مرکز علمی کاربردی خانه کارگر تبریز

تست های غیر مخرب

Non Destructive Tests (NDT)

مهندس علی الماسی

بسم الله الرحمن الرحیم

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

مقدمه : ضرورت بازرسي

در ماده یا قطعه در حین ساخت، انواع نقصها با اندازه های متفاوت ممکن است به وجود آید که ماهیت و اندازه دقیق این نقص، کارکرد آتی قطعه را تحت تاثیر قرار می دهد. نقصهای دیگری مانند ترکهای ناشی از خستگی یا خوردگی، در حین کار با ماده نیز ممکن است به وجود آید. بنابراین برای آشکارسازی نقصها در مرحله ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده آهنگ رشد آنها در حین عمر کاری هر قطعه یا مجموعه باید وسایل قابل اعتمادی در اختیار داشت.

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

انواع سيستم هاي بازرسي

تستهای مخرب (DT)

در این نوع تست آزمایشهای مختلف بر روی نمونه های استاندارد تهیه شده از قطعات مورد آزمون انجام می شود و پس از انجام تست نمونه از بین می رود.

معایب روش:

- ✓ سرعت پایین
- ✓ پر هزینه بودن
- ✓ ارائه اطلاعات فقط مربوط به نمونه ها

انواع سيستم هاي بازرسي

تستهای غیر مخرب (NDT)

تست یا بازرسی غیر مخرب به روش هایی از بازرسی اطلاق می شود که در آنها کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن قطعه ، مورد بررسی قرار می گیرد.

تفاوتهاي DT و NDT

1. در روش DT پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می دهد .
2. در روش DT نمی توان تمام محصولات را تحت آزمایش قرار داد و باید به صورت random تعدادی از نمونه ها را تحت آزمایش قرار داد .
3. در روش DT نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است .

تفاوتهاي DT و NDT

- آزمایشهای DT و NDT در عرض یکدیگر قرار ندارند و انجام یک تست باعث بی نیازی از تست دیگر نمی شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

المان هاي بازرسي غير مخرب

1. منبع انرژی
2. یک قطعه کار متناسب با منبع انرژی
3. قطعه آزمون برای اندازه گیری تفاوت ها
4. وسیله ای برای نشان دادن و ثبت نتایج آزمون
5. اپراتور آموزش دیده
6. دستور العمل برای انجام تست
7. سیستم گزارش نتایج

روش هاي متداول NDT

- ✓ بازرسي چشمي (VT) Visual Test
- ✓ بازرسي با مايعات نافذ (PT) Liquid Penetrant Test
- ✓ بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT) Magnetic Particle Test
- ✓ راديوگرافي (RT) Radiographic Test
- ✓ بازرسي با جريان گرداب (ET) Eddy Current Test
- ✓ بازرسي با امواج اولتراسونيک (UT) Ultrasonic Test
- ✓ سختي سنجي (HT) Hardness Test

مراحل NDT

مرحله اول : استفاده از یک خاصیت فیزیکی جسم و محیط تست

مرحله دوم : تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیب

مرحله سوم : آشکار سازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکارساز مناسب

مرحله چهارم : تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد

مرحله پنجم : تفسیر نتایج

تعاریف اولیه

ناپیوستگی (Discontinuity) : هرگونه اغتشاش در خواص متالورژیکی یا مکانیکی یا فیزیکی جسم ناپیوستگی نامیده می شود.

عیب (Defect) : ناپیوستگی هایی که باعث شود خواص استاندارد قطعه از بین رود، عیب نامیده می شود.

یک ناپیوستگی لزوماً عیب نیست.

عیوب در اتصالات جوشکاري شده

یک ناپیوستگی در حقیقت یک انقطاع در ساختار فلز جوش می باشد مثل وجود ناهمگنی در خواص مکانیکی و متالورژیکی ماده یا فلز جوش .

عیب نیز یک ناپیوستگی است که به واسطه ویژگی خاصش و یا در اثر تجمع آن درقطعه یا محصول، نمی تواند حداقل استانداردهای کاری مورد نیاز را برآورده کند .

عیوب جوش به طور کلی به گروههای زیر تقسیم می شود :

ترکها

حفره های گازی

ناخالصیهای سرباره جوش

عدم نفوذ یا ذوب

شکل ناقص یا طرح ظاهری غیر قابل قبول جوش

و سایر عیوب (مثل اثر پاشش قوس الکتریکی بر روی سطح قطعه)

ترکها(Cracks)

زمانی که تنشهای موضعی از حد استحکام ماده فراتر روند در جوش و یا فلز پایه ترک ایجاد می شود .

انواع ترک بر اساس شکل :

طولی : ترکهای طولی در جوشهای کوچک بین مقاطع سنگین، معمولا بر اثر سرعت بالای سرد شدن و تنش بالا رخ می دهند.

عرضی : معمولا بر اثر تنشهای طولی انقباضی، روی فلز جوش با چکشخواری کم بوجود می آیند.

ستاره ای : در اثر قطع نامناسب جوشکاری قوسی در چاله انتهایی جوش بوجود می آیند.

ترکها(Cracks)

انواع ترک بر حسب دمایی که در آن ایجاد می شود :

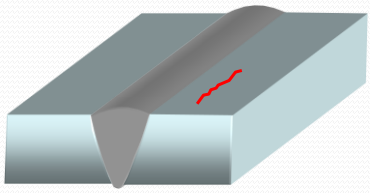
- **ترک گرم**

ترکهای گرم در حین انجماد و یا قبل از اینکه حرارت جوش به طور کامل برطرف شود، بوجود می آیند .

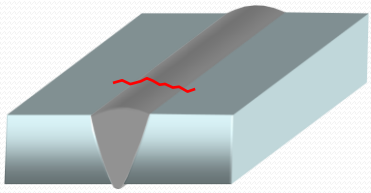
- **ترک سرد**

ترکهای سرد بعد از تکمیل انجماد بوجود می آیند . به آنها ترکهای تأخیری نیز گفته می شود .

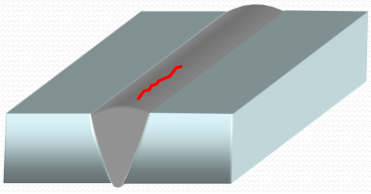
ترکها(Cracks)



Longitudinal parent metal crack

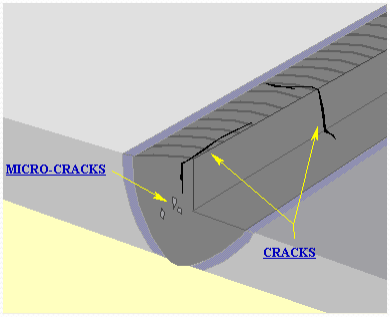


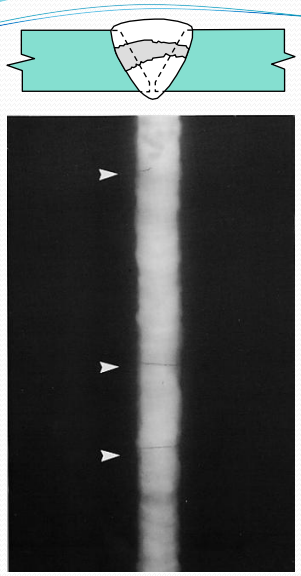
Transverse weld metal crack

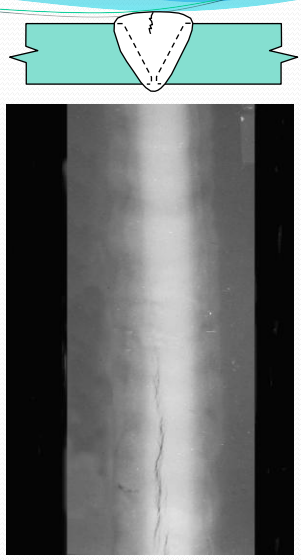


Longitudinal weld metal crack

ترکها(Cracks)

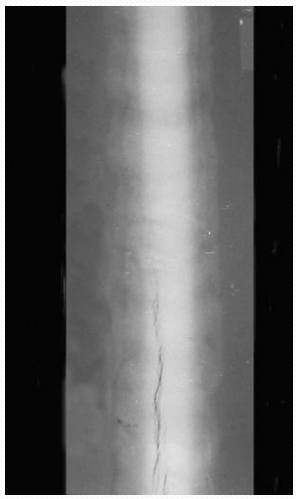




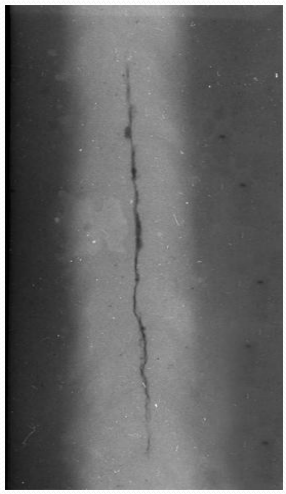


Transverse crack

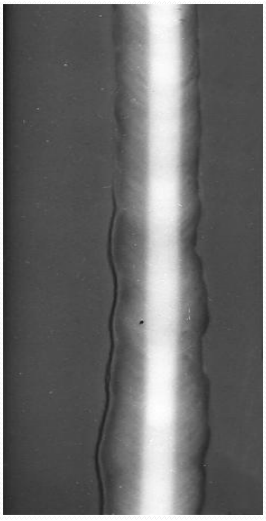
Longitudinal crack



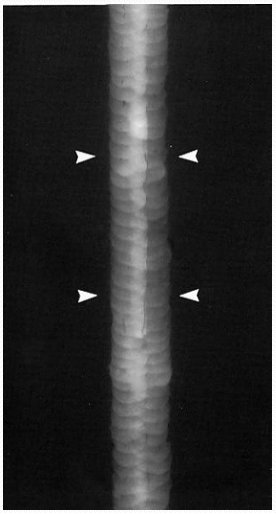
Longitudinal crack



Longitudinal crack



HAZ crack

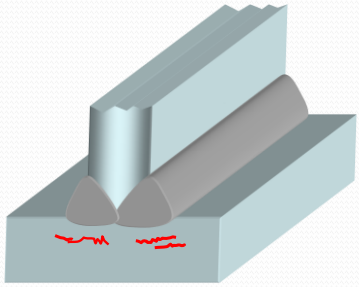


Root crack

پارگي لايه اي(Lamellar Tearing)

به شكست صفحه اي گفته مي شود كه در فلز پايه ايجاد شده و جهتگيري اصلي آن به موازات سطح است . علت آن تنش بالا در جهت ضخامت است كه بر اثر جوشكاري ايجاد مي شود .

پارگي لايه اي مي تواند تا مسافت زيادي گسترش يابد و معمولا در محلي كه فلز پايه داراي ناخالصي هاي غيرفلزي باشد و يا در محلهايي از فلز پايه كه تحت تنشهاي بالاي جوشكاري است، يا تركيبي از هر دو ، آغاز مي شوند .



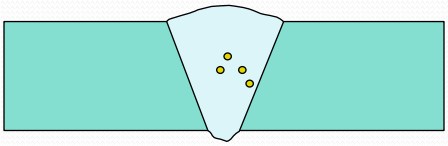
Lamellar tearing

Material Inspection

Plate Lamination

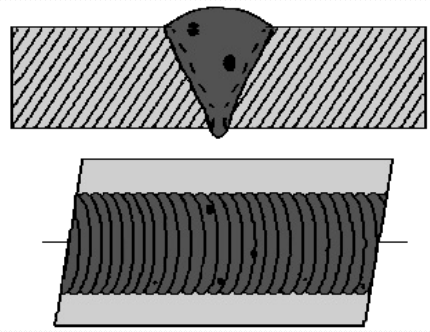
تخلخل(Porosity)

تخلخل ها نتیجه حبس گازها در فلز در حال انجماد می باشند. این ناپیوستگی معمولا بصورت کروی است اما می تواند گسترش نیز پیدا کند.



این نوع ناپیوستگی بحرانی نبوده و ایجاد تمرکز تنش نمی کنند، مگر اینکه مقدار آن بیش از حد معینی باشد. تخلخل بیش از حد، ناشی از عدم کنترل صحیح پارامترهای جوش، مواد مصرفی جوشکاری، طراحی اتصال، آلودگی فلز پایه و یا ترکیب نا مناسب فلز پرکننده مورد استفاده است.

تخلخل(Porosity)

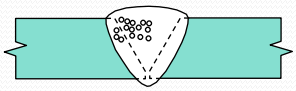


تخلخل با توزیع یکنواخت

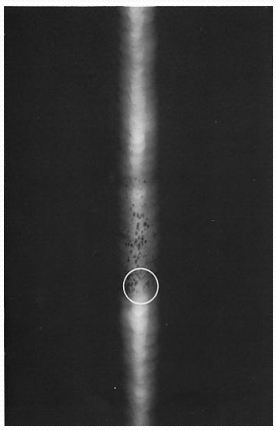
تخلخلی است که بصورت یکنواخت در فلز جوش توزیع شده باشد. مقدار زیاد تخلخل معمولا به علت روش نامناسب جوشکاری یا مواد نامناسب است. تکنیک نامناسب آماده سازی اتصال یا مواد نامناسب مورد استفاده می توانند موجب به وجود آمدن تخلخل گردند.

اگر جوش به اندازه کافی آرام سرد شود تا بیشتر گاز قبل از انجماد، از سطح خارج شود، تخلخل کمی در جوش باقی می ماند.

تخلخل خوشه اي



به گروهی موضعی از تخلخل ها گفته می شود که معمولا علت آن شروع یا اتمام نامناسب قوس جوشکاری است .

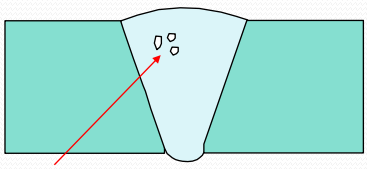


Cluster porosity

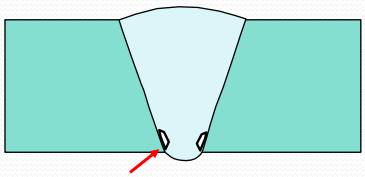
تخلخل خوشه اي

ناخالصي هاي سرباره

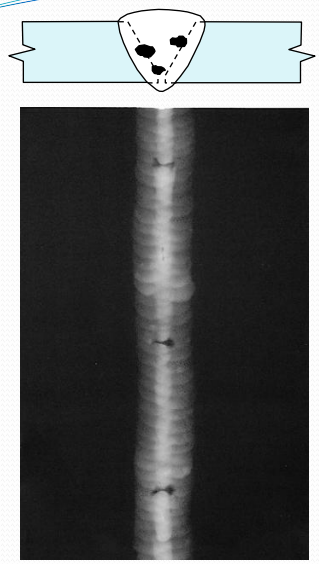
مواد جامد غیرفلزی هستند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه محبوس شده اند. این ناخالصی ها می توانند در بیشتر روشهای جوشکاری مشاهده شوند. بطور کلی ناخالصی های سرباره بر اثر روش نامناسب جوشکاری، طراحی نامناسب اتصالات یا تمیزکاری نامناسب جوش بین پاسها بوجود می آیند. معمولا سرباره مذاب به سمت بالای جوش جریان پیدا می کند. شکافهای تیز در مرز جوش یا بین پاسها معمولا باعث حبس سرباره داخل فلز جوش مذاب می شود.



