

روش مایع نافذ PT

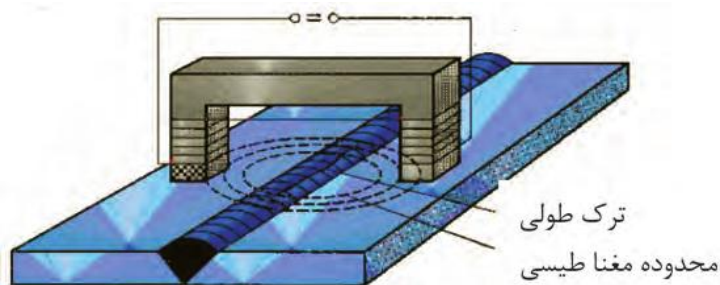
در مرحله بعدی ظاهرکننده (Developer) که پودر سفید رنگی می باشد را روی سطح موردنظر اسپری می کنیم. ظاهرکننده باعث می شود مایع نافذ از داخل عیوب و ترکها بیرون کشیده شود و در نتیجه رنگ بر روی سطح آشکار می شود. مراحل کاری این آزمایش در شکل ۱۲-۱۹ نشان داده شده است. سپس بوسیله بازرسی چشمی نشانه های رنگی ایجاد شده را مشاهده نموده و محل عیوب و ترکها مشخص می گردد

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

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 براده های آهن را در اطراف جوش ریخته و در اثر عبور جریان الکتریکی یک میدان مغناطیسی در اطراف جوش ایجاد کرده تا براده های آهن در امتداد این میدان قرار گیرند. در محل عیوب، پیوستگی و نظم براده های آهن بهم خورده که توسط بازرس مربوطه قابل تفسیر می باشد.



بازرس آزمایش ذرات مغناطیسی در حال انجام آزمایش

شکل ۱۲-۲۰- آزمایش ذرات مغناطیسی MT



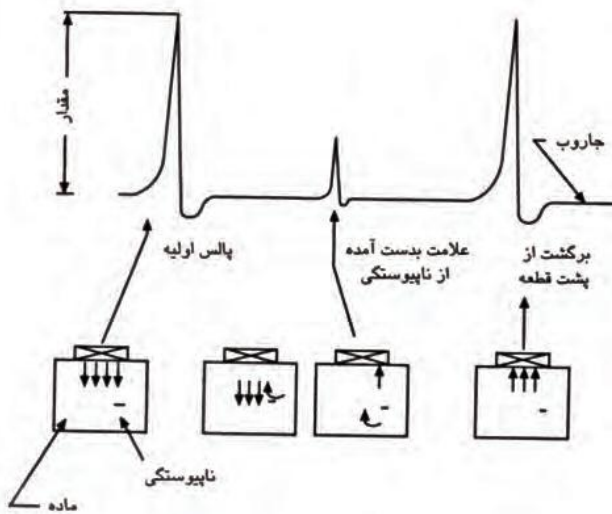
نمونه آموزشی  
جوش گوشه در  
وضعیت سربالا  
در ابعاد مختلف

پیشتر بدانیم



گسیختگی جوش اعضای مهاربند در  
زلزله بم

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



در آزمایش امواج فراصوت (UT)، امواج صوتی با فرکانس بالا (در محدوده چند مگاهرتز) به داخل ماده 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.