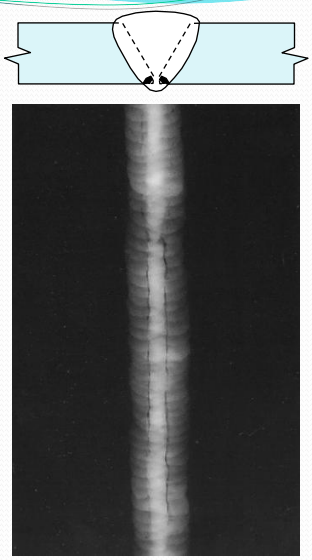
Slag inclusions



Parallel slag lines



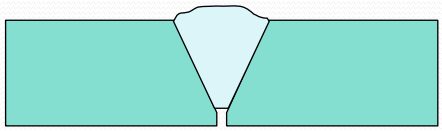
Interpass slag inclusions



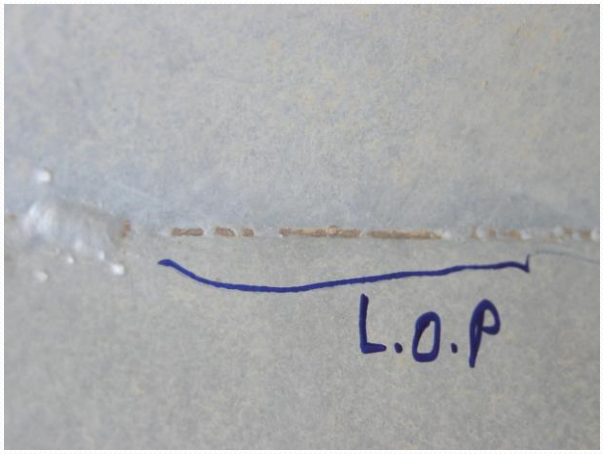
Elongated slag lines

نفوذ ناقص اتصال

در صورت عدم نفوذ فلز جوش به اتصال ایجاد می شود. منطقه نفوذ نکرده، یک ناپیوستگی محسوب می شود که به آن نفوذ ناقص گفته می شود. نفوذ ناقص می تواند بر اثر حرارت ناکافی جوش، طراحی نامناسب اتصال (مثلا ضخامت زیاد و عدم توانایی نفوذ قوس جوشکاری) ، یا کنترل نامناسب قوس جوش بوجود آید. جوشهایی که نیازمند نفوذ کامل هستند، معمولا توسط روشهای غیرمخرب مورد بازرسی قرار می گیرند. این موضوع به خصوص در پلها، خطوط لوله، محفظه های تحت فشار و کاربردهای هسته ای صدق می کند.



نفوذ ناقص اتصال

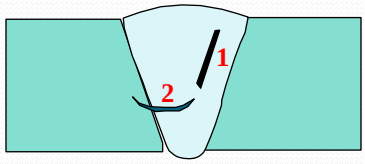


ذوب ناقص

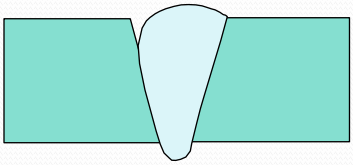
در نتیجه روش نامناسب جوشکاری، آماده سازی نامناسب فلز پایه، یا طراحی نامناسب اتصال به وجود می آید. دلایل بوجود آورنده ذوب ناقص عبارتند از حرارت ناکافی جوشکاری یا عدم دسترسی کافی به تمام وجوه همجوشی، یا هر دو.

همچنین اکسیدهای به شدت چسبنده نیز جلوی ذوب کامل را می گیرند .

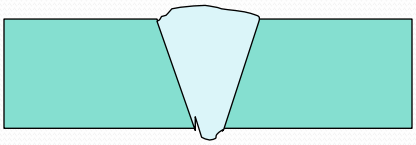
ذوب ناقص



1. Lack of sidewall fusion
2. Lack of inter-run fusion

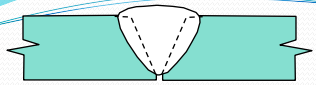


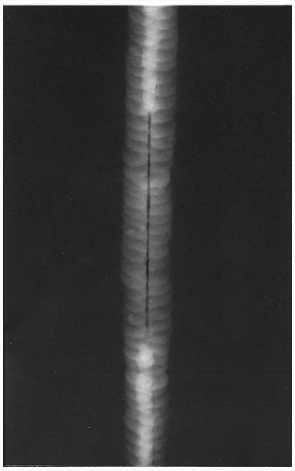
Incomplete filled groove +
Lack of sidewall fusion



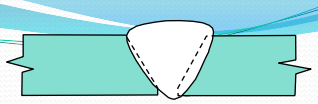
1. Lack of root fusion

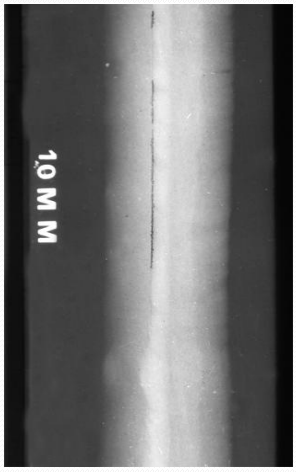
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013





Lack of root penetration





Lack of root fusion

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

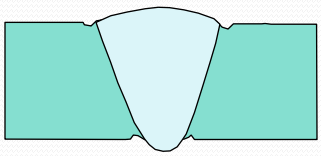
نفوذ ناقص اتصال

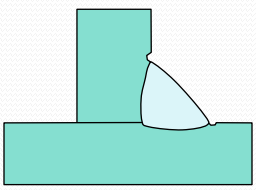
Lack of root fusion

Lack of root Penetration

سوختگي لبه جوش (Undercut)

Undercut شياري است كه در فلز پايه در مجاورت انتهاي جوش يا ريشه جوش ايجاد شده و فلز جوش آنرا پر نمي كند. اين شيار موجب تشكيل يک شكاف مكانيكي شده و ايجاد تمركز تنش مي كند.

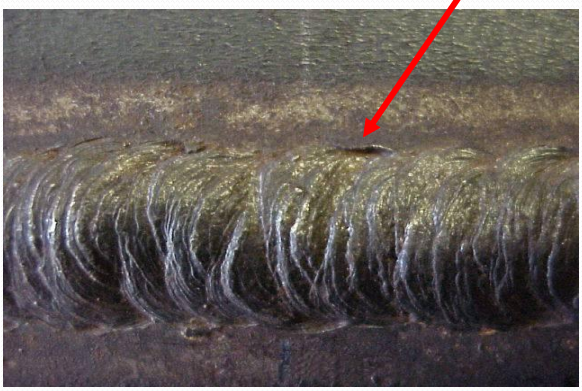




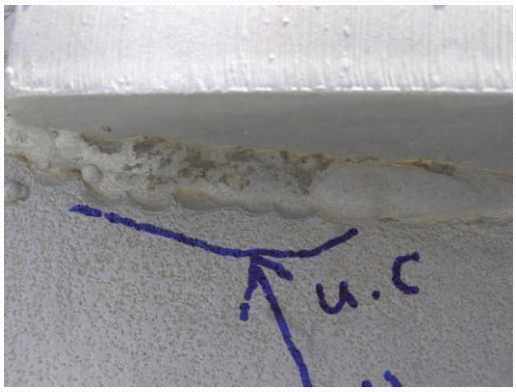
معمولا به علت روش نامناسب جوشكاري يا جريان اعمالي بيش از حد يا هر دو، اين عيب بوجود مي آيد.

سوختگي لبه جوش (Undercut)

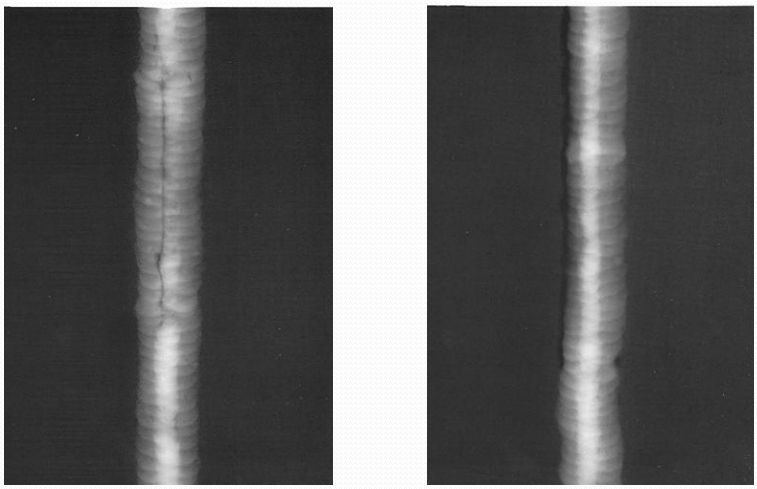
Intermittent Cap Undercut



سوختگي لبه جوش (Undercut)



Continues Cap Undercut



Root undercut

Cap undercut

همپوشاني (Over lap)

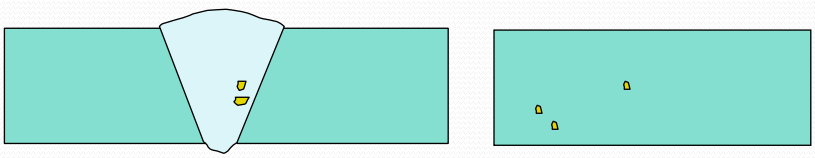
پيش آمدگي فلز جوش تا جلوتر از انتهاي جوش يا ريشه است.

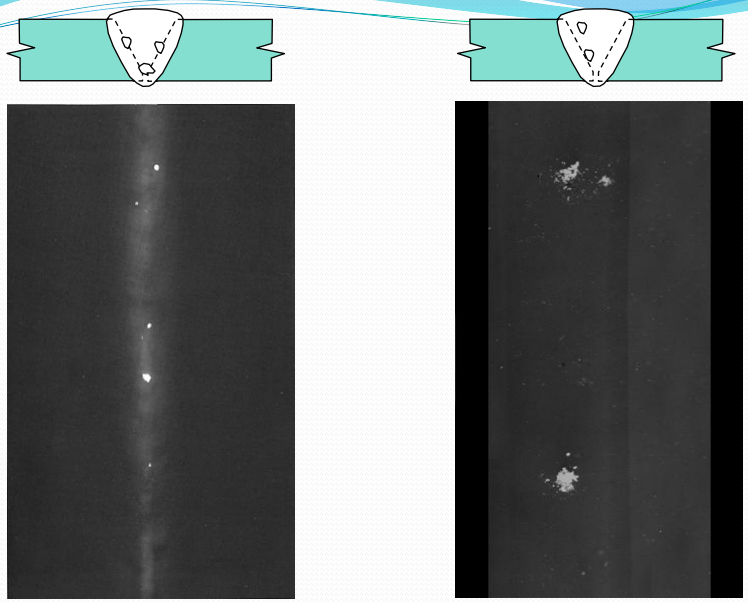
- علت اين امر مي تواند كنترل ناكافي فرايند جوشكاري، انتخاب نامناسب مواد جوشكاري، يا آماده سازي نامناسب فلز پايه باشد. معمولاً با وجود اكسيدهاي بسيار چسبنده روي فلز پايه كه مانع از ذوب فلز گردند، نيز همپوشاني رخ مي دهد.
- همپوشاني يک ناپيوستگي سطحي است كه يک شكاف مكانيكي ايجاد مي كند و تقريبا هميشه مردود تلقي مي شود.

همپوشاني (Over lap)

ناخالصي هاي تنگستن

- ذرات تنگستن محبوس در فلز جوش هستند که مختص روش جوشکاری قوسی تنگستنی است.





Tungsten inclusions

Copper inclusions

لکه قوس (Arc strikes)

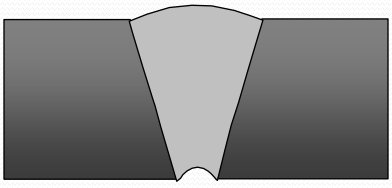
- از اصابت قوس روی فلز پایه‌ای که به داخل فلز جوش هم‌آمیخته نخواهد شد، باید اجتناب شود . با آغاز قوس ممکن است حجم کوچکی از فلز پایه برای لحظه‌ای ذوب گردد. این امکان وجود دارد که فلز مذاب بر اثر کوئینچ شدن ترک بخورد یا حفرهٔ سطحی کوچکی در فلز منجمد شده شکل بگیرد. این گونه ناپیوستگی‌ها ممکن است منجر به ترک خوردگی‌های گسترده در حین سرویس شوند.
- هرگونه ترک یا خدشه‌ای که براثر اصابت قوس ایجاد شود، باید سنگ‌زنی شود تا به حاشیه های صاف و صیقلی برسد و سپس برای حصول اطمینان از سلامت، مورد بازرسی مجدد قرار گیرد.

لکه قوس (Arc strikes)

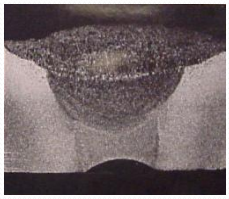
Arc strike

تقعر (Concavity)

- در اثر نیروهای جاذبه بر فلز مذاب یا در اثر کشش سطحی لبه جوش برای نگه داشتن مذاب در دیواره پخ، این عیب به وجود می آید. این عیب را با نام Suck back (مکش مذاب به طرف داخل) نیز می شناسند.

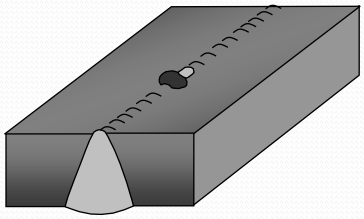


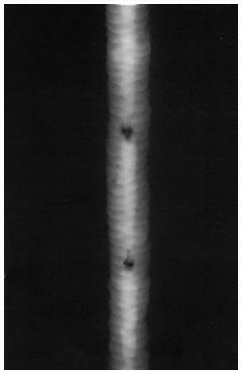
(Concavity) تقعر



(Spatter) پاشش

سوختگي در ريشه جوش (Burn through)





بازرسي چشمي

معرفي روش

- بازرسی چشمی متداول ترین روش بازرسی غیرمخرب است که برای ارزیابی کیفیت قطعه جوش مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایا:

انجام ساده

هزینه نسبتاً پائین

نیاز به تجهیزات خاصی ندارد.

اطلاعات مهمی در مورد تطابق با مشخصات مورد نظر بدست می دهد.

بینائی خوب بازرس از ملزومات مهم این روش است.

معرفي روش

اطلاعات بدست آمده بعد از تکمیل بازرسی:

1. نفوذ و ذوب به صورت کامل بین فلز پایه و فلز جوش
2. وجود یا عدم وجود سوختگی کناره جوش در امتداد مرز جوش و فلز پایه
3. نفوذ مناسب در ریشه
4. حالت گرده جوش (تقعر یا تحدب)
5. ابعاد صحیح جوش
6. ظاهر جوش
7. عیوب سطحی قابل تشخیص

دستورالعمل هاي اوليه

1. تامین نور کافی در سطح قطعه
2. تمیز کردن سطح قطعه از آلودگی ها مانند محصولات خوردگی و ...
3. مشخص نمودن عیوب احتمالی و مناطق بحرانی
4. انجام بازرسی با چشم مسلح یا غیر مسلح

تجهیزات

چشم :

1. قدرت دید و مشاهده عالی با ارزش ترین ابزار بازرسی NDT
2. بیشترین حساسیت چشم در نور زرد مایل به سبز با طول موج ۵۵۶۰ آنگستروم
3. نور مناسب جهت بازرسی : ۸۰۰-۱۰۰۰ Lux
4. حداکثر زمان مجاز جهت بازرسی پیوسته : ۲ ساعت

تجهیزات

وسائل کمکی چشمی و انواع گیج ها گاهی برای تسهیل تشخیص عیوب و اندازه گیری ابعاد جوش یا عیوب موجود در جوش مورد استفاده قرار می گیرند.

بازرسی قطعات جوش معمولا شامل ارزیابی کمی و کیفی اتصال می شود.

ابزارهای استاندارد متعددی جهت :

- اندازه گیری هندسهٔ اتصال و مونتاژ
- ابعاد جوش و پیش آمدگی
- انحراف و
- عمق Undercut

مورد استفاده قرار می گیرند.

تجهیزات

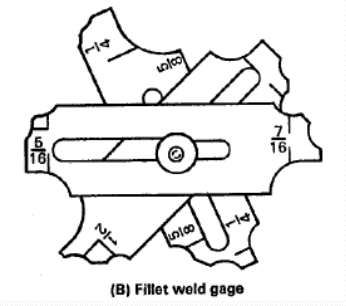
کاربردهاي گيج هاي جوشكاري

۱-کنترل ابعادی قطعات و اتصالات مورد جوشکاری آماده شده
۲-کنترل سطوح پخ خورده از نظر زاویه سطح شیب دار پخ خورده
۳-کنترل فواصل لازم بین قطعات جهت مونتاژکاری آنها
۴-کنترل هم سطح بودن یا نبودن قطعات قبل از مونتاژ یا جوشکاری
۵-کنترل ابعاد جوشهای تکمیل شده طبق نقشه بعد از جوشکاری
۶-کنترل و اندازه گیری عیوب احتمالی بر روی سطح جوشها از نظر طول، عرض و عمق آنها

تجهیزات

انواع گیج های جوشکاری

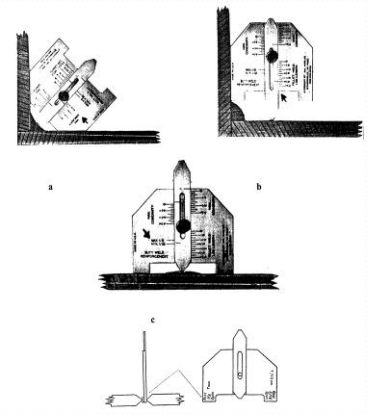
- گیج Fillet
- اندازه گیری گرده های جوش با اندازه۱ تا ۸/۱ اینچ (۲/۳-۲۵ میلیمتر)
- اندازه گیری تحدب و تقعر گرده های جوش



(B) Fillet weld gage

تجهیزات

انواع گیج هاي جوشکاري



گیج AWS

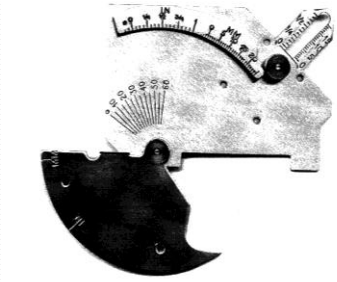
- تعیین مشخصات جوشهای گوشه ای و لبه ای
- اندازه گیری تلرانس تحدب و تقعر جوشها که از قبل برای آن تعیین شده است
- اندازه گیری گرده های جوش

تجهیزات

انواع گیج هاي جوشکاري

- گیج Cambridge

این گیج چند منظوره قادر به اندازه گیري موارد زیر در واحدهاي اینچ و میلیمتر مي باشد:



- زاویه آماده سازي تا 60 درجه
- اضافه فلز جوش
- عمق Undercutها
- عمق pitting
- اندازه ریشه
- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازي
- اندازه گلویي جوش گوشه اي
- طول گرده جوش

تجهیزات

انواع گیج هاي جوشكاري

- گیج Hi-Lo

این گیج که گیج (mismatch) نیز نامیده می شود.

- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازی داخلی
- درز اتصال (fit-up)
- مسیر جوش جوشهای مدور
- زاویه آماده سازی
- ضخامت دیواره جوش

تجهیزات

میکروسکوپ

- یک میکروسکوپ چشمی شامل ترکیبی از لنزها می باشد که برای بزرگ کردن تصویر یک جسم کوچک به کار می رود.
- ساده ترین میکروسکوپ دارای یک لنز است که اغلب آنرا با نام ذره بین می شناسیم
- قابلیت بزرگنمایی یک ذره بین با توجه به رابطه $M=25/f$ به دست می آید

(۲۵: مقدار متوسط حداقل فاصله جسم با چشم غیر مسلح ، f: فاصله کانونی عدسی)

- میدان دید: فضایی که توسط ذره بین قابل رؤیت است که در یک ذره بین معمولی کمتر از فاصله کانونی آن می باشد.
- عمق میدان: فاصله ای که عدسی می تواند بدون خراب شدن کیفیت تصویر جسم، از جسم دور یا به جسم نزدیک شود. عمق میدان با بزرگنمایی نسبت معکوس دارد.

تجهیزات

بوروسکوپ

- بوروسکوپ: وسیله ای برای دیدن فضای داخلی لوله های باریک
- ابعاد بوروسکوپ: از قطر ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر و در متراژهای مختلف
- انواع بوروسکوپ: امکان دریافت تصاویر به صورت مستقیم، عمود، معکوس و مایل

(انتخاب زاویه مناسب توسط نوع ومحل عیب مشخص می شود)

- میدان دید: دایره ای با قطر ۲۵ میلیمتر و در فاصله ۲۵ میلیمتر از جلوی بوروسکوپ

تجهیزات

اندوسکوپ

- اندوسکوپ وسیله ای شبیه بروسکوب بوده اما با سیستم بصری بهتر و منبع نوری قویتر
- فاصله کانونی اندوسکوپ ثابت و ۴ میلیمتر است
- در زمانیکه فاصله جسم از نوک اندوسکوپ ۴ میلیمتر باشد، بزرگنمایی حدود ۱۰ برابر به دست می آید

مراحل بازرسي

بازرسي قبل از جوشكاري

- بازرسی فلز پایه قبل از انجام جوش می تواند شرایط منجر به ایجاد نقصها را مشخص کند.
- بعد از نصب قطعات در محل لازم برای جوشکاری، بازرس باید محل اتصال جوش را از نظر درز اتصال، آماده-سازی لبه ها و دیگر مواردی که ممکن است کیفیت جوش را تحت تأثیر قرار دهند، بررسی کند.

مراحل بازرسي

بازرسي قبل از جوشكاري

- بازرس باید شرایط زیر را برای تطابق با مشخصات مورد نظر بررسی کند:

1. آماده سازی، ابعاد و تمیزی اتصال
2. صحت ابعاد تسمه های پشتیبان، حلقه ها و یا ورودی های مصرفی
3. جهت گیری و Fit up قطعاتی که باید جوش داده شوند.
4. فرایند و مواد مصرفی جوشکاری
5. روش جوشکاری و تنظیمات دستگاهها
6. دمای پیش گرم مشخص شده
7. کیفیت مورد نظر جوش

مراحل بازرسي

بازرسي در حين جوشكاري

- در حين جوشكاری، بازرسی چشمی روش اوليه جهت كنترل كيفيت است.

مراحل بازرسي

بازرسي در حين جوشكاري

- برخی از مراحل توليد كه می توان با اين روش كنترل نمود عبارتند از:

1. عمليات روی خالجوش ها
2. كيفيت پاس ريشه و پاسهای بعدی جوش
3. دمای پيشگرم و دمای بين پاسی كافی
4. ترتيب جوشكاری
5. تميز كردن بين پاسی
6. آماده سازی ريشه قبل از جوشكاری طرف دوم
7. هماهنگی با دستورالعمل بكار گرفته شده

مراحل بازرسي

بازرسي بعد از جوشكاري

مواردی که بعد از جوشکاری، توسط بازرسی چشمی باید بررسی شوند عبارتند از:

1. ظاهر نهایی جوش
2. ابعاد نهایی جوش
3. مقدار جوش
4. دقت ابعادی
5. مقدار تغییر شکل
6. عملیات حرارتی بعد از جوش

مراحل بازرسي

بازرسي بعد از جوشكاري

در بیشتر کدها و مشخصات، نوع و اندازه ناپیوستگی های مورد انتظار جوش ارائه شده است. بسیاری از ناپیوستگی های زیر روی سطح یک جوش توسط بازرسی چشمی قابل تشخیص هستند:

1. ترکها
2. Undercut
3. همپوشانی
4. ناخالصی های سرباره ای و تخلخلهای قابل رؤیت
5. پروفیل جوش غیرقابل قبول

مراحل بازرسي

بازرسي بعد از جوشكاري

برخی فولادها همچون ASTM A514 و A517 مستعد ترک خوردگی با تأخیر هستند. کد مورد نظر این فولادها ممکن است قبل از بازرسی جوش در فولادهای حساس به ترک، یک تأخیر، توصیه کند.

وقتی عملیات حرارتی بعد از جوش توصیه شود، عملیات باید توسط بازرس بررسی و ثبت شود. آیتم های مهم جهت ثبت در عملیات حرارتی به شرح زیرند:

1. سطحی که باید حرارت داده شود
2. نرخ سرد و گرم کردن
3. زمان و دمای نگهداری
4. اندازه گیری دما و محل آن
5. کالیبراسیون تجهیزات

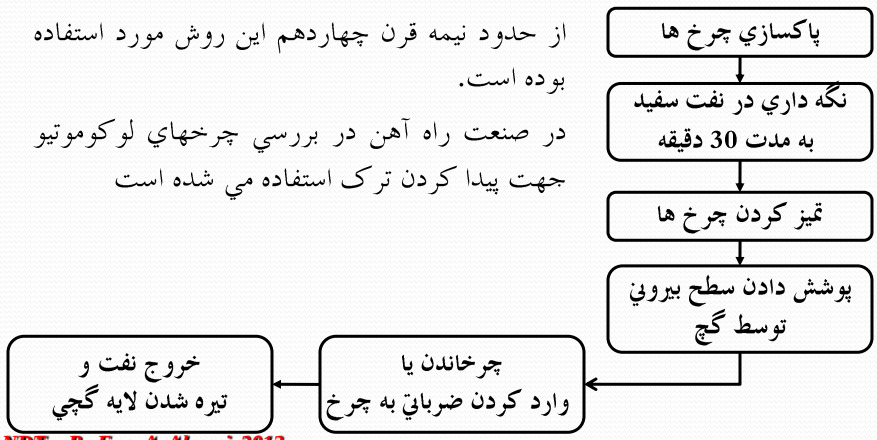
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

تاريخچه

از حدود نيمه قرن چهاردهم اين روش مورد استفاده بوده است.

در صنعت راه آهن در بررسي چرخهاي لوكوموتيو جهت پيدا كردن ترک استفاده مي شده است

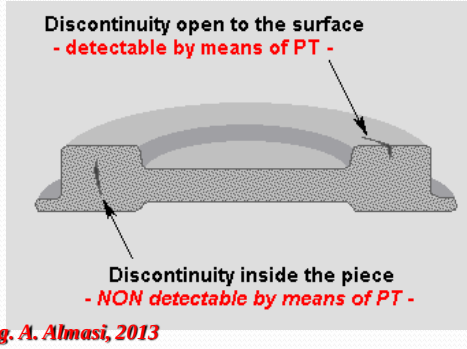


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

معرفي روش

آزمون مایع نافذ (PT) روشی است که ناپیوستگی های باز (سطحی) را با نشان دادن یک مایع نافذ در مقابل یک آشکار ساز، روی زمینه ظاهر می کند

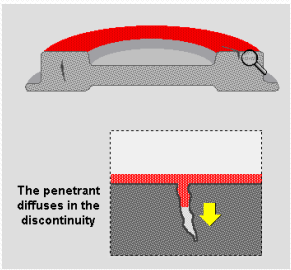


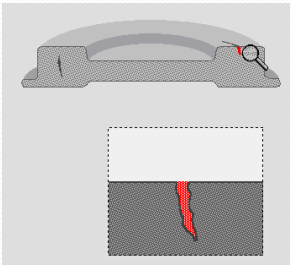
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

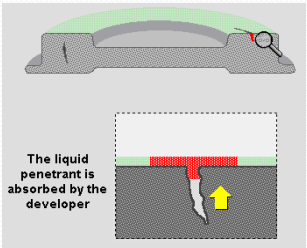
بازرسي با مايعات نافذ

مراحل انجام بازرسي

1. تمیز کردن سطح نمونه
2. اعمال مایع نافذ
3. منتظر بودن به اندازه زمان نفوذ (Dwell Time)
4. حذف مایع نافذ اضافی

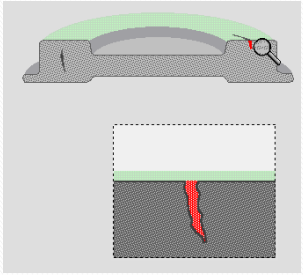


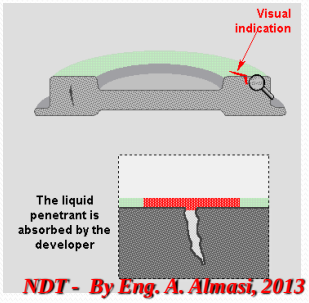




NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ





مراحل انجام بازرسي

5. اعمال آشکار ساز
6. بررسی سطح برای مشاهده و ثبت نتایج
7. تمیزکاری نهایی (در صورت لزوم)

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

مزاياي بازرسي به روش مايعات نافذ

1. روش نسبتا ساده ای است.
2. روش ارزانی است.
3. محدودیتی در جنس ماده وجود ندارد (به جز مواد متخلخل).
4. قادر به تعیین محل و اندازه تقریبی عیب است.
5. تجهیزات این روش قابل حمل و نقل است.