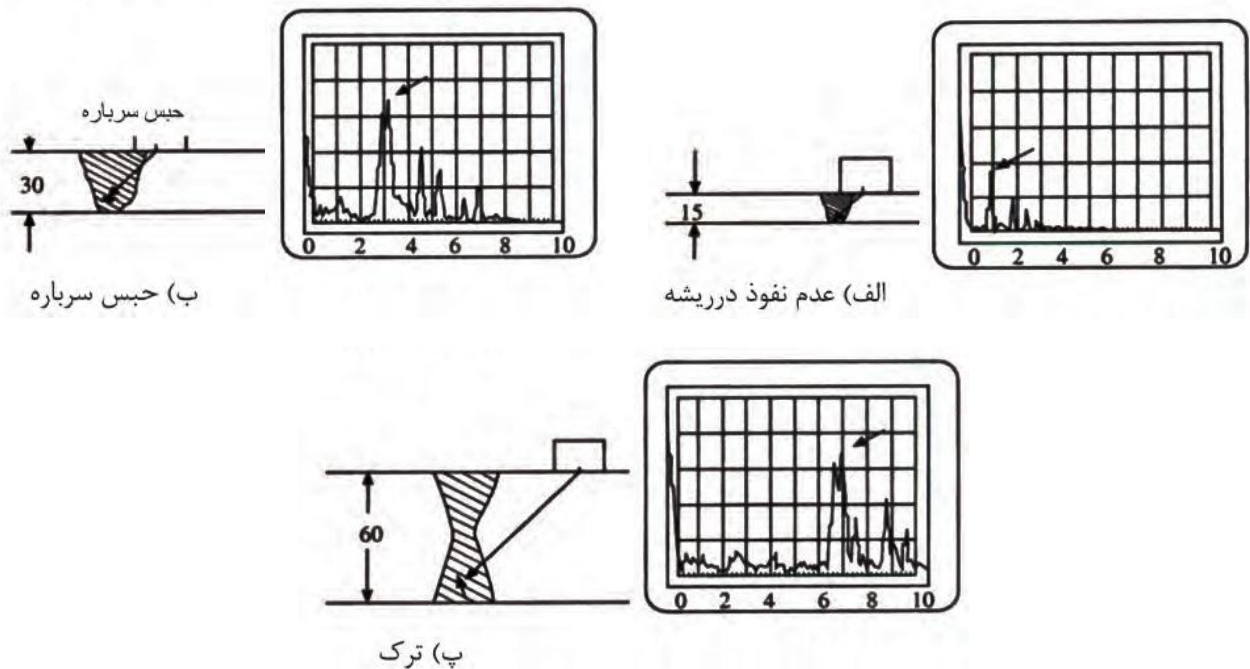
مجموعه تجهیزات آزمایش شامل موارد زیر می‌باشد:

(۱) ردیاب عیوب که دارای یک مدار جارو کننده، شکل ۱۲-۲۱- صفحه نمایش دستگاه امواج فراصوت (التراسونیک)

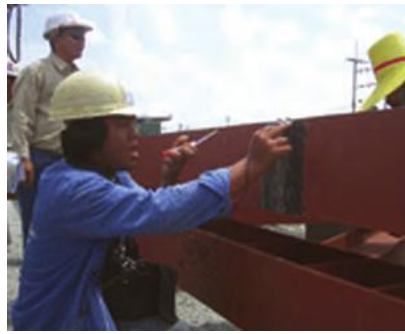
تولید کننده پالس، سرعت و یک لوله اشعه کاتدی می‌باشد.

(۲) فرستنده (پروپ) 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 ماده تحت آزمایش.



شکل ۱۲-۲۲- الگوهای به دست آمده از عیوب جوش در روش فراصوتی UT



بازرس آزمایش فراصوتی در حال انجام آزمایش

دستگاه تست فراصوت

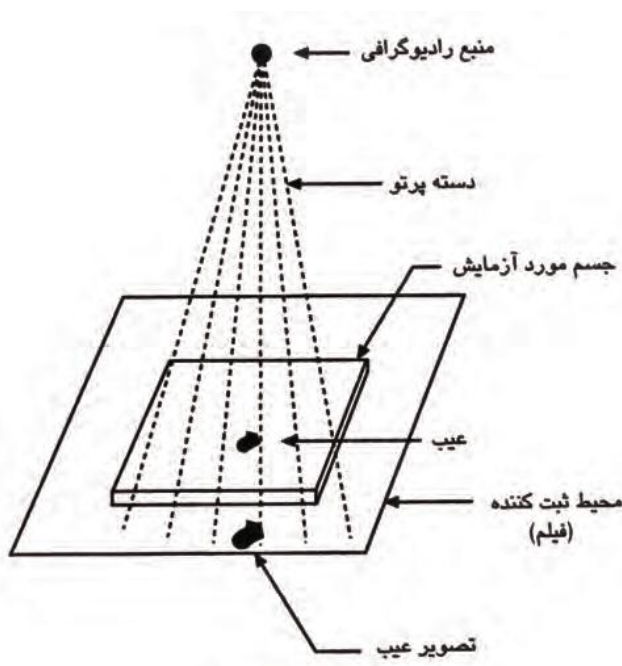


اتاق X-ray

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

روش پرتونگاری با استفاده از اشعه ایکس و گاما صورت می‌گیرد و با عکس برداری عیب جوش مشخص می‌شود.

در روش‌های معمول رادیوگرافی، جسم موردنظر توسط اشعه X یا اشعه گاما، پرتودهی می‌شود. قسمتی از تشعشع که از نقاط عیب عبور کرده و به وسیله 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 ۱۲-۱۳- اصول روش رادیوگرافی