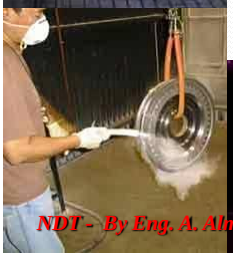
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

محدوديت هاي بازرسي به روش مايعات نافذ

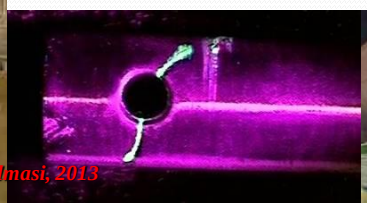
1. تنها عیوب و ناپیوستگی های سطحی قابل تشخیص هستند.
2. در قطعات متخلخل و با سطوح خشن کاربردی ندارد.
3. گاهی ترک های عریض و کم عمق تشخیص داده نمی شوند.
4. اندازه عیوب بزرگتر از اندازه واقعی تخمین زده می شود.

بازرسي با مايعات نافذ



کاربردهاي بازرسي به روش مايعات نافذ

1. صنایع فضایی برای کنترل مواد تولیدی
2. قطعات خودرو مانند قطعات ریخته گری و آهنگری آلومینیم
3. تعمیرات و سرویس های منظم قطعات لوکوموتیوهای قطار
4. یافتن ترک های خستگی مواد نورد شده
5. کنترل صحت و دقت نتایج به دست آمده از MT



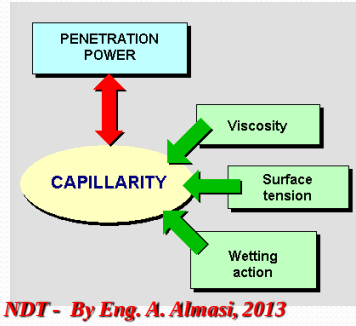
بازرسي با مايعات نافذ

اصول فيزيكي بازرسي به روش مايعات نافذ

بازرسی با مایعات نافذ به طور عمده به تر شدن مؤثر یک نمونه یا قطعه کار جامد توسط یک عامل نفوذ کننده که روی سطح مذکور جریان می یابد، وابسته است.

قابلیت یک مایع نافذ برای جریان یافتن روی سطح و ورود به حفره ها به طور عمده به موارد زیر بستگی دارد:

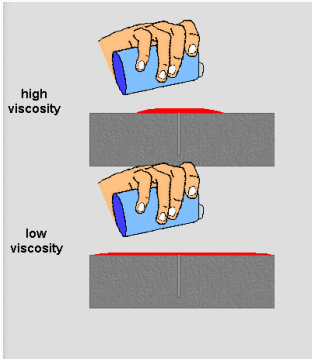
1. تمیزی سطح
2. پیکر بندی حفره
3. تمیزی حفره
4. اندازه گشودگی دهانه حفره
5. کشش سطحی مایع نافذ
6. توانایی مایع در تر کردن سطح

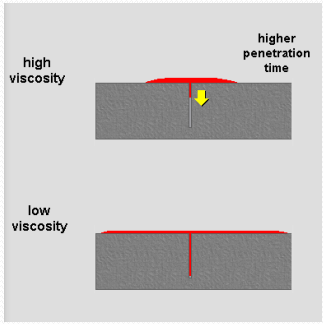


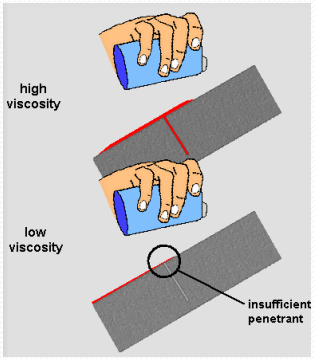
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

گرانروي يا ويسكوزيته مايعات نافذ



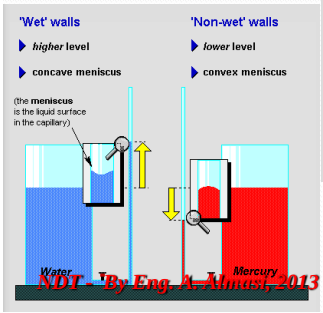


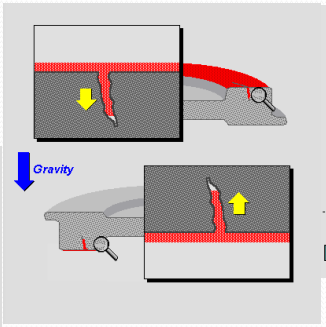


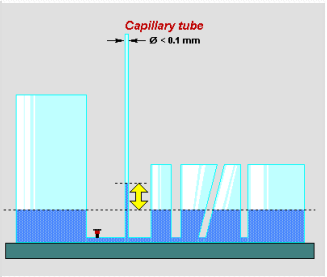
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با مايعات نافذ

خاصيت موئينگي مايعات نافذ





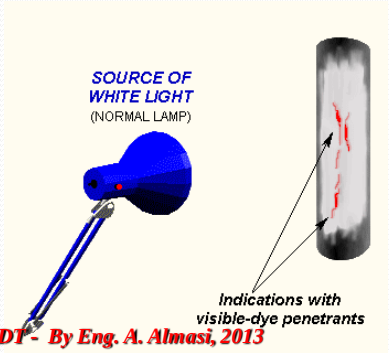


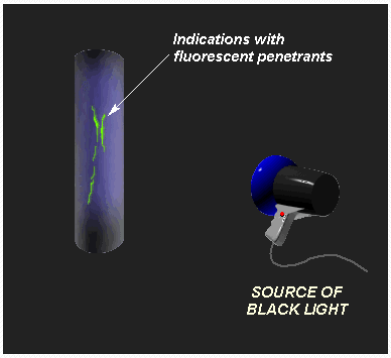
بازرسي با مايعات نافذ

روش هاي تست با مايعات نافذ

I تست مايع نافذ فلورسنت

II تست مايع نافذ مرئي





بازرسي با مايعات نافذ

تفسير مشاهدات

- ناپیوستگی های مورد ارزیابی به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

1. نشانه های خطی یا Linear (طول سه برابر عرض)
2. نشانه های گرد یا Round (طول کمتر از سه برابر عرض)
3. نشانه های پراکنده در قطعه

- گاهی ممکن است نشانه های نامربوط Non relevant نیز بر روی سطح قطعه نمایان شود.

بازرسي با مايعات نافذ

تفسير مشاهدات

- در برخي موارد نشانه هاي نادرست False Indication نيز بر روي سطح قطعه ايجاد مي شود:

1. از روي دست اپراتور به سطح انتقال يابد.
2. در اثر آلودگي Developer ايجاد شود.
3. Bled out از يک قطعه بيرون آمده و به قطعه ديگر منتقل مي شود.
4. به وسيله محلي که پس از غوطه وري قطعات روي آن چيده مي شوند، به قطعه منتقل شود.
5. در اثر شستشوي نا مناسب قطعات ايجاد شود.

بازرسي با مايعات نافذ

طبقه بندي روش هاي بازرسي مايعات نافذ

- عوامل اصلي در انتخاب روش PT:

1. شرايط سطحي قطعه كار مورد بازرسي
2. مشخصه هاي نقص مورد تشخيص
3. زمان و مكان بازرسي
4. اندازه قطعه كار
5. حساسيت مورد انتظار

بازرسي با مايعات نافذ

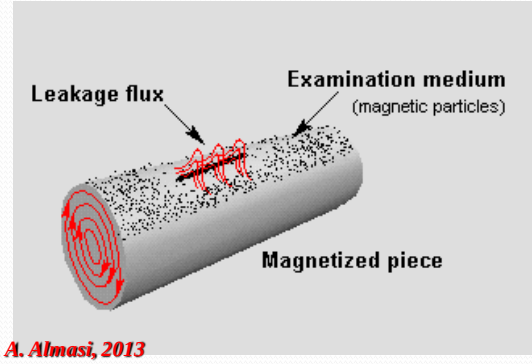
انواع مايع نفوذ كننده

1. از لحاظ ديد
   1. Fluorescent
   2. Visible
2. از لحاظ اعمال
   A. تر
   B. خشک

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

معرفي روش

بازرس ذرات مغناطيسي (MT) يك روش غيرمخرب براي تشخيص ناپيوستگي هاي سطحي يا نزديك به سطح در مواد مغناطيسي مي باشد

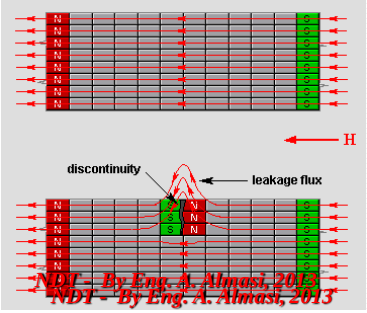


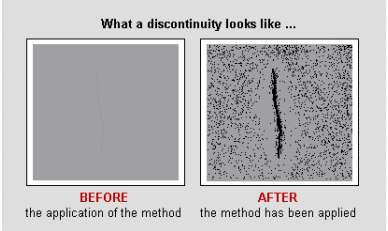
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

معرفي روش

خطوط مغناطيسي نيرو در مواد فرومغناطيسي، توسط ناپيوستگي هاي موجود در ماده تغيير شكل مي دهند. اگر يك ناپيوستگي در يك ماده مغناطيسي روي سطح يا نزديكي آن وجود داشته باشد، خطوط شار مغناطيسي روي سطح تغيير شكل مي يابند، كه به آن نشتي شار مغناطيسي گفته مي شود.



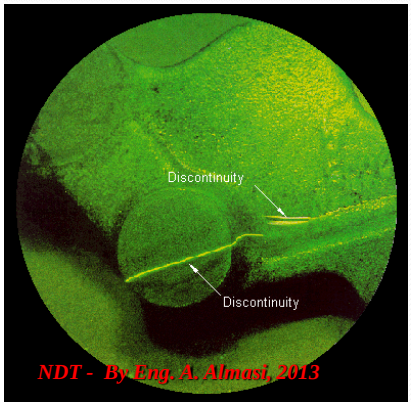


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

معرفي روش

تجمع ذرات تحت شرايط نوري مناسب قابل مشاهده خواهد بود



بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

معرفي روش

سه شرط اصلي براي انجام اين روش وجود دارد كه عبارتند از:

1. قطعه بايد مغناطيسي شود.
   - يک ماده فرومغناطيس را مي توان با ايجاد يک جريان الكتريكي در ماده يا قرار دادن ماده در يک ميدان مغناطيسي ايجاد شده توسط يک منبع خارجي، مغناطيسي كرد.
2. ذرات مغناطيسي بايد وقتي اعمال شوند كه قطعه مغناطيسي است.
3. هر گونه تجمع مواد مغناطيسي بايد مشاهده و تفسير شود.
   - اگر جهتگيري يك ناپيوستگي موازي خطوط نيرو باشد ، غيرقابل تشخيص خواهد بود.

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

مزاياي اين روش

1. روش ذرات مغناطيسي وسيله اي حساس براي يافتن ترك هاي كوچك و كم عمق سطحي در مواد فرومغناطيسي است. روش ارزاني است.
2. نشانه هاي ذرات مغناطيسي، مستقيماً روي سطح قطعه ايجاد مي شوند و محل عيب به راحتي تشخيص داده مي شود.
3. نياز به مداربندي الكتريكي يا ابزار بازخواني الكترونيكي كه كاليبره شده باشد، وجود ندارد.
4. تخمين عمق ترك به صورت تقريبي امكان پذير است.
5. اندازه يا شكل قطعات قابل بازرسي به اين روش از محدوديت بسيار كمي برخودار بوده و يا محدوديتي ندارد.
6. نيازي به تميزكاري مبسوط اوليه وجود ندارد و ترك هايي كه توسط مواد خارجي پر شده اند، قابل تشخيص مي باشند

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

محدوديت هاي اين روش

1. اين روش صرفاً براي مواد فرومغناطيسي قابل استفاده است.
2. اتصال بين فلزاتي با خواص مغناطيسي غيرمشابه باعث ناپيوستگي هاي مغناطيس اي مي شود كه بصورت عيب مشاهده مي شوند، در حالي كه اتصال جوش سالم است
3. پوششهاي نازك رنگ و ساير پوشش هاي غيرمغناطيسي، مانند روكش هاي آبكاري، اثر مخربي بر حساسيت بازرسي با ذرات مغناطيسي دارند
4. حساسيت با كاهش اندازة ناپيوستگي و همچنين با افزايش عمق عيب نسبت به سطح كاهش مي يابد.
5. يك ناپيوستگي بايد به اندازة كافي بزرگ باشد تا ميدان مغناطيسي را قطع كرده يا در آن تغيير ايجاد كند و نشتي خارجي ايجاد شود.
6. شرايط سطحي نيز بر حساسيت فرايند بازرسي مؤثرند.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

اصول فيزيكي

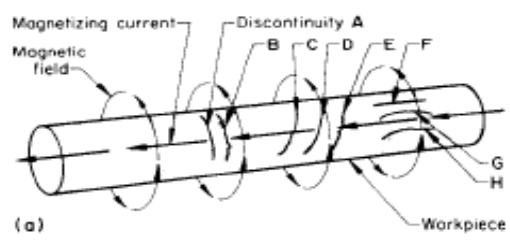
- اثر جهت شار

جهت شكل گيري يك نشانه، زاوية برخورد ميدان مغناطيسي با ناپيوستگي بايد تا آن حد بزرگ باشد كه سبب شود خطوط ميدان مغناطيسي از قطعه خارج شده و پس از پل زدن از روي ناپيوستگي به قطعه بازگردند. جهت حصول بهترين نتايج، زاوية برخورد نزديك به 90 درجه مطلوب مي باشد.

بنابراين: جهت، اندازه و شكل ناپيوستگي حائز اهميت هستند. علاوه بر اين موارد، جهت ميدان مغناطيسي و نيز شدت ميدان در منطقة ناپيوستگي مهم مي باشند

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

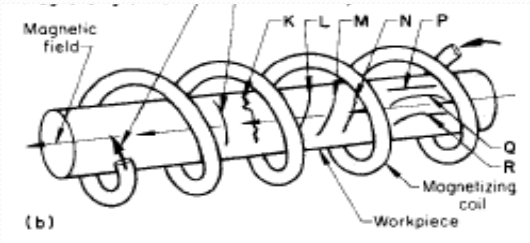
اصول فيزيكي



- ناپيوستگي A: شكل منظم و موازي ميدان ← هيچ نشانه اي ايجاد نمي كند.
- ناپيوستگي B: شكل نا منظم و همچنان موازي ميدان ← نشانه ضعيفي ايجاد مي كند.
- ناپيوستگي C، D و E: زاويه 45 درجه نسبت به ميدان ← نشانه خوبي ايجاد مي كند.
- ناپيوستگي F، G و H: زاويه 90 درجه نسبت به ميدان ← بهترين نشانه ايجاد مي شود.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

اصول فيزيكي



- ناپيوستگي L، M و N: زاويه 45 درجه نسبت به ميدان ← نشانه قابل تشخيص ايجاد مي كند.
- ناپيوستگي J و K: نشانه خوبي ايجاد مي كند.
- ناپيوستگي P، Q و R: نشانه ضعيفي ايجاد مي كند.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

جريان مغناطيس كردن

- **جريان متناوب** : فقط سطح فلز توسط جريان متناوب مغناطيسي مي شود. (skin effect) اين روش براي تعيين محل ناپيوستگي هايي كه روي سطح گسترش يافته اند مانند تركها مناسب است، اما ناپيوستگي هاي عميق تر يا ذوب ناقص تشخيص داده نمي شوند. اين روش را براي بازرسي جوش هايي كه در آن ارزيابي زير سطح مورد نياز نيست بكار مي برند.

- **جريان مستقيم** : ميدان مغناطيسي توليد شده توسط اين جريان در قطعه نفوذ مي كند و در نتيجه بيشتر از جريان متناوب قادر به تشخيص ناپيوستگي هاي زير سطح خواهد بود.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

تجهيزات

عوامل موثر بر انتخاب نوع تجهيزات جهت انجام يك نوع خاص تست:

1- نوع جريان مغناطيسي كردن

2- اندازه قطعه يا جوش

3- هدف مشخصه تست يا نوع عيوب مورد انتظار

4- محيط مورد نظر براي انجام تست

5- تجهيزات متحرك يا ثابت

6- مساحت قسمت مورد آزمايش و موقعيت آن روي قطعه

7- تعداد قطعات مورد آزمايش

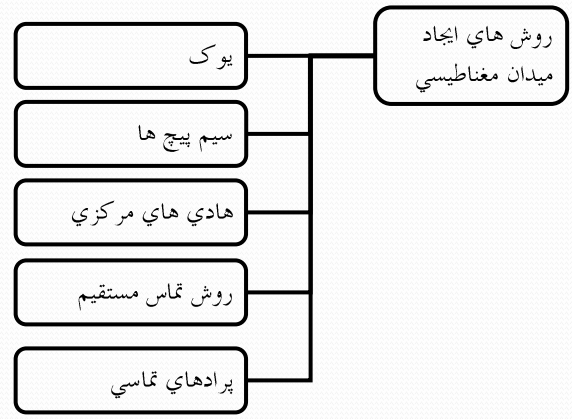
بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي ايجاد ميدان مغناطيسي

يكي از الزامات اساسي بازرسي با ذرات مغناطيسي اين است كه قطعة تحت بازرسي به درستي مغناطيسي گردد، به گونه اي كه ميدان هاي نشتي ايجاد شده توسط ناپيوستگي ها قادر به جذب ذرات مغناطيسي باشند. در اين راستا، آهنرباهاي دائمي از مزايايي برخوردار مي باشند، اما مغناطيسي كردن به طور كلي توسط آهنرباهاي الكتريكي صورت مي پذيرد كه در آن ها ميدان مغناطيسي در ارتباط با جريان يافتن جريان الكتريكي ايجاد مي گردد. اساساً مغناطيسي شدن، ناشي از ميدان مغناطيسي مدوري است كه بر اثر جاري شدن جريان الكتريكي درون يك هادي ايجاد مي گردد. جهت اين ميدان، وابسته به جهت جريان خواهد بود كه با استفاده از قانون دست راست قابل تعيين مي باشد.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي ايجاد ميدان مغناطيسي

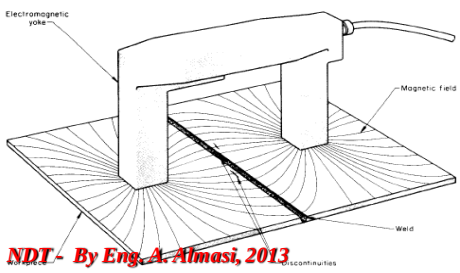


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

يوک هاي الکترو مغناطيسي

- پايه هاي قابل تنظيم امکان تغيير فاصلة تماس و زاوية تماس نسبي را به منظور جاي گرفتن در قطعات داراي شکل نامنظم فراهم مي آورند.
- برخلاف يوك هاي آهنرباي دائمي، يوك هاي الکترومغناطيسي به سهولت مي توانند خاموش يا روشن بشوند. اين ويژگي سبب تسهيل اتصال و برداشتن يوك از قطعه مورد آزمايش مي شود

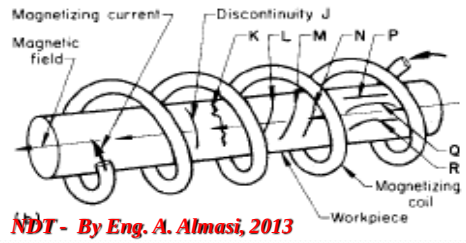


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

سيم پيچ ها

- سيم پيچ هاي تك حلقه اي و چند حلقه اي براي مغناطيسي كردن طولي قطعات مورد استفاده قرار مي گيرند.
- در خصوص قطعات بزرگ، سيم پيچ را مي توان با پيچيدن چندين دور از يك سيم قابل انعطاف به حول قطعه، توليد نمود، اما بايد دقت لازم صورت گيرد كه هيچ نشانه اي، در زير كابل، پنهان نشود.

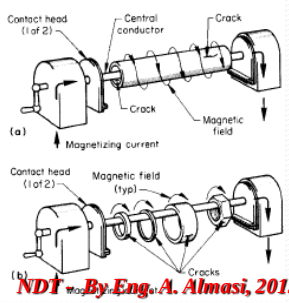


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

هادي هاي مركزي

- در خصوص بسياري از قطعات حلقه اي شكل، بهتر آن است كه به جاي خود قطعه، از هادي مجزايي جهت حمل جريان مغناطيسي كننده استفاده گردد.
- قوانين پاية حاكم بر ميدان هاي مغناطيسي حول هادي مدوري كه حامل جريان مستقيم باشد، به شرح زير بيان مي شوند:
- ميدان مغناطيسي در خارج يك هادي داراي سطح مقطع يكنواخت، در طول هادي يكنواخت خواهد بود.
- ميدان مغناطيسي با مسير جريان داخل هادي، زاويه مي سازد.
- دانسيتة شار در خارج هادي با عكس فاصلة شعاعي هادي تغيير مي نمايد

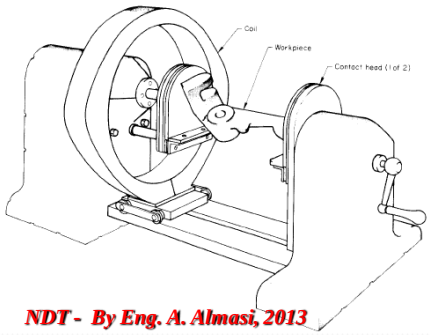


NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش تماس مستقيم

در خصوص قطعات كوچك بدون هيچ گونه فضاي باز در داخل قطعه، ميدانهاي مغناطيسي مدور، از طريق تماس مستقيم با قطعه ايجاد مي گردند.

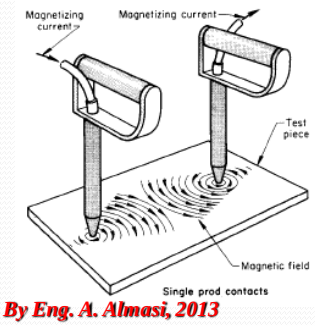


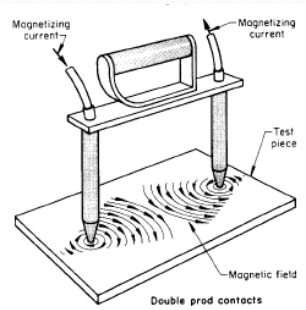
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

پرادهاي تماسي

- براي بازرسي قطعات بزرگ و سنگين كه براي قرار گرفتن در واحدهاي داراي سرهاي تماسي بست، بيش از حد بزرگ محسوب شوند، مغناطيسي شدن غالباً با استفاده از پرادهاي تماسي انجام مي گيرد .





NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

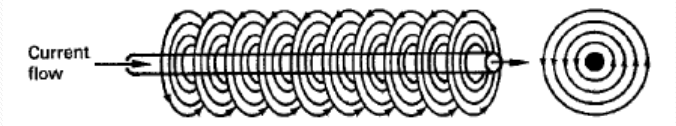
- دايره اي(Circular Magnetization)
- طولي(Longitudinal or Bipolar Magnetization)
- موضعي(Localized Magnetization)

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

- دايره اي

يك ميدان مغناطيسي را مي توان با عبور جريان الكتريكي از يك هادي ايجاد كرد به اين روش، مغناطيسي كردن دايره اي گفته مي شود.



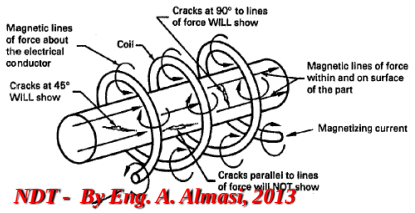
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

- طولي

گاهي جهتگيري ناپيوستگي ها موازي شار مغناطيس دايره اي در قطعه فولادي است. تشخيص چنين ناپيوستگي هايي از طريق روش كم و بيش متفاوتي انجام مي گيرد. در اين روش هادي بصورت كويل درآمده و قطعه مورد آزمايش بصورتي در كويل قرار مي گيرد كه بصورت هستة سلنوئيد عمل كند، به اين ترتيب ميدان مغناطيسي در خط محور كويل و دو يا چند قطب معمولا در انتهاي قطعه ايجاد مي شوند.



بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

- موضعي

در قطعات بزرگ، دو نوع اصلي تجهيزات جهت ايجاد ميدان مغناطيسي موضعي در آنها، وجود دارد. كه هر دو را مي توان به عنوان روش قابل حمل بكار برد بصورتي كه تجهيزات را مي توان به كنار قطعه مورد بازرسي در محل حمل نمود.

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

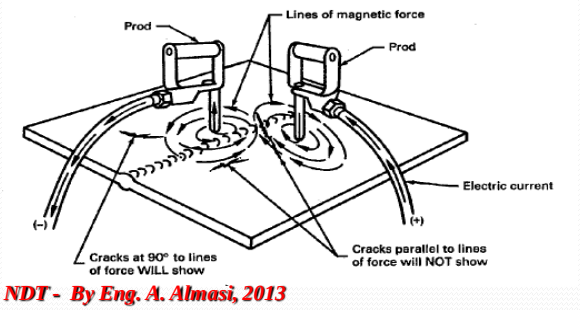
- مغناطيس سازي با پراد (Prod Magnetization)
- روش يوك (Yoke)

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

- مغناطيس سازي با پراد (Prod Magnetization)

با استفاده از اين روش، مي توان يك محل موضعي را با عبور جريان از قطعه به روش اتصالات يا پرادهاي دستي مغناطيسي كرد.



NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

روش هاي مغناطيس كردن

- روش يوك (Yoke)

تجهيزات آن نسبتاً كوچك و سبك هستند. همچنين جنبة مطلوب ديگر اين روش اين است كه جريان الكتريكي مثل روش پراد به قطعه منتقل نمي شود، در نتيجه امكان ايجاد قوس يا سوختن قطعه وجود ندارد.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

ترتيب عمليات

ترتيب انجام عمليات در بازرسي ذرات مغناطيسي به زمان، اعمال ذرات و جريان مغناطيسي كردن مربوط مي شود.

- مغناطيسي كردن پيوسته (Continuous Magnetization)
- مغناطيسي كردن پسماند (Residual Magnetization)

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

ترتيب عمليات

- مغناطيسي كردن پيوسته (Continuous Magnetization)

اين روش عمليات با ذرات تر يا خشك در بيشتر كاربردها بكار گرفته مي شود. ترتيب عمليات در روشهاي مغناطيس كردن پيوسته تر و خشك با هم متفاوت است.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

ترتيب عمليات

- مغناطيسي كردن پسماند (Residual Magnetization)

در اين روش، محيط بازرسي بعد از قطع جريان مغناطيس كننده اعمال مي شود. اين روش تنها زماني قابل بكارگيري است كه قطعه جوش مورد آزمايش داراي پايداري مغناطيسي نسبتاً بالا باشد تا ميدان مغناطيسي باقيمانده، قدرت كافي براي توليد و حفظ آثار را داشته باشد.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

ذرات مغناطيسي و مايعات معلق كننده

ذرات مغناطيسي بر مبناي واسطه اي كه براي انتقال ذرات به قطعه مورد استفاده قرار مي گيرد، تقسيم بندي مي شوند. اين واسطه مي تواند هوا (روش ذرات خشك) يا يك مايع باشد.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

نورهاي ماوراء بنفش

يك لامپ قوس جيوه، منبع مناسبي براي نور **ماوراء بنفش** است اين نوع لامپ، نوري ساطع مي كند كه طيف آن داراي چندين پيك شدت در طول محدوده وسيعي از طول موج ها است. هنگام استفاده براي اهداف مشخص، نور ساطع شده از فيلتر مناسبي عبور داده مي شود به طوري كه تنها نور باريكي از طول موج هاي ماوراء بنفش در دسترس قرار بگيرند. به عنوان مثال نواري از طيف ماوراء بنفش با طول موج بالا براي بازرسي فلوئورسنت نفوذكننده مايع يا ذرات مغناطيسي مورد استفاده قرار مي گيرد.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

ناپيوستگي هاي قابل تشخيص

ترکهاي سطحي: آثار ايجاد شده توسط يك ترك سطحي كاملاً مشخص بوده و توسط تجمع شديد پودرها قابل تشخيص است. مقدار تجمع پودر معياري نسبي براي عمق ترك است.

ترکهاي زيرسطحي: ترکهايي كه به سطح نرسيده اند آثاري متفاوت با آثار ترکهاي سطحي برجاي مي گذارند. تجمع پودر گسترده تر و با وضوح كمتري قابل تشخيص است.

ناخالصي هاي سرباره و تخلخل: آثار بسيار نامشخص است گه مقدار آنها بسيار زياد باشد. تجمع پودر به خوبي قابل تشخيص نيست اما مي توان آنرا از آثار سطحي تميز داد.

نفوذ ناقص در اتصال: وقتي شرايط بازرسي اجازه دهد، نفوذ ناقص در اتصال را نيز مي توان توسط تست ذرات مغناطيسي تشخيص داد. آثار پودر، عريض و آشفته، مثل ترك زير سطح است، اما الگوي آن يك خط مستقيم است.

تورق: وقتي لبه هاي ورق بازرسي مي شوند، بخصوص در موارد آماده سازي جوش قبل از جوشكاري، مي توان تورقهاي مربوط به نورد ورق را تشخيص داد. اين آثار قابل توجه و منسجم هستند و ممكن است پيوسته يا گسسته باشند.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

نشانه هاي غير مرتبط

- در زمان اجراي بازرسي با ذرات مغناطيسي، برخي شرايط انجام تست موجب ايجاد آثار نامربوط يا غلط مي شود. نشانه هاي غير مرتبط به الگوهايي واقعي اطلاق مي شود كه بر اثر ميدان هاي نشتي كه ناشي از حضور نقائص نباشند، ايجاد مي گردد .
- منابع نشانه ها
- پرداخت سطحي
- تفاوت در خواص مغناطيسي
- ميدان مغناطيس پسماند
- چسبندگي ذرات به واسطه نيروي مغناطيسي بيش از حد
- منابع ديگر

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

تشخيص نشانه هاي مرتبط از غير مرتبط

- بازرسي چشمي دقيق سطح در ناحيه ناپيوستگي و استفاده از بزرگنمايي.
- مطالعه طرح يا نقشه قطعه مورد آزمايش.
- مغناطيس زدايي و آزمايش مجدد.
- آناليز دقيق الگوي ذرات.
- استفاده از يك روش ديگر بازرسي غيرمخرب.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

مغناطيس زدايي

- فولادهاي فرومغناطيسي درجات مختلفي از مغناطيس باقيمانده از خود نشان مي دهند. در برخي شرايط وجود يك ميدان مغناطيسي باقيمانده در قطعه در حين كار موجب صدمه زدن به آن مي¬شود. بنابراين در اين موارد مغناطيس زدايي ضروري است.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

دلايل مغناطيس زدايي

- قطعه در محلي به كار گرفته خواهد شد كه ميدان مغناطيسي پسماند با عملكرد تجهيزاتي كه به ميدان هاي مغناطيسي حساس هستند، تداخل پيدا كرده يا سبب كاهش دقت ابزارآلات مورد استفاده در مجموعه اي كه قطعه مغناطيسي كننده در آن قرار مي گيرد، خواهد گرديد.
- در حين ماشين كاري بعدي ممكن است تراشه ها به سطح چسبيده و در عمليات بعدي از قبيل رنگ آميزي يا آب كاري اخلال ايجاد كنند.
- ممكن است ذرات ساينده جذب قطعات مغناطيسي از قبيل سطوح بلبرينگ، جداره ياتاقان يا دندانه چرخ دنده شده و منجر به سايش، خراش يا مسدود شدن حفره ها و شكاف هاي روغن شوند.
- در حين برخي انواع عمليات جوشكاري قوس الكتريكي، ميدان هاي مغناطيسي قوي ممكن است منجر به انحراف قوس از نقطه مورد هدف شوند.
- وجود ميدان مغناطيسي پسماند در قطعه ممكن است سبب اخلال در مغناطيسي كردن مجدد قطعه در شدت ميدان هايي گردد كه براي غلبه بر ميدان باقي مانده در قطعه قدرت كافي ندارند.

بازرسي با ذرات مغناطيسي (MT)

دلايل عدم مغناطيس زدايي

مغناطيس زدايي ممكن است ضروري نباشد اگر:

- قطعات از فولاد نرم از لحاظ مغناطيسي و داراي نگهداري مغناطيسي پايين ساخته شده باشند، چنين قطعاتي معمولاً بلافاصله پس از خروج از منبع مغناطيسي كننده به طور خود به خود مغناطيس زدايي مي شوند.
- قطعات قرار است بعداً در دمايي بالاي نقطه كوري خود حرارت داده شوند و در نتيجه خواص مغناطيسي خود را از دست بدهند.
- ميدان مغناطيسي به گونه اي است كه كاركرد قطعه را در سرويس تحت تاثير قرار نمي دهد.
- قطعه بايد مجدداً براي بازرسي بيشتر به روش ذرات مغناطيسي يا براي عمليات ثانويه ديگري كه طي آن ممكن است از يك صفحه يا گيره مغناطيسي براي نگه داشتن قطعه استفاده شود، تحت عمليات مغناطيسي شدن قرار گيرد.

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي به روش اولتراسونيك

معرفي روش

تست اولتراسونيك (UT) يك روش غيرمخرب است كه در آن امواج صوتي با فركانس بالا به يك قطعه اعمال مي شوند تا ناپيوستگي هاي داخلي و سطحي را مشخص كنند. تشخيص، تعيين محل و ارزيابي ناپيوستگي ها ممكن است زيرا:

1- سرعت صوت در يك ماده معمولاً ثابت است و اندازه گيري فاصله را مقدور مي سازد.

2- دامنه صوت برگشتي تقريبا با اندازه بازتاب دهنده نسبت دارد.

درجة انعكاس، به ميزان زيادي به حالت فيزيكي مواد تشكيل دهنده فصل مشترك و تا حدود كمتري به خواص فيزيكي ويژه مادة بستگي دارد.

تركها، حفره انقباضي، تركيدگي ها ، پوسته ها، حفرات و ساير ناپيوستگي هايي كه مي توانند فصل مشترك هاي انعكاسي ايجاد كنند، به راحتي قابل تشخيص هستند. آخالها و ساير ناهمگني ها نيز از طريق ايجاد انعكاس يا پراكندگي امواج آلتراسونيك يا با ايجاد برخي ديگر از اثرات قابل شناسايي بر امواج آلتراسونيك، قابل تشخيص هستند.

بازرسي به روش اولتراسونيك

معرفي روش

اكثر بازرسي هاي آلتراسونيك در فركانسهاي مابين 1 و MHZ25 انجام مي گيرند كه اين محدوده بسيار بالاتر از محدودة شنوايي انسان (حدود HZ20 تا KHz20) مي باشد. امواج آلتراسونيك از نوع ارتعاشات مكانيكي هستند؛ دامنة ارتعاشات در فلزاتي كه تحت بازرسي آلتراسونيك قرار مي گيرند، سبب ايجاد تنش هايي بسيار كمتر از حد الاستيك مي شود، بنابراين از تأثيرات دائمي روي قطعه جلوگيري مي شود.

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

بازرسي به روش اولتراسونيك

مزايا

مزاياي اصلي UT نسبت به ديگر روشهاي NDT در جوشكاري عبارتند از:

1- خواص نفوذي خوب براي تشخيص ناپيوستگي ها در مقاطع ضخيم

2- حساسيت نسبتاً بالا به ناپيوستگي هاي كوچك

3- توانايي تعيين محل ناپيوستگي هاي داخلي و تخمين اندازه و شكل آنها

4- كافي بودن دسترسي به يك وجه (معمولاً)

5- تجهيزات قابل حمل قابل استفاده در محل كار

6- بي خطر براي پرسنل يا تجهيزات.

بازرسي به روش اولتراسونيك

محدوديت ها

محدويت هاي اصلي UT عبارتند از:

1- كار و انجام عمليات نيازمند تكنسين هاي آموزش ديده و با تجربه است.

2-قطعات جوش زبر، با شكل بي نظم، بسيار كوچك يا نازك را نمي توان تشخيص داد، كه شامل جوشهاي گوشه نيز مي شود.

3- ناپيوستگي هاي سطحي ممكن است تشخيص داده نشوند.

4-اعمال كوپلنت بين ترنسديوسر و جوش براي انتقال انرژي موج صوتي ضروري است.

5-استانداردهاي مرجع براي كاليبره كردن تجهيزات و ارزيابي اندازه عيب لازم هستند.

بازرسي به روش اولتراسونيك

كاربرد ها

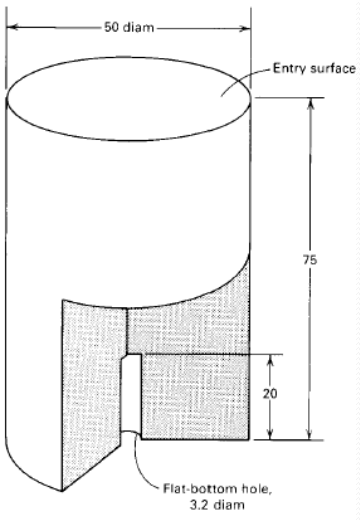
آزمون اولتراسونيك را مي توان براي تشخيص ترك، تورق، حفرات انقباضي، تخلخل، ناخالصيهاي سرباره اي، ذوب ناقص، نفوذ ناكافي اتصال، و ديگر ناپيوستگي ها در قطعات جوش يا لحيم بكار برد. با استفاده از روشهاي مناسب، محل و عمق تقريبي ناپيوستگي را مي توان تعيين كرد و در برخي موارد، اندازه آنرا نيز بطور تقريبي ميتوان مشخص نمود.

بازرسي به روش اولتراسونيك

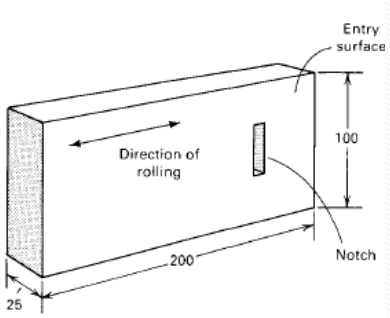
تجهيزات

a تست بلوك جهت بازرسي با پراب نرمال

b تست بلوك جهت بازرسي با پراب زاويه اي



(a)



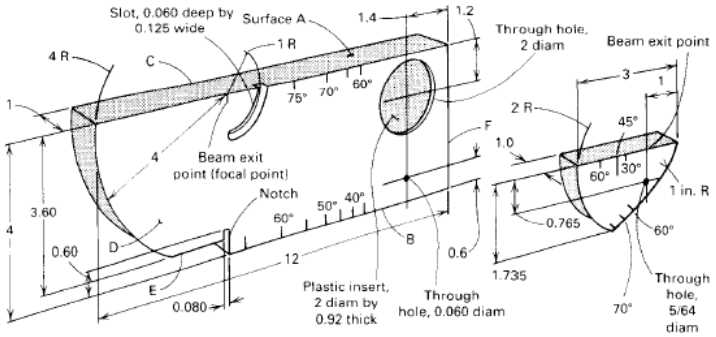
(b)

بازرسي به روش اولتراسونيك

تجهيزات

a نوع I IIW

b تست بلوك زاويه اى



بازرسي به روش اولتراسونيك

روش هاي اصلي بازرسي با امواج آلتراسونيک

امواج آلتراسونيك بعد از برخورد به مرز مشترك دو محيط كه داراي امپدانسهاي آكوستيك مختلف هستند، تجزيه شده قسمتي از آن به محيط دوم انتقال مي يابد و قسمتي ديگر انعكاس يافته و به محيط اول بر مي گردد.

بر اساس اينكه موج انتقال يافته و يا موج برگشتي مورد ارزيابي قرار گيرد دو روش مختلف به شرح زير جهت تست بكار مي رود:

1. روش انعكاس امواج(Pulse echo technique)
2. روش عبور امواج(Transmission method)

بازرسي به روش اولتراسونيك

روش انعكاس امواج

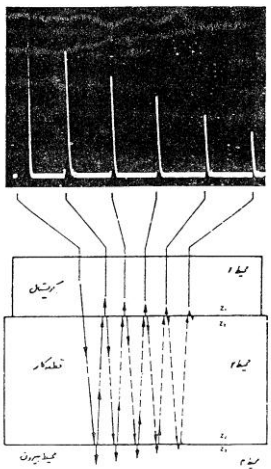
در اين روش براي تشخيص عيب در قطعه كار از بخش انعكاس يافته امواج آلتراسونيك استفاده مي شود.

در اين روش بر خلاف روش انتقال امواج محل عيب امكان پذير مي گردد و به همين دليل است كه در اغلب موارد از اين روش استفاده مي شود و مزيت ديگر آن اين است كه تنها به يك سطح تماس نياز مي باشد. لذا روش تست تا حدود زيادي ساده شده و شرايط نسبتاً ثابتي در حين تست ايجاد مي شود.

بازرسي به روش اولتراسونيك

روش انعكاس امواج

دريافت پژواك هاي متوالي بر روي صفحه CRT



بازرسي به روش اولتراسونيك

روش انعكاس امواج

- نمايش A-Scan

اساساً ترسيمي است از دامنه برحسب زمان، كه در آن خط مبناي افقي در صفحه اسيلوسكوپ، بيانگر زمان سپري شده بوده و انحرافات عمودي (كه نشانه يا سيگنال ناميده مي شوند)، بيانگر اكو مي باشند (شكل و) اندازة نقص را مي توان به كمك مقايسة دامنة سيگنال ناپيوستگي با دامنه سيگنال ناشي از يك ناپيوستگي داراي اندازه و شكل معلوم، تخمين زد؛ سيگنال ناپيوستگي همچنين بايد براي اتلافهاي فاصله اي مورد تصحيح قرار گيرد.

مكان نقص (عمق) از موقعيت اكوي نقص روي صفحة اسپكوسكوپ تعيين مي گردد.

بازرسي به روش اولتراسونيك

روش انعكاس امواج

- نمايش B-Scan

عبارت است از رسم زمان برحسب فاصله، كه در آن يكي از محورهاي متعامد روي صفحة نمايش، مربوط به زمان سپري شده و محور ديگر نمايانگر موقعيت پراب در امتداد خطي روي سطح قطعه تست، نسبت به موقعيت پراب در بدو بازرسي مي باشد.

بازرسي به روش اولتراسونيك

روش انعكاس امواج

- نمايش C-Scan

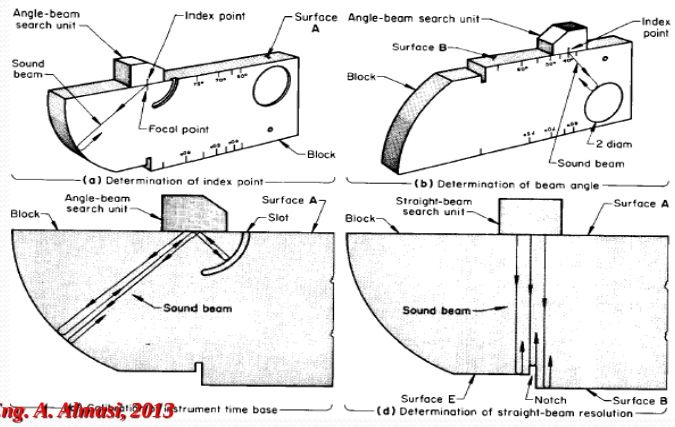
اكوها را از بخش هاي داخلي قطعه كار و به صورت تابعي از موقعيت هر فصل مشترك منعكس كننده در محدودة يك سطح، ثبت مي نمايد.

عمق نقص، معمولاً ثبت نمي گردد، اگرچه با محدود كردن گسترة عمقهايي در قطعه تست كه در هر اسكن پوشش داده مي شوند، مي توان آن را به صورت نيمه كمي اندازه گيري نمود.

بازرسي به روش اولتراسونيك

كاليبراسيون

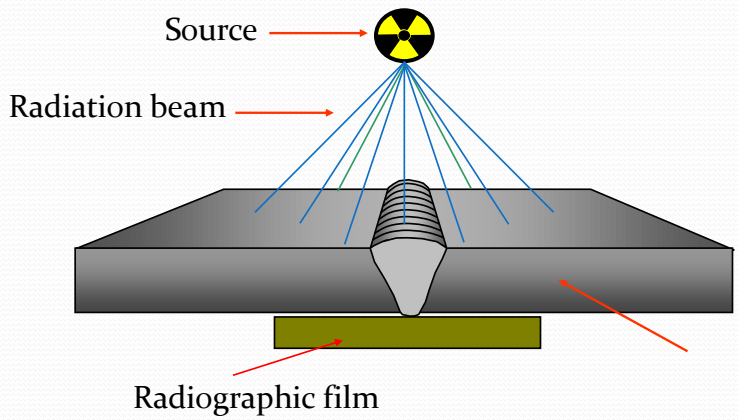
نحوه قرارگيري پراب نرمال و زاويه اي براي كاليبراسيون توسط بلوك استاندارد IIW



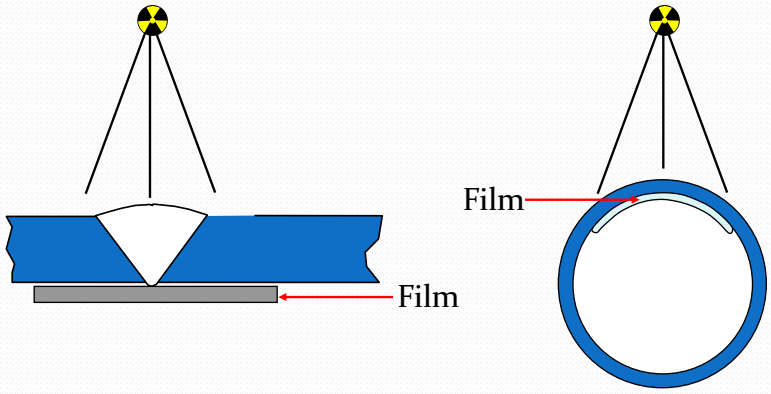
عنوان :

بازرسی جوش بوسیله پرتونگاری

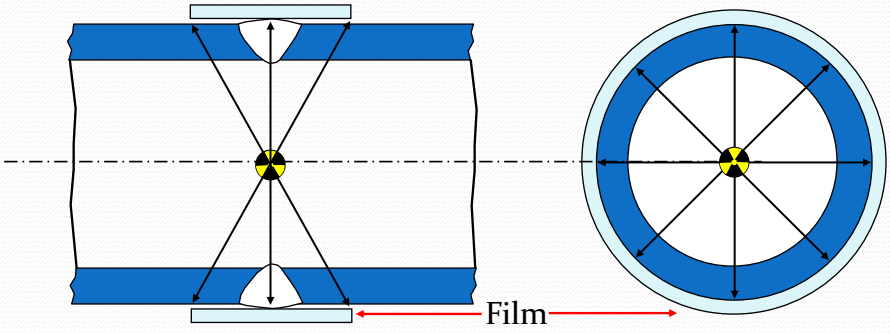
Radiographic Test Interpretation (RTI)



NDT - By Eng. A. Almasi, 2013



IQI's should be placed source side



NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

مزايا :

- این روش میتواند وجود ، اندازه و مکان عیب را مشخص کند .
- مدارک قابل استناد دارد .
- عیوب با هر اندازه اي را نشان میدهد .
- به آماده سازي اولیه زیادي نیاز ندارد .

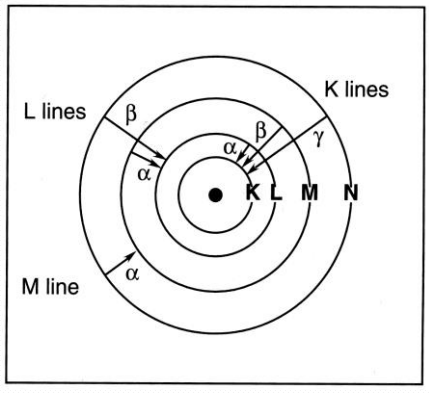
محدودیت ها :

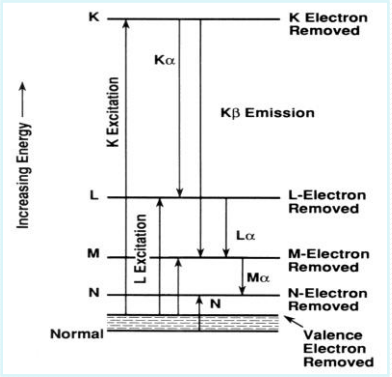
-بسیار گران است .
- براي موجودات زنده ضرر دارد .
- نتیجه آزمایش مدتي طول میکشد (عکسبرداري ، ظهور ، ثبوت و تفسیر)
- نیاز به تخصص دارد .
- احتمال سوختن و خراب شدن فیلم وجود دارد .
- قابلیت تشخیص عیب فقط در راستاي x,y میباشد .
- هزینه مواد اولیه بالاست .

تولید اشعه X

جای خالی الکترون پرش کرده بصورت الکترون ثانویه باعث ایجاد ناپایداری در شبکه می شود. در این حالت برای پایدار شدن شبکه، الکترونهای لایه های بالاتر با سقوط به لایه پایینتر، جای خالی الکترون آن لایه ها را پر می کنند. همراه با این اتفاق، انرژی بصورت فوتون آزاد می شود که این انرژی به اشعه ایکس موسوم است که توسط آشکارسازهای خاصی دریافت شده و پردازش می گردد.

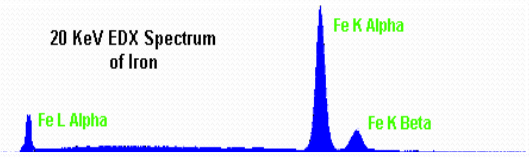
تولید اشعه X

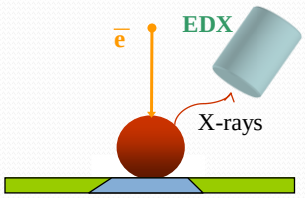




تولید اشعه X

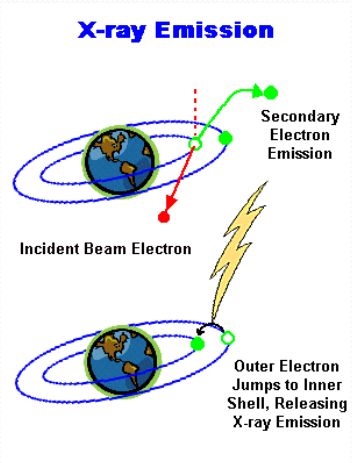
- ماهیت اشعه X همانند نور مرئی است.
- طول موج آن فوق العاده کم و لذا قدرت نفوذ بالایی دارد.

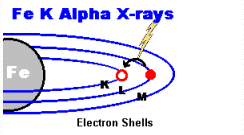


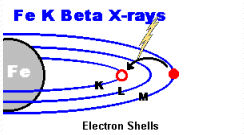


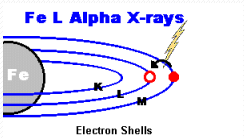
NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

تولید اشعهX



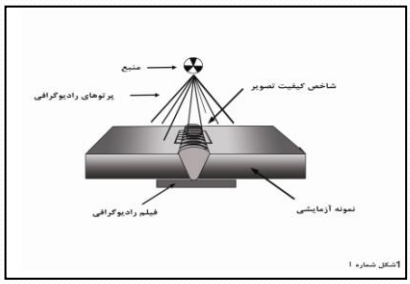


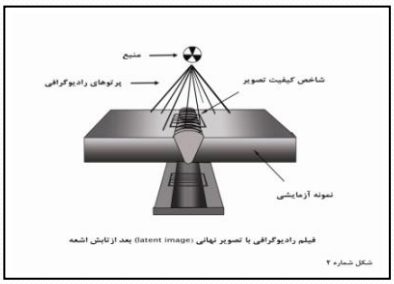




NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

اصول پرتو نگاری :

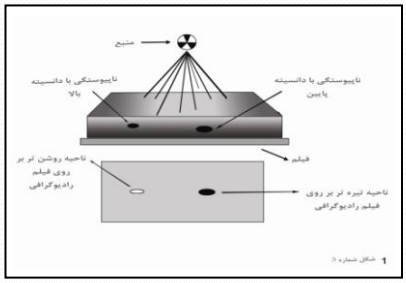


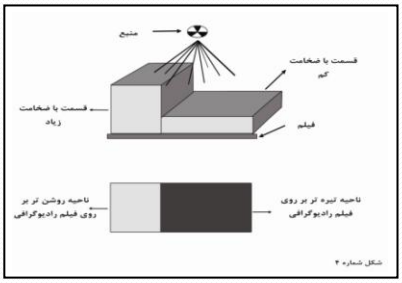


بطور کلی در پرتونگاری اصل بر قرار گرفتن منبع تولید پرتو X یا گاما در بالای نمونه و تابش این اشعه به آن میباشد . فیلم نیز در فاصله کمی از نمونه و در طرف دیگر آن (جهت مخالف تابش پرتو) قرار می گیرد .بعد از تابش اشعه به جسم مقداری از اشعه توسط آن جذب شده و مقداری دیگر از آن گذشته و به فیلم می رسد (شکل ۱) .

بر اساس دانسیته های متفاوت نقاط مختلف نمونه که ناشی از وجود نقص ها ، ناخالصی ها ، ناهمگنی ها و ... می باشد میزان اشعه های متفاوتی از آن عبور کرده و به سطح فیلم می رسد . بدین صورت این ناپیوستگی ها بصورت سایه هایی تیره تر و یا روشن تر از نقاط مجاور بر روی فیلم قابل تشخیص می باشد . (شکل ۲)

اصول پرتو نگاری :



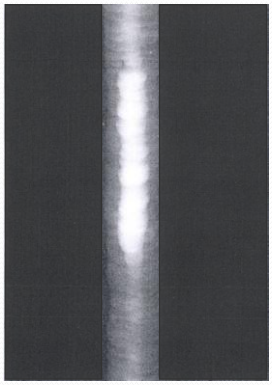


• قسمتهایی از نمونه که دارای ضخامت کمتر و یا دارای دانسیته پایین تری باشند به دلیل آنکه پرتوهای کمتری را جذب می کنند در نتیجه پرتوهای بیشتری به سطح فیلم رسیده و این نقاط تیره تراز نقاط مجاور دیده می شوند (شکل ۳ و ۴) .

• قسمتهایی از نمونه که دارای ضخامت بیشتر و یا دارای دانسیته بالا تری باشند به دلیل آنکه پرتوهای بیشتری را جذب می کنند در نتیجه پرتوهای کمتری به سطح فیلم رسیده و این نقاط روشن تر از نقاط مجاور دیده می شوند (شکل ۳ و ۴) .

عیوب جوشکاری

نفوذ بیش از حد در پاس ریشه (Excessive Penetration – Icicles Drop Thru)



تعریف عیب :

هرگاه فلز جوش بیش از اندازه لازم در پاس ریشه نفوذ نماید این عیب پدیدار می شود .

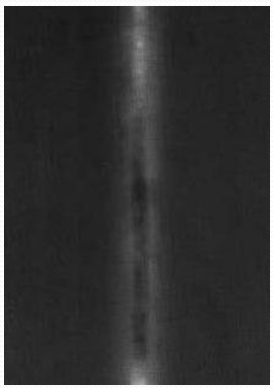
تصویر رادیوگرافی :

این عیب بصورت یک منطقه با دانسیته روشن در مرکز عرض تصویر رادیوگرافی قابل مشاهده است و امکان دارد بصورت پیوسته و یا منقطع در روی فیلم دیده شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

تقعرپاس ریشه (Root Concavity – Internal Concavity – Suck Back)



تعریف عیب :

فلز پر کننده جوش در هنگام سرد شدن منقبض گشته و مذاب به سمت داخل ریشه جوش کشیده می شود .

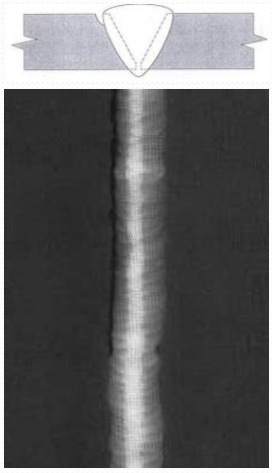
تصویر رادیوگرافی :

این عیب در روی فیلم رادیوگرافی همانند عیب L.O.P. مشاهده می شود با این تفاوت که در این عیب لبه ها نامنظم بوده و عریض تر می باشند (هم عرض تصویر پاس ریشه) . ضمنا موقعیت آن در مرکز تصویر جوش می باشد .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

بریدگی در پاس پرکننده (Cap Undercut – External Undercut)



تعریف عیب :

بریدگی در فلز پایه در کنار لبه بالایی (پاس پرکننده) و در کنار سطح جوش

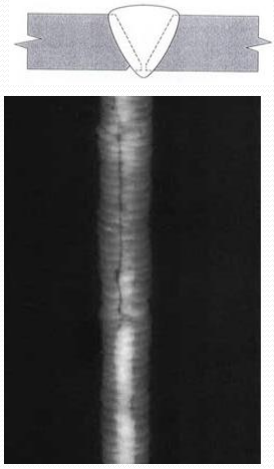
تصویر رادیوگرافی :

منطقه تیره و ناصاف در امتداد لبه تصویر جوش . دانسیته آن همواره تیره تر از دانسیته دیگر مناطق تصویر جوش می باشد .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

بریدگی در پاس ریشه (Root Undercut – Internal Undercut)



تعریف عیب :

بریدگی در فلز پایه در کنار لبه پایینی (پاس ریشه) و در کنار سطح جوش

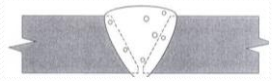
تصویر رادیوگرافی :

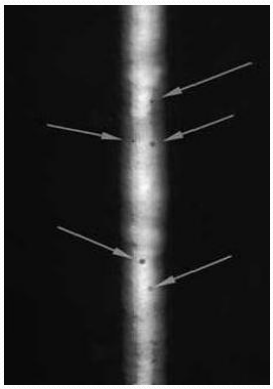
بصورت خطی تیره ، نامنظم و کشیده که نسبت به خط مرکزی جوش انحراف دارد (در کنار تصویر پاس ریشه) مشاهده می شود و تفاوت آن با L.O.P. آنست که درتصویر رادیوگرافی ، عیب L.O.P. بصورت خط تیره اما کاملا صاف و تیز دیده می شود

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عيوب جوشكاري

حفره هاي پراكنده (Scattered Porosity)





تعريف عيب :

این حفره ها در نتیجه بدام افتادن گاز در فلز منجمد شده ایجاد می شود و بصورت پراکنده می باشد .

تصوير راديوگرافی :

حفره ها می توانند به صورت شکلهای مختلفی بر روی تصویر رادیوگرافی دیده شوند . حفره های پراکنده معمولا از لحاظ هندسی بصورت لکه های گرد و یا لکه های نا منظم می باشند و نسبت به مناطق اطراف خود تیره تر دیده می شوند .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عيوب جوشكاري

حفره های کرمی شکل (Wormhole Porosity) :

تعريف عيب :

گاهی اقات حفره های گازی بصورت کشیده و کرمی شکل در می آیند که دلیل آن تلاش گاز محبوس شده برای خارج شدن از فلز مذاب است که طی چند مرحله و بطور پیوسته در فلز منجمد شده بدام می افتد .

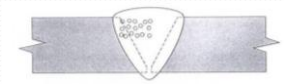
تصوير راديوگرافی :

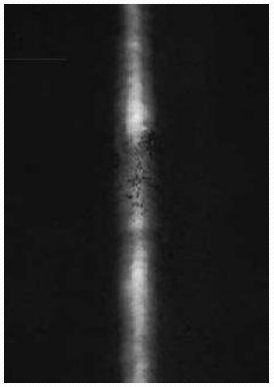
حفره های کرمی شکل بصورت کاملا کشیده و مجتمع بوده و نسبت به مناطق اطراف خود تیره تر دیده می شوند . .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

حفره های خوشه ای (Cluster Porosity)





تعریف عیب :

حفره های خوشه ای بدلیل مرطوب بودن الکترود ایجاد می شود . رطوبت موجود ، طی فرایند جوشکاری تبدیل به گاز شده و در فلز جوش منجمد گردیده و محبوس می شوند .

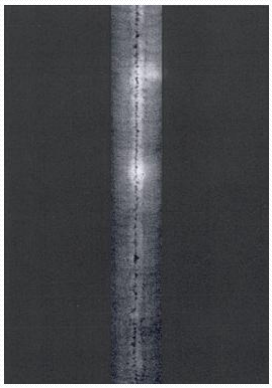
تصویر رادیوگرافی :

تصویر رادیوگرافی حفره های خوشه ای همانند حفره های پراکنده می باشد با این تفاوت که آثار آنها بصورت گروهی و مجتمع خواهد بود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

حفره های ردیفی در پاس ریشه (Root Pass Aligned Porosity)



تعریف عیب :

حفره های ردیفی بصورت حفره هایی گرد و کشیده در پاس ریشه ایجاد شده و در خط مرکزی جوش امتداد پیدا نموده اند .

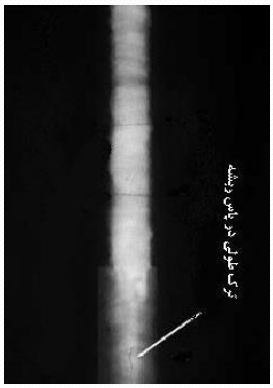
تصویر رادیوگرافی :

حفره های ردیفی بصورت مکانهایی با دانسیته تیره و بصورت گرد و کشیده در مرکز تصویر رادیوگرافی مشاهده می شود و ممکن است که به هم متصل باشند

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

ترکهای طولی (Longitudinal Crack)



تعریف عیب :

بطور کلی ترکها به دو نوع سرد و گرم تقسیم می شوند ودلایل گوناگونی از قبیل تنشهای انقباضی ، ساختار متالورژیکی ، روش جوشکاری و ... باعث ایجاد ترک می شود

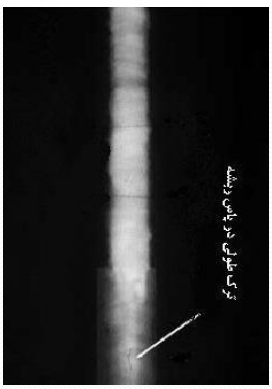
تصویر رادیوگرافی :

در تصویر رادیوگرافی تنها ترکهایی قابل مشاهده می باشند که در امتداد و موازی جهت تابش پرتوها قرار گیرند . بطور کلی ترکها بصورت دندانه دار و ناهموار بوده و اغلب بصورت یک خط بسیار ظریف و تیز در تصویر رادیوگرافی مشاهده می شوند. ترکها گاهی اوغات در امتداد ناخالصی ها و حفره ها مشاهده می شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

ترکهای عرضی (Transverse Crack)



تعریف عیب :

بطور کلی ترکها به دو نوع سرد و گرم تقسیم می شوند ودلایل گوناگونی از قبیل تنشهای انقباضی ، ساختار متالورژیکی ، روش جوشکاری و ... باعث ایجاد ترک می شود

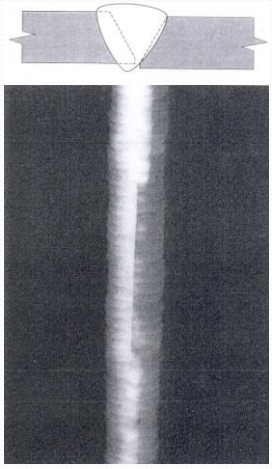
تصویر رادیوگرافی :

در تصویر رادیوگرافی تنها ترکهایی قابل مشاهده می باشند که در امتداد و موازی جهت تابش پرتوها قرار گیرند . بطور کلی ترکها بصورت دندانه دار و ناهموار بوده و اغلب بصورت یک خط بسیار ظریف و تیز در تصویر رادیوگرافی مشاهده می شوند. ترکها گاهی اوقات در امتداد ناخالصی ها و حفره ها مشاهده می شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

عدم مطابقت – بالا و پایین بودن (Offset or Mismatch – Hi Lo)



تعریف عیب :

این عیب مربوط به وضعیت قرار گرفتن دو قطعه در کنار هم می باشد و زمانی اتفاق می افتد که دو قطعه جوش شونده نسبت به هم در یک امتداد قرار نگرفته باشند

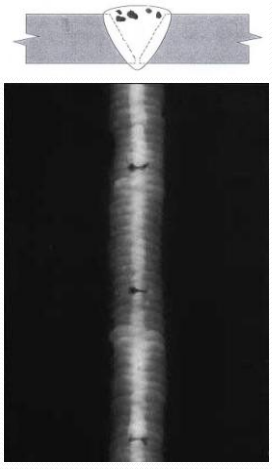
تصویر رادیوگرافی :

در این عیب، تفاوت قابل ملاحظه ای در دانسیته دو قسمت تصویر جوش (نیمه سمت چپ و نیمه سمت راست) مشاهده می شود که ناشی از تفاوت ضخامت جوش در آن دو منطقه می باشد . و در بازرسی چشمی نیز براحتی مشاهده می شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

ناخالصی سرباره ای (Slag Inclusion)



تعریف عیب :

معمولا ناخالصی های غیر فلزی در فلز منجمد شده محبوس گردیده و در پاسهای مختلف جوش باقی می مانند

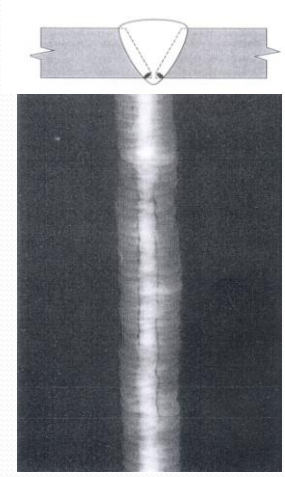
تصویر رادیوگرافی :

ناخالصی های سرباره ای در تصویر رادیوگرافی اغلب بصورت شکلهای نامنظم و نامتقارن هندسی و تیره تراز مناطق مجاورخود دیده می شوند .این عیوب به حالت کشیده شده و ضخیم با لبه های نامنظم بوده ومی تواند در تمامی جهات دیده شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

سرباره های کشیده خطی (Elongated Slag Lines – Wagon Tracks)



تعریف عیب :

معمولا ناخالصی های غیر فلزی در فلز منجمد شده محبوس گردیده و در پاسهای مختلف جوش باقی می مانند که دلیل آن عدم تمیزکاری کافی بعد از هر پاس جوش می باشد

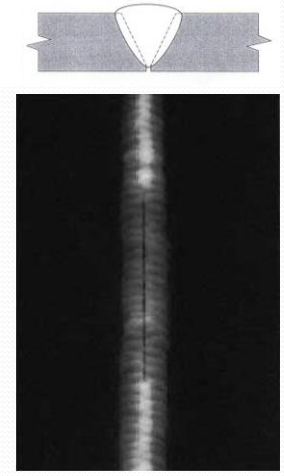
تصویر رادیوگرافی :

این عیب بصورت دو خط موازی و یا یک خط با دانسیته تیره می باشد و بصورت خطوط نامنظم در امتداد عرضی و کمی مارپیچی در امتداد طولی مشاهده می شود . این عیوب در کناره های پاس ریشه و در قسمت مرکزی تصویر رادیوگرافی دیده شده و باید در تشخیص آن با عیب بریدگی در پاس ریشه دقت نمود

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

نفوذ ناکافی Incomplete Penetration (IP) Or Lack Of Penetration (LOP)



تعریف عیب :

این عیب زمانی که فلز جوش نتواند بطور کامل در درز جوش نفوذ نماید پدید می آید . این عیب یکی از مخربترین عیوب جوش می باشد . L.O.P سبب می شود تا تنشهای موضعی ایجاد گشته و باعث ایجاد ترک گردد

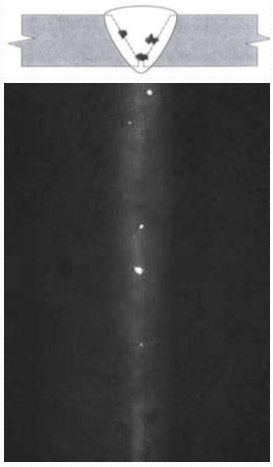
تصویر رادیوگرافی :

این عیب در تصویر رادیوگرافی بصورت یک منطقه تیره با دیواره مشخص و لبه های تیز ، مستقیم ، موازی و در وسط پاس ریشه مشاهده می شود ضمن آنکه در امتداد ناخالصی های سرباره ای نیز ممکن است مشاهده شوند .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

ناخالصی های تنگستن (Tungsten Inclusion)



تعریف عیب :

بطورکلی ناخالصی های تنگستن مخصوص روش جوشکاری TIG می باشد . این عیب اغلب در جوشکاری آلومینیوم و فولادهای زنگ نزن توسط روش نامناسب جوش TIG ایجاد می شود . قابل ذکر است که پروسه TIG جوشی بسیار تمیز و همگن تولید کرده و بازرسی جوشهایی که با این روش جوشکاری شده اند بسیار ساده می باشد

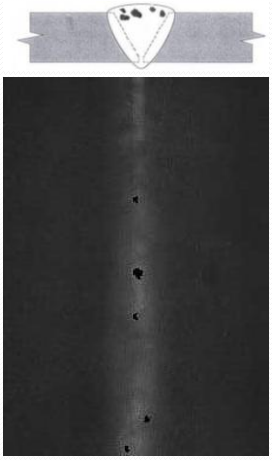
تصویر رادیوگرافی :

تنگستن فازی شکننده و با دانسیته بسیار بالا نسبت به آلومینیوم و فولادهای زنگ نزن می باشد . لذا در تصویر رادیوگرافی این عیوب نسبت به مناطق اطراف بسیار روشن بوده و با مرزهای کاملا مشخص قابل مشاهده می باشد .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

ناخالصی اکسیدی (Oxide Inclusions)



تعریف عیب :

این عیوب معمولا روی فلز جوش قابل مشاهده می باشند (مخصوصا آلومینیوم) و در جوشکاری TIG نیز مشاهده شده است

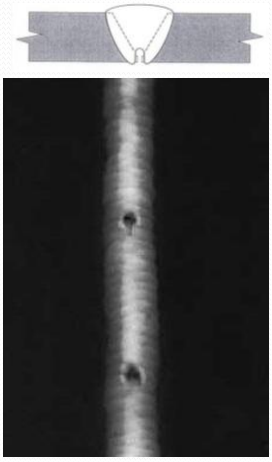
تصویر رادیوگرافی :

ناخالصی های اکسیدی دارای دانسیته پایینی بوده و در نتیجه بر روی تصویر پرتونگاری بصورت لکه هایی تیره ، نامنظم و ناپیوسته مشاهده می شوند

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

سوختگی (Burn-Through)



تعریف عیب :

عیب سوختگی در نتیجه بالا رفتن حرارت در زمان جوشکاری و سوختن فلز جوش در پاس ریشه می شود . این سوختگی باعث ایجاد یکسری فرورفتگی بصورت ناپیوسته در طول خط جوش (پاس ریشه)می گردد .

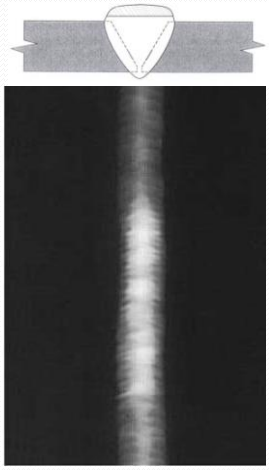
تصویر رادیوگرافی :

در تصویر رادیوگرافی ، عیب سوختگی بصورت لکه هایی تیره در مرکز تصویر جوش مشاهده می شوند که اغلب توسط مناطق روشن محاصره شده است

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

برآمدگی در پاس پرکننده (Excess Weld Reinforcement)



تعریف عیب :

اتفاق می افتد که ارتفاع گرده جوش بیشتر از مقادیر تعیین شده در دستورالعملها باشد .

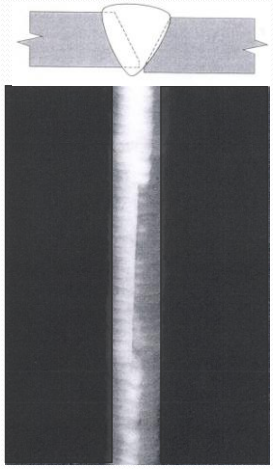
تصویر رادیوگرافی :

این عیب در تصویر رادیوگرافی بصورت منطقه ای کاملا روشن در سرتاسر عرض جوش قابل تشخیص می باشد و در بازرسی چشمی نیز براحتی مشاهده می شود .

NDT - By Eng. A. Almasi, 2013

عیوب جوشکاری

عدم مطابقت به همراه نفوذ ناکافی (Offset With Lack Of Penetration)



تعریف عیب :

در این نوع عیب عدم تطابق دوقطعه جوش شونده باعث بوجود آمدن نفوذ ناکافی در پاس ریشه می شود که در شکل کاملا مشخص است .

تصویر رادیوگرافی :

در این نوع عیب ، تغییر ناگهانی دانسیته در امتداد عرضی تصویر رادیوگرافی مشاهده می شود که یک سمت آن بصورت خطی کاملا صاف و تیره در مرکز تصویر جوش و در امتداد لبه تغییرات دانسیته دیده می شود .

پاشش (Spatter)

بازرسي به روش راديوگرافي

کاربردها

بازرسی رادیوگرافی به مقدار زیادی در مورد قطعات ریختگی و جوشکاری شده بخصوص در مواردی که عدم وجود عیوب درونی مورد نظر باشد، مورد استفاده قرار می گیرد.

بعنوان مثال، در بازرسی قطعات ریختگی ضخیم و قطعات جوشکاری در تجهیزات نیروگاه بخار (بویلر و قطعات توربین) و دیگر سیستم های فشار بالا معمولاً از رادیوگرافی جهت بازرسی استفاده می شود.

همچنین رادیوگرافی را می توان بر روی قطعات آهنگری و تأسیسات مکانیکی بکار برد، بعنوان مثال رادیوگرافی در بازرسی تجهیزات نیمه هادی جهت تشخیص حفره ها در محیط اطراف آن و قالب های پلاستیکی و... بسیار مناسب می باشد.

کاربردهای جدید رادیوگرافی در بازرسی کامپوزت ها ایجاد شده است.